



POKOK-POKOK PIKIRAN
DOSEN FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS

PERSPEKTIF PERTANIAN TROPIKA BASAH: POTENSI DAN TANTANGANNYA DALAM RANGKA PERTANIAN BERKELANJUTAN

**Muhsanati – Yulnafatmawita – Bujang Rusman
Aprisal – Azwar Rasyidin – Teguh Budi Prasetyo
Amrizal Saidi – Auzar Syarif – P.K. Dewi Hayati
Indra Dwipa – Zulfadly Syarif – Nugraha Ramadhan
Yulmira Yanti – Eti Farda Husin – Yaherwandi
Reni Mayerni – Warnita – Rahmat Syahni
Rusda Khairati – Melinda Noer – Devi Analia**

Editor:

**Prof. Dr.sc.agr. Ir. Trimurti Habazar
Prof. Dr. Ir. Bujang Rusman, MS
Prof. Dr. Ir. Yonariza, MSc
Prof. Dr. Ir. Aswaldi Anwar, MS**

**POKOK-POKOK PIKIRAN DOSEN
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS ANDALAS**

**PERSPEKTIF PERTANIAN TROPIKA BASAH:
POTENSI DAN TANTANGANNYA DALAM RANGKA
PERTANIAN BERKELANJUTAN**

Undang Undang Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2002
Tentang Hak Cipta
Ketentuan Pidana:
Pasal 72

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

**POKOK-POKOK PIKIRAN DOSEN
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS ANDALAS**

**PERSPEKTIF PERTANIAN TROPIKA BASAH:
POTENSI DAN TANTANGANNYA DALAM RANGKA
PERTANIAN BERKELANJUTAN**

Penulis:

**Muhsanati – Yulnafatmawita – Bujang Rusman
Aprisal – Azwar Rasyidin – Teguh Budi Prasetyo
Amrizal Saidi – Auzar Syarif – P.K. Dewi Hayati
Indra Dwipa – Zulfadly Syarif – Nugraha Ramadhan
Yulmira Yanti – Eti Farda Husin – Yaherwandi
Reni Mayerni – Warnita – Rahmat Syahni
Rusda Khairati – Melinda Noer – Devi Analia**

Editor:

**Prof. Dr.sc.agr. Ir. Trimurti Habazar
Prof. Dr. Ir. Bujang Rusman, MS
Prof. Dr. Ir. Yonariza, MSc
Prof. Dr. Ir. Aswaldi Anwar, MS**

**POKOK-POKOK PIKIRAN DOSEN
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS ANDALAS**

**PERSPEKTIF PERTANIAN TROPIKA BASAH:
POTENSI DAN TANTANGANNYA DALAM RANGKA
PERTANIAN BERKELANJUTAN**

Karya

**Muhsanati – Yulnafatmawita – Bujang Rusman
Aprisal – Azwar Rasyidin – Teguh Budi Prasetyo
Amrizal Saidi – Auzar Syarif – P.K. Dewi Hayati
Indra Dwipa – Zulfadly Syarif – Nugraha Ramadhan
Yulmira Yanti – Eti Farda Husin – Yaherwandi
Reni Mayerni – Warnita – Rahmat Syahni
Rusda Khairati – Melinda Noer – Devi Analia**

Copyright © by **Amrizal Saidi**, dkk, 2019

Editor:

**Prof. Dr.sc.agr. Ir. Trimurti Habazar
Prof. Dr. Ir. Bujang Rusman, MS
Prof. Dr. Ir. Yonariza, MSc
Prof. Dr. Ir. Aswaldi Anwar, MS**

Penata Sampul: Alizar Tanjung

Ilustrasi: Freepik

Penata Letak: Tim Rumahkayu Pustaka Utama
Halaman: xx+516 hlm
Ukuran: 15,5 x 23 cm

Cetakan Pertama, November 2019

ISBN : 978-602-0738-22-2

Penerbit Erka
CV. Rumahkayu Pustaka Utama
Anggota IKAPI
Jalan Bukittinggi Raya, No. 758, RT 01 RW 16
Kelurahan Surau Gadang, Kecamatan Nanggalo, Padang. 25146.
Telp. (0751) 4640465 *Handphone* 085278970960
Email redaksirumahkayu@gmail.com
<http://www.penenerbiterka.com>
Fanpage : penerbiterka
IG : penerbiterka

Kata Pengantar

Ketua Panitia

Alhamdulillahillobbil ‘aalamiin

Puji dan Syukur hanya tertuju kepada Allah semata atas nikmat dan rahmat-Nya sehingga buku Pokok-Pokok Pikiran Dosen Fakultas Pertanian Universitas Andalas dengan tema: Perspektif Pertanian Tropika Basah: Potensi dan Tantangannya dalam Rangka Pertanian Berkelanjutan, telah dapat diselesaikan dengan baik. Salawat beserta salam selalu tercurah untuk Nabi Muhammad Shallallahu ‘Alaihi Wa sallam yang telah membawa manusia kepada alam yang berilmu pengetahuan.

Buku ini diterbitkan dalam rangka menyambut Dies Natalis Fakultas Pertanian Universitas Andalas yang ke-65 atau Lustrum XIII pada tahun 2019. Penerbitan buku ini merupakan salah satu bakti “Fakultas Pertanian untuk Kedjajaan Bangsa” yang merupakan pemikiran dari dosen Fakultas Pertanian untuk menjawab permasalahan dan tantangan pertanian tropika basah di Indonesia. Di harapkan buku ini dapat menjadi bentuk kecil kontribusi dalam memajukan bidang pertanian baik pendidikan dan penelitian di bidang pertanian, serta mendorong kegiatan pengabdian kepada masyarakat.

Buku ini ditulis oleh dosen Fakultas Pertanian dari berbagai disiplin ilmu, direview dan diedit oleh beberapa Guru Besar dari berbagai disiplin ilmu. Oleh karena itu kami selaku Panitia mengucapkan apresiasi sebesar-besarnya kepada para Dosen Fakultas Pertanian yang sudah berkenan memberikan sumbangan pemikiran dalam bentuk tulisan yang diketengahkan dalam buku ini. Semoga semua itu dapat bermanfaat bagi semua pihak yang terkait.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dekan Fakultas Pertanian Universitas Andalas yang sudah memfasilitasi kegiatan penerbitan buku ini sebagai bagian dari kegiatan Lustrum dan panitia yang sudah bekerja keras

menyelesaikannya sehingga buku ini bisa kita baca dan manfaatkan bersama. Kami mohon maaf jika masih terdapat ketidaksempurnaan dalam penulisan. Saran dari berbagai pihak tentu diharapkan sekali demi perbaikan buku serupa di masa depan.

Limau Manih, 6 Oktober 2019
Prof. Dr. Ir. Reni Mayerni, MP

Kata Pengantar

Dekan Fakultas Pertanian

Bismillaahir Rahmaanir Rahiim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas rahmat dan karunia-Nya lah buku ini selesai disusun. Selain itu tak lupa salawat beserta salam selalu kita hadiahkan untuk Nabi Muhammad Salallahu Alaihi Wassalam.

Buku Perspektif Pertanian Tropika Basah: Potensi dan Tantangannya dalam Rangka Pertanian Berkelanjutan disusun untuk memberikan sumbangan pemikiran bagi kemajuan pertanian Indonesia yang berasal dari rangkaian hasil penelitian yang telah dilakukan dan pemikiran mendalam tentang pertanian berkelanjutan di Indonesia umumnya dan Sumatera Barat khususnya oleh Dosen-dosen Fakultas Pertanian Universitas Andalas.

Selesainya penyusunan buku pokok-pokok pikiran Dosen Fakultas Pertanian Universitas Andalas merupakan bukti bakti Fakultas Pertanian untuk Bangsa Indonesia sejak berdirinya Fakultas Pertanian Universitas Andalas dari tahun 1954 sampai 2019 saat ini, dengan motto menjadi Fakultas yang Terkemuka dan Bermartabat.

Buku ini diluncurkan pada kegiatan Lustrum XIII Fakultas Pertanian bulan November 2019. Lustrum yang merupakan peringatan ulang tahun sekali dalam lima tahun memiliki arti penting bagi sebuah institusi perguruan tinggi, termasuk bagi Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang. Enam puluh lima tahun yang lalu atau tepatnya 30 November 1954, Wakil Presiden Republik Indonesia Drs. Muhammad Hatta meresmikan Sekolah Tinggi Pertanian di Payakumbuh, yang kemudian tanggal 13 September 1956 berubah menjadi Fakultas Pertanian dan menjadi fakultas pertama dan tertua di

Universitas Andalas. Fakultas Pertanian sempat mengalami beberapa kali perpindahan kampus dari Payakumbuh ke Padang, mulai dari Jati, Air Tawar dan akhirnya bergabung dengan fakultas lainnya tahun 1995 di Limau Manih. Tahun 2012, Fakultas Pertanian telah membuka program studi Agroekoteknologi di Kampus III Dharmasraya.

Melalui penyusunan buku ini kami berusaha mengekspos semua kegiatan hasil penelitian Dosen Fakultas Pertanian yang diharapkan dapat memberikan sumbangan pemikiran bagi pembangunan pertanian yang berkelanjutan di Sumatera Barat.

Limau Manih, 8 Oktober 2019

Dr. Ir. Munzir Busniah, MSi

Kata Sambutan Menteri Pertanian RI

Bismillaahir Rahmaanir Rahiim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua,

Yang saya hormati,

Bapak Rektor Universitas Andalas

Dekan Fakultas Pertanian Universitas Andalas

Bapak/Ibu Guru Besar/Dosen Fakultas Pertanian Universitas Andalas.

Mengawali sambutan saya marilah kita memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua, sehingga pada hari ini kita dapat bertemu dan bersilaturahmi dalam keadaan sehat wal'afiat. Atas rahmat Nya jua lah buku ini selesai disusun. Selain itu tak lupa bacaan salawat juga dihadiahkan untuk Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wa sallam.

Pertama-tama, perkenalkanlah saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada Bapak Dekan Fakultas Pertanian dan jajarannya serta semua yang terlibat atas terselenggaranya Dises Natalis ke-65 atau Lustrum XIII Fakultas Pertanian pada bulan November 2019. Adanya peluncuran buku pokok-pokok pikiran Dosen Fakultas Pertanian Universitas Andalas, yaitu "Perspektif Pertanian Tropika Basah: Potensi dan Tantangannya dalam Rangka Pertanian Berkelanjutan" pada kegiatan Lustrum XIII Fakultas Pertanian ini merupakan bukti bakti Fakultas Pertanian untuk Bangsa Indonesia dengan dengan motto menjadi Fakultas yang Terkemuka dan Bermartabat.

Marilah pada peringatan kegiatan Lustrum XIII Fakultas Pertanian Universitas Andalas ini juga kita jadikan momentum gerakan keragaman hasil penelitian yang telah dilakukan dan juga

merupakan hasil pemikiran yang mendalam tentang pertanian di Indonesia pada umumnya dan Sumatera Barat pada khususnya yang dilakukan oleh Dosen Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Kembangkanlah potensi wilayah dengan keragamannya dan kebhinekaan sumber daya alam dan sumberdaya lahan yang ada di Sumatera Barat.

Tugas negara menghadirkan daulatnya pangan dan sejahtera masyarakat khususnya petani. Bukan hanya sampai di situ, mimpi besar di saat seratus tahun kemerdekaan menjadi momentum tercapainya visi Indonesia menjadi lumbung pangan dunia. Visi ini sangat mulia dan bukan mustahil untuk dicapai. Sebagai Menteri Pertanian dalam kabinet Indonesia Maju kami harus dapat mewujudkan kedaulatan pangan.

Hal ini juga butuh dukungan Fakultas Pertanian Universitas Andalas melalui Tridharma Perguruan tinggi yaitu penelitian yang tertuang dalam Rencana Induk Penelitian (RIP) Universitas Andalas.

Kepada para Dosen Fakultas Pertanian yang telah memberikan sumbangan pemikiran bagi pembangunan pertanian yang berkelanjutan di Indonesia pada umumnya dan Sumatera Barat pada khususnya, saya ucapkan selamat berprestasi. Sesungguhnya kinerja saudara-saudara merupakan amalan yang sangat mulia, yaitu mendukung pembangunan pertanian yang berkelanjutan di Indonesia.

Demikian yang dapat kami sampaikan, semoga Allah Subhanahu Wa Ta'ala senantiasa memberikan bimbingan dan petunjuk-Nya kepada kita semua, sehingga apa yang kita rencanakan dapat tercapai dengan baik, diutamakan bagi Kemakmuran rakyat Indonesia.

Billahi taufiq wal hidayah

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Jakarta, 14 November 2019

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping loop followed by a series of smaller, connected strokes that end in a small hook.

Dr. H. Syahrul Yasin Limpo, S.H., M.Si., M.H

Daftar Isi

Kata Pengantar Ketua Panitia	v
Kata Pengantar Dekan Fakultas Pertanian.....	vii
Kata Sambutan Menteri Pertanian RI	ix
Daftar Isi	xi
Daftar Tabel.....	xvi
Daftar Gambar	xviii
Prolog	1
Testimoni	5
I. Aspek Pertanian Tropika Basah	11
Karakteristik Agroekosistem Tropika, Permasalahan serta Penanggulangannya.....	13
<i>Muhsanati</i>	
Sekuestrasi Bahan Organik: Kunci Utama Pelestarian Lingkungan dan Pertanian di Daerah Tropis Basah.....	27
<i>Yulnafatmawita</i>	
Konservasi Tanah dan Air untuk Keberlanjutan Pertanian Tropika Basah di Indonesia.....	51
<i>Bujang Rusman</i>	
Manajemen Lahan Berbasis Daerah Aliran Sungai	77
<i>Aprisal</i>	

Daerah Tangkapan Air Singkarak sebagai Daerah Penyangga Pangan Nasional: Tinjauan Hidrologi dan Potensi Lahan Basah.....	101
<i>Azwar Rasyidin</i>	
II. Teknologi Dasar untuk Pertanian Tropika Basah	125
Strategi Pengembangan Lahan Gambut di Masa Datang untuk Mendukung Pangan Nasional.....	127
<i>Teguh Budi Prasetyo</i>	
Tanah Berbahan Induk Batu Apung dan Pengelolaannya	149
<i>Amrizal Saidi</i>	
Potensi Pengembangan Budidaya Padi Sistem Rata-rata	179
<i>Auzar Syarif</i>	
Teknologi Perakitan Varietas dan Peningkatan Produksi Jagung di Lahan Masam.....	207
<i>P.K. Dewi Hayati</i>	
III. Potensi Diversifikasi Pangan	237
Potensi Beras Merah Sumatera Barat dan Kesehatan di Masa Depan	239
<i>Indra Dwipa</i>	
Talas: Keanekaragaman Genetik dan Potensinya sebagai Pangan Alternatif di Sumatera Barat.....	263
<i>Zulfadli Syarif dan Nugraha Ramadhan</i>	

IV. Aplikasi Terapan dalam Budidaya Tanaman 287

Peranan Rizobakteri dalam Menunjang Pertanian yang Berkelanjutan.....	289
---	-----

Yulmira Yanti

Peranan Cendawan Mikoriza Indigenus (CEMIKO) sebagai Pupuk Hayati di Daerah Tropika Basah	376
---	-----

Eti Farda Husin dan Auzar Syarif

Ekologi Lanskap dan Konservasi Hymenoptera Parasitoid	376
---	-----

Yaherwandi

Potensi Nilam Sumatera Barat untuk Indonesia.....	377
---	-----

Reni Mayerni

Pengembangan Tanaman Hortikultura di Sumatera Barat	397
---	-----

Warnita

V. Aspek Sosial Ekonomi Pertanian..... 417

Pertumbuhan Penduduk dan Dampaknya Terhadap Ketersediaan Lahan Sawah di Sumatera Barat.....	419
---	-----

Rahmat Syahni dan Rusda Khairati

Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan Dan Perencanaan Lahan.....	441
--	-----

Melinda Noer

Modal Sosial Mengikat (<i>Bonding Social Capital</i>) Usaha Mikro Kecil Menengah Kota Padang Sumatera Barat.....	459
--	-----

Devi Analia

Epilog	473
--------------	-----

Biodata Penulis dan Editor	491
----------------------------------	-----

Daftar Tabel

Tabel 1.	Potensi lahan kering untuk perkembangan pertanian di Indonesia	66
Tabel 2.	Laju Erosi Tanah pada sub DAS Aie Limau Kambing Tarusan Pesisir Selatan	96
Tabel 3.	Penggunaan lahan di TDA Singkarak.....	102
Tabel 4.	Bentuk lahan dan persentase lereng TDA Singkarak.....	104
Tabel 5.	Neraca air DTA Singkarak berdasarkan stasiun curah hujan di Kabupaten Solok dan Tanah Datar	107
Tabel 6.	Jumlah Curah hujan pada stasiun Solok	108
Tabel 7.	Jumlah Curah hujan pada stasiun Tanah Datar	108
Tabel 8.	Kondisi tanah DTA Singkarak di bagian Kabupaten Tanah Datar.....	111
Tabel 9.	Jumlah mineral primer pada daerah lereng Marapi.....	112
Tabel 10.	Kelas kesesuaian lahan DAS Singkarak di wilayah Tanah Datar.....	113
Tabel 11.	Nilai wilayah DAS Sumpur berdasarkan indeks kapabilitas Lahan	114
Tabel 12.	Jumlah hara terangkut tanaman padi setiap musim tanam.....	117
Tabel 13.	Kondisi fisik tanah berbahan induk tufa batu apung Padang Pariaman dan sumber lain.....	154
Tabel 14.	Komposisi Kimia berbagai tufa batu apung.....	156
Tabel 15.	Indeks erodibilitas tanah dari bahan induk tufa batu apung Partamuan dan andesit Malalak	158
Tabel 16.	Tingkat Bahaya longsor di kabupaten Padang Pariaman.	161
Tabel 17.	Perbandingan karakteristik pengendalian longsor lahan antara metode sipil teknis dan metode vegetatif.....	164
Tabel 18.	Pengaruh beberapa tanaman konservasi terhadap tutupan kanopi tanaman, aliran permukaan dan erosi	169
Tabel 19.	Karakteristik akar dari berbagai jenis tanaman konservasi	173

Tabel 20. Beberapa tipe atau varietas botani jagung	212
Tabel 21. Potensi hasil beberapa varietas hibrida dan bersari bebas.....	214
Tabel 22. Produksi varietas hibrida komersil, varietas Sukmaraga dan varietas hibrida toleran lahan masam pada berbagai lokasi dan tingkat kemasaman tanah	227
Tabel 23. Jenis padi beras merah hasil eksplorasi di Sumatera Barat	251
Tabel 24. Aksesori talas yang ditemukan di Kabupaten Lima Puluh Kota	269
Tabel 25. Aksesori talas yang ditemukan di Kabupaten Padang Pariaman.....	271
Tabel 26. Karakteristik morfologi beberapa bagian tipe tanaman talas lokal di Kabupaten Padang Pariaman	273
Tabel 27. Aksesori talas yang ditemukan di Kabupaten Mentawai.....	275
Tabel 28. Karakter tipe beberapa aksesori talas di Kecamatan Siberut Selatan dan Utara.....	376
Tabel 29. Beberapa indeks keanekaragaman spesies	376
Tabel 30. Karakteristik Morfologi Aksesori Tanaman Nilam di Pasaman Barat.....	390
Tabel 31. Pertambahan Jumlah Penduduk Sumatera Barat Menurut.....	426
Tabel 32. Perubahan Luas Lahan Sawah di Sumatera Barat Menurut Kabupaten/Kota Tahun 2006 dan 2018	429
Tabel 33. Luas Lahan Pertanian yang Beralih Fungsi Menjadi Lahan Perumahan dan Permukiman di Kota Padang, Kota Pariaman, Kab. Lima Puluh Kota dan Kab. Tanah Datar, di Provinsi Sumatera Barat periode Tahun 2012 dan 2015	452
Tabel 34. Peningkatan jumlah UMKM menurut skala usaha tahun 2010-2017	461
Tabel 35. Jumlah penyerapan tenaga kerja menurut skala usaha UMKM Tahun 2010-2017	462
Tabel 36. Hasil penelitian modal sosial masyarakat Minang.....	465
Tabel 37. Indikator pembentuk rasa percaya pelaku usaha UMKM.	468

Tabel 38. Indikator pembentuk jaringan sosial	469
Tabel 39. Indikator pembentuk norma sosial	470

Daftar Gambar

Gambar 1.	Luas lahan daratan di Indonesia.....	52
Gambar 2.	Isu global dunia.....	56
Gambar 3.	Fungsi lahan pertanian dan manfaatnya bagi kehidupan.....	58
Gambar 4.	Fungsi pokok tanah.....	61
Gambar 5.	Peta sub DAS Aie Limau Kambing Tarusan Pesisir Selatan.....	95
Gambar 6.	Teknologi konservasi pada lahan miring.....	97
Gambar 7.	Daerah tangkapan air Singkarak	103
Gambar 8.	Tufa batu apung.....	151
Gambar 9.	Peta Geologi tufa batu apung (Qpt, dan Qhpt)	152
Gambar 10.	Tanah berbahan induk batu apung yang mudah longsor di dekat Kantor Bupati Padang Pariman	160
Gambar 11.	Daerah dengan tingkat bahaya longsor agak tinggi	162
Gambar 12.	Daerah dengan tingkat bahaya longsor tinggi	163
Gambar 13.	Peranan kanopi tanaman dalam mengurangi pukulan butir hujan ke tanah	167
Gambar 14.	Bandingan model struktural potensi pengurangan erosi dari penutupan kanopi tanaman dan perakaran.....	168
Gambar 15.	Faktor-faktor yang terlibat dalam pengaruh akar tanaman dalam pengurangan erosi terhadap erodibilitas tanah.....	172
Gambar 16.	Produksi dan konsumsi jagung nasional dari tahun 2009 – 2018.....	218
Gambar 17.	Produksi dan impor jagung indonesia dari tahun 2009 – 2018	218
Gambar 18.	Hubungan antara penurunan hasil tanaman jagung dengan peningkatan Al-dd	229
Gambar 19.	Tampilan berbagai jenis beras. a). <i>golden rice</i> ; b) beras merah; c) beras hitam, d) beras putih.....	245

Gambar 20.	Tipe sucker dan tipe cormus talas pada Kabupaten Lima Puluh Kota, (A) banyak anak, (B) sedikit anak, (C) memanjang, (D) silinder.....	270
Gambar 21.	Tipe sucker dan tipe cormus talas pada Kabupaten Padang Pariaman, (A) banyak anak, (B) sedikit anak, (C) kerucut, (D) silinder.....	274
Gambar 22.	Tipe sucker dan tipe cormus talas pada Kabupaten Mentawai, (A) banyak anak, (B) sedikit anak, (C) halter, (D) ellips.....	376
Gambar 23.	Dendogram tiga puluh dua aksesori talas dari tiga kabupaten (Lima Puluh Kota, Padang Pariaman dan Mentawai).....	376
Gambar 24.	Struktur hifa eksternal dari FMA	376
Gambar 25.	Penampilan tanaman karet tanpa dan diinokulasi CEMIKO.....	376
Gambar 26.	Penampilan ubi kayu dan kacang tanah tanpa dan diinokulasi CEMIKO.....	376
Gambar 27.	Penampilan tanaman cabai tanpa dan diinokulasi CEMIKO.....	376
Gambar 28.	Proses-proses dasar dari ekologi lanskap	376
Gambar 29.	Skema lanskap yang terdiri dari tiga elemen utama, yaitu matriks, bidang lahan dan koridor; x adalah perkampungan yang dikelilingi oleh matriks pertanian dan y merupakan bidang lahan yang mengalami kerusakan.....	376
Gambar 30.	Diagram pengaruh sistem produksi terhadap kesuksesan pengendalian hayati pada ekosistem pertanian.....	376
Gambar 31.	Sel minyak tanaman nilam. a pada daun dan b pada batang.....	391
Gambar 32.	Trikoma tanaman nilam. a pada daun dan b pada batang.....	392
Gambar 33.	Perkembangan jumlah penduduk Provinsi Sumatera Barat (BPS Sumatera Barat)	424

Gambar 34. Perkembangan luas lahan sawah di Sumatera Barat tahun 2006-2018	427
Gambar 35. Plot hubungan jumlah penduduk dan luas lahan di Sumatera Barat Tahun 2006-2018.....	431
Gambar 36. Sektor UMKM tahun 2015	463

Prolog

PERSPEKTIF PERTANIAN TROPIKA BASAH: POTENSI DAN TANTANGANNYA DALAM RANGKA PERTANIAN BERKELANJUTAN

Indonesia merupakan negara tropis yang beberapa wilayahnya tepat dilalui oleh garis khatulistiwa. Curah hujan yang tinggi menyebabkan Indonesia memiliki karakteristik iklim yang unik yang membedakannya dengan negara-negara sub tropika. Indonesia diberkati dengan sinar matahari sepanjang tahun pada siang hari. Rata-rata waktu siang dan malam juga hampir sama. Kelembaban udara umumnya daerah di Indonesia juga tinggi. Beberapa daerah di Indonesia memiliki curah hujan yang sangat tinggi sehingga dikategorikan memiliki iklim tipe sangat basah. Hanya ada dua musim di Indonesia; musim hujan dan musim kemarau yang biasanya berganti setiap enam bulan sekali. Walaupun perbedaan antara musim hujan dan musim kemarau tidak tegas pada beberapa daerah, namun akan selalu ada hari-hari hujan dan hari-hari kering. Perubahan iklim global beberapa tahun terakhir menggeser kedatangan kedua musim di samping juga memicu kejadian bencana alam kekeringan dan banjir dan juga bencana ikutannya.

Iklim Indonesia yang khas juga menghasilkan model pembangunan pertanian yang khas. Tak bisa dipungkiri bahwa kondisi daerah di Indonesia yang beragam juga menghasilkan capaian level pertanian yang juga beragam, mulai dari 1.0 hingga 4.0 ditemui di Indonesia. Namun semua perkembangan itu tentunya harus bermuara pada kesejahteraan petani dan seluruh rakyat Indonesia. Bermuara tidak hanya pada tercapainya swa-sembada pangan, namun juga bermuara pada kemandirian dan kedaulatan pangan. Dalam rangka menyongsong 100 tahun kemerdekaan Republik Indonesia pada tahun

2045 menjadi momentum tercapainya visi Indonesia menjadi lumbung pangan dunia dengan Mewujudkan Petani Sejahtera melalui Pangan Pertanian yang Mandiri. Visi ini sangat mulia dan sulit tapi bukan mustahil untuk dicapai. Lumbung pangan dunia akan sulit terpenuhi jika salah dalam membangun fondasinya. Ada beberapa hal yang perlu dilakukan secara cepat dan tepat dalam penentuan kebijakan. Pertama, pengembangan kawasan, perlu dijadikan dasar dalam mengembangkan komoditas-komoditas pertanian yang berdaya saing. Kedua, salah satu perwujudan membangun dari pinggiran adalah memperhatikan pembangunan pertanian di wilayah perbatasan. Daerah-daerah perbatasan dan perdesaan menjadi lumbung pangan guna penyangga kota-kota besar dan ekspor ke negara tetangga. Ketiga, ketika swasembada sudah di depan mata maka kita harus berani mempromosikan ekspor dan mengendalikan impor. Keempat, jangan lupakan sejarah pernah swasembada, maka buatlah strategi dan wujudkan swasembada berkelanjutan. Kelima, pengaturan tata niaga agar petani lebih sejahtera.

Upaya untuk mencapai Indonesia sebagai lumbung pangan dunia hendaknya harus memperhatikan potensi dan permasalahan dalam sistem pengelolaan pertanian dengan memperhatikan beberapa aspek seperti kondisi iklim, kondisi sumber daya lahan, ketersediaan air, sumber daya alam dan lingkungan, sistem budi daya, pengolahan hasil dan lain-lainnya. Dalam buku ini beberapa Dosen Fakultas Pertanian memiliki berbagai pemikiran tentang tantangan pembangunan pertanian ke depan untuk mewujudkan kedaulatan pangan dan kesejahteraan petani. Perspektif pertanian berkelanjutan perlu ditempuh mengingat jumlah penduduk Indonesia yang sangat besar sementara sumber daya alam sangat terbatas. Selain itu, pencapaian pertanian berkelanjutan sudah menjadi komitmen negara dalam rangka menerapkan *Sustainable Development Goals* (SDGs).

Tulisan dalam buku ini menggambarkan tentang pemanfaatan sumber daya lahan, air dan bahan tanaman untuk usaha produksi bersifat lestari menghasilkan produk pertanian secara ekonomis dan menguntungkan, dan menekankan pada kelestarian lingkungan,

keseimbangan agroekosistem dan kelestarian keanekaragaman hayati, di samping itu juga mampu menghasilkan produk bermutu tinggi, aman dikonsumsi, stabil dan kontinu. Buku ini membahas keragaman hasil penelitian yang telah dilakukan dan juga merupakan hasil pemikiran yang mendalam tentang pertanian di Sumatera Barat khususnya dan Indonesia umumnya bagi kemajuan bangsa Indonesia yang dilakukan oleh Dosen Fakultas Pertanian Universitas Andalas dari berbagai aspek terkait pertanian berkelanjutan khususnya pada aspek pertanian tropika basah, teknologi dasar untuk pertanian tropika basah, potensi diversifikasi pangan, dan aplikasi terapan dalam budi daya tanaman, serta aspek sosial ekonomi dan modal sosial

Masalah utama yang harus dihadapi di dalam pemanfaatan lahan pada daerah tropika basah adalah keadaan sosial ekonomi petani atau masyarakat yang menggunakan lahan sebagai tempat usahanya. Pendapatan keluarga yang rendah serta kemiskinan di banyak tempat berkorelasi positif dengan usaha tani. Rendahnya produktivitas lahan, selain disebabkan oleh tingkat kesuburan tanah yang rendah, juga disebabkan oleh rendahnya intensitas indeks pertanaman karena kebutuhan air tidak tersedia sepanjang tahun. Untuk meningkatkan produktivitas lahan, selain pengapuran dan pemupukan dapat dilakukan dengan optimalisasi pola tanam, penggunaan varietas unggul dan unggul lokal, pemanfaatan mikroorganisme indigenus, meningkatkan intensitas indeks pertanaman, mengurangi aliran permukaan/erosi, dan evaporasi tanah oleh adanya penutupan tanaman dan sisa hasil panen yang dapat berfungsi sebagai mulsa dan menambah bahan organik tanah. Pengelolaan sumber daya lahan harus dipandang sangat penting berdasarkan pertimbangan bahwa proses pembangunan yang sedang dan akan dilakukan di Indonesia masih tergantung pada cara memanfaatkan potensi sumber daya lahannya.

PERSPEKTIF PERTANIAN TROPIKA BASAH POTENSI DAN TANTANGAN DALAM RANGKA PERTANIAN BERKELANJUTAN

Dr. Ir. Agusli Taher, MSc

Pemilihan tema dari Buku yang memuat pokok-pokok fikiran Dosen Fakultas Pertanian Unand ini sangat tepat dan menarik, karena terkait dengan dua konsep fundamental dalam pembangunan pertanian, yaitu revolusi hijau dan pertanian berkelanjutan. Pada dasarnya kedua konsep tersebut tidak sejalan.

Selanjutnya, cakupan testimoni ini lebih difokuskan kepada pertanian pangan Indonesia, karena statusnya sangat kontradiktif. Di satu pihak, jumlah petani yang berprofesi dan terlibat dalam pertanian pangan sangat banyak, sementara di pihak lain, impor pangan menyedot devisa yang sangat besar.

Sejarah penyediaan pangan dunia menunjukkan bahwa revolusi hijau telah membuktikan keandalannya dalam mengatasi kelaparan di berbagai negara. Revolusi hijau merupakan upaya yang dilakukan untuk mengantisipasi krisis pangan. Konsep yang digagas oleh Norman Borlaug ini dimulai di Mexico tahun 1950 untuk meningkatkan produksi gandum. Pada tahun 1961, revolusi hijau bahkan mampu menyelamatkan India dari bencana kelaparan. Indonesia pun berswasembada beras pada tahun 1984, setelah cukup lama menjadi pengimpor beras nomor satu dunia. Komponen utama revolusi hijau ini adalah penggunaan bibit unggul, pupuk kimia dan pestisida, serta perbaikan irigasi dengan target utama peningkatan produktivitas.

Akan tetapi pada era 1980-an, revolusi hijau ini dikritisi oleh banyak pakar karena menimbulkan berbagai dampak negatif, terutama

kerusakan lingkungan sebagai akibat penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang berlebihan. Hal inilah yang mendorong munculnya gagasan pertanian ramah lingkungan, yang pada intinya adalah mempertahankan sumberdaya pertanian dan lingkungan dengan cara menerapkan teknik budidaya yang tetap menguntungkan, akan tetapi tidak merusak lingkungan.

Dalam implementasinya, muncul beberapa konsep seperti pertanian berorientasi agroekosistem, pertanian organik dan *Low External Input Sustainable Agriculture* (LEISA), termasuk juga Revolusi Lestari atau *Evergreen Revolution* yang dikemukakan oleh Swaminathan, Bapak Revolusi Hijau India.

Beberapa pakar juga membuat batasan bahwa pertanian berkelanjutan itu mesti memenuhi kaedah layak secara ekonomi, sosial dan ekologis. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa gagasan pertanian berkelanjutan ini adalah konsep pertanian yang super ideal, meskipun juga sarat kendala operasionalnya.

Pengembangan pertanian berkelanjutan ini lebih banyak masalahnya pada kondisi dan karakter bio fisik ekosistem tropika basah. Secara faktual, maka tanpa campur tangan manusia, ekosistem tropika basah menciptakan dua kondisi ekstrim. *Pertama*, ekosistem tropika basah menyebabkan keberadaan tanah mineral didominasi oleh mineral kaolinit dan seskuioksida. Jenis tanah seperti ini bukan hanya kurang subur, akan tetapi juga sering berhadapan dengan masalah keracunan hara. *Kedua*, keberadaan hutan tropis yang cukup luas, yang ketika berintegrasi dengan keragaman topografi dan iklim tropika basah, menyebabkan tanah gambut terhampar luas di kawasan cekungan. Kendala teknis tanah gambut pun jauh lebih banyak dari tanah mineral. Persoalan makin tak ringan, karena tingkat serangan hama dan penyakit juga lebih berat sebagai akibat pertanaman yang dilakukan sepanjang tahun di kawasan tropika basah.

Satu-satunya potensi bagus dari kawasan tropika basah tersebut adalah tersedianya tanah Aluvial yang subur. Biasanya terdapat di sekitar bantaran sungai yang membentuk kawasan lembah. Sejak ribuan tahun yang lalu, kawasan lembah ini, baik yang terletak di

kawasan tropika basah, maupun di wilayah non tropika basah selalu menjadi pusat pertanian. Lembah Mesopotamia, Tigris, Nil dan Eufрат di jazirah Arab, di tepi Sungai Mekong dan sungai Kuning di Cina, serta lembah Indus di India menjadi pusat pertanian yang melegenda, bahkan menjadi pusat peradaban manusia. Akan tetapi, kompetisi penggunaan kawasan Aluvial ini terjadi begitu masif antara sektor pertanian dengan pemukiman, perkotaan dan sektor non pertanian lainnya. Ini persoalan peradaban manusia yang telah menjadi hukum alam sejak dulu.

Selanjutnya, ketika lahan pertanian di kawasan tropika basah ini mulai melibatkan campur tangan manusia dalam beragam sistem usahatani, maka berbagai persoalan pun terjadi. Tanah mineral begitu cepat mengalami penurunan produktivitas akibat sangat cepatnya mineralisasi bahan organik tanah serta tingginya erosi lapisan *top soil*. Pada lahan miring, usahatani lahan kering juga sangat cepat berubah menjadi lahan kritis, yang hanya ditumbuhi ilalang dan paku resam setelah diusahakan beberapa musim. Anjuran penerapan pertanian konservasi umumnya tidak diminati oleh petani, karena berkaitan dengan penurunan kuantitas dan kualitas produk.

Dalam kaitannya dengan lahan mineral tersebut, maka hanya sawah yang merupakan sistem konservasi air dan tanah terbaik yang dikenal peradaban sampai saat ini. Teknologi sawah diciptakan oleh bangsa Cina sekitar tahun 7.000 SM dan bertahan hingga kini menjadi ekosistem penyumbang beras utama dunia.

Selanjutnya, lahan gambut dikenal lebih memiliki banyak persoalan ketika dimanfaatkan sebagai lahan untuk usahatani. Persoalan subsidens, rendahnya kesuburan, ketebalan gambut, mudahnya terbakar dan rendahnya daya pegang tanah gambut, menyebabkan usahatani di lahan ini penuh risiko dan mahal. Rendahnya produktivitas dan kualitas produk merupakan persoalan umum di lahan gambut.

Penggunaan tanah juga sarat masalah. Pada tahun 1974, Soepratohardjo mengemukakan data bahwa dari luas sawah 5.1 juta ha di Indonesia, maka sekitar 55.2% adalah tanah Aluvial dan *gley*

(humus). Ketika itu, keberadaan sawah dari tanah Podsolik Merah Kuning (PMK) hanya 5.7%, serta yang berasal dari lahan gambut atau pasang surut belum tercatat. Persoalan pun muncul ketika alih fungsi lahan yang mencapai sekitar 100 ribu ha/tahun lebih banyak terjadi pada tanah Aluvial. Ini artinya, sejak 45 tahun yang lalu lahan produktif di Indonesia sudah beralih fungsi. Luas lahan produktif yang beralih fungsi tersebut antara 4.0 - 4.5 juta ha.

Dengan demikian, dari 8.1 juta ha luas baku sawah nasional pada tahun 2016, maka sekitar 6.0 - 6.5 juta ha berasal dari tanah-tanah marginal di atas. Inilah persoalan utama perpadian nasional yang menyebabkan terjadinya stagnasi produksi sejak tiga dekade terakhir. Penerapan teknologi spesifik sawah bukaan baru belum dikenal petani. Kondisi ini mesti dimaknai sebagai peringatan bahwa krisis pangan nasional bukanlah sesuatu yang mustahil terjadi, sementara konsep pertanian berkelanjutan ini akan dikembangkan di lahan marginal tersebut.

Megatren dunia mengindikasikan bahwa ancaman krisis pangan semakin mengemuka. Saat ini saja, sekitar 925 juta penduduk dunia berada dalam kondisi kelaparan dan kurang gizi. Penyebabnya beragam mulai faktor alami hingga dampak dari perbuatan manusia. Bencana alam yang sering terjadi secara periodik dengan intensitas yang semakin tinggi, perbedaan sumber daya alam (SDA) yang dimiliki antar negara, ketimpangan kondisi sosial ekonomi, laju urbanisasi, kemampuan investasi dan penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), serta dampak krisis perang, serta kebijakan pemerintah terkait penggunaan pangan untuk *bio-fuel*, termasuk industri dan alutsista pada beberapa negara maju menjadi permasalahan yang mengancam ketersediaan pangan dunia.

Di lain pihak, laju pertumbuhan penduduk dunia mencapai 1.2% per tahun. Akibatnya laju kenaikan permintaan pangan, terutama beras saat ini mencapai sekitar 0.9%/tahun, sedangkan laju pertumbuhan produksi hanya 0.7% per tahun. Yang juga perlu mendapat perhatian, saat ini beras atau pangan secara umum tidak hanya sebagai komoditas politik yang menjadi salah satu penyebab

bubarnya Uni Sovyet, kejatuhan Husni Mubarak di Mesir, dan Ben Ali di Tunisia, akan tetapi pangan sudah menjadi komoditas bisnis spekulatif yang dikuasai oleh beberapa kartel. Spekulasi bisnis pangan ini sangat menguntungkan ketika krisis pangan terjadi. Saat itu, tingkat harga ditentukan oleh mafia perdagangan pangan dunia tersebut.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa terdapat dua persoalan yang saling berhadapan. Persoalan pertama adalah krisis pangan yang merupakan ancaman yang perlu diantisipasi dengan penerapan teknologi yang lebih produktif. Di sisi lain kelestarian lingkungan merupakan aspek kehidupan yang mesti pula dipertahankan. Artinya, kita seperti dihadapkan kepada dua pilihan yang tidak mudah memutuskannya.

Dalam mempertimbangkan pilihan tersebut, serta untuk merumuskan sistem pertanian berkelanjutan yang operasional, maka beberapa hal perlu diperhatikan. *Pertama*, apakah negara-negara maju betul-betul menerapkan konsep pertanian berkelanjutan? *Kedua*, negara-negara maju menggunakan pestisida sebagai komponen teknologi yang paling buruk dampaknya terhadap lingkungan karena penggunaan yang sangat intensif dalam skala hamparan yang sangat luas, bahkan sebagian menggunakan pesawat terbang dalam aplikasinya. Sementara itu di Indonesia, pestisida digunakan dalam luasan yang terbatas. Apakah dampak penggunaan pestisida ini sama? *Ketiga*, agroekosistem tropika basah relatif kurang subur dibandingkan dengan kawasan sub tropis. Di satu sisi varietas unggul dirakit untuk responsif terhadap perbaikan lingkungan tumbuh atau kultur teknis sehingga bibit unggul menjadi rakus pupuk. Apakah produktivitas tinggi pada kawasan agroekosistem tropikal basah masih bisa dicapai dengan pengurangan penggunaan input. *Keempat*, bagaimana mensosialisasikan konsep bertani di lahan sendiri, akan tetapi mesti memperhatikan kelestarian lingkungan di luar usaha taninya. Sementara pengalaman menunjukkan bahwa menyosialisasikan konsep efisiensi untuk kepentingan petani sendiri, umumnya gagal diadopsi. *Kelima*, seberapa adaptif sistem pertanian berkelanjutan

dalam kondisi terbatasnya tenaga kerja, serta laju urbanisasi yang semakin tinggi?

Terakhir, diharapkan pokok-pokok pemikiran dosen Fakultas Pertanian Universitas Andalas, mampu melahirkan konsep Pertanian Berkelanjutan di Kawasan Tropika Basah, yang lebih prospektif mengatasi ancaman krisis pangan, sekaligus tetap ramah lingkungan, serta potensial untuk diadopsi oleh petani Indonesia.

I

Aspek Pertanian Tropika Basah

- 1.1 Karakteristik Agroekosistem Tropika,
Permasalahan serta Penanggulangannya
- 1.2 Sekuestrasi Bahan Organik: Kunci Utama
Pelestarian Lingkungan & Pertanian di Daerah
Tropis Basah
- 1.3 Konservasi Tanah dan Air untuk Keberlanjutan
Pertanian Tropika Basah di Indonesia
- 1.4 Manajemen Lahan Berbasis Daerah Aliran
Sungai
- 1.5 Daerah Tangkapan Air Singkarak Sebagai Daerah
Penyangga Pangan Nasional: Tinjauan Hidrologi
dan Potensi Lahan Basah
dan Potensi Lahan Basah

Karakteristik Agroekosistem Tropika, Permasalahan serta Penanggulangannya

Muhsanati

*Dosen bidang Ekologi Tumbuhan pada Jurusan Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.
e-mail: muhsanati@agr.unand.ac.id; muhsanatinat@gmail.com*

I. PENDAHULUAN

1.1 Sejarah Perkembangan Agroekosistem

Kegiatan pertanian meliputi budi daya bercocok tanam dan memelihara ternak merupakan kebudayaan manusia paling tua. Tetapi dibandingkan dengan sejarah keberadaan manusia, kegiatan bertani ini termasuk masih baru. Sebelumnya, manusia hanya berburu hewan dan mengumpulkan bahan pangan untuk dikonsumsi.

Manusia telah mengubah ekosistem alam secara luas sejak mulai mengenal permukiman. Mereka membersihkan hutan dan lahan rumput untuk mengusahakan tanaman bahan makanan dan bahan makanan ternak untuk dirinya dan ternaknya melalui berbagai pengalaman. Mereka mengembangkan pertanian dengan membersihkan tanah, membajaknya, menanam tanaman musiman dan memberikan unsur-unsur yang diperlukan, seperti pupuk dan air. Setelah menghasilkan kemudian dipanen. Sejak menebar benih sampai panen tanaman sangat tergantung alam, gangguan iklim, hama dan penyakit.

Sejalan dengan peningkatan peradaban manusia, pertanianpun berkembang menjadi berbagai sistem, mulai dari yang paling sederhana sampai sistem yang canggih dan padat metode. Berbagai teknologi pertanian dikembangkan guna mencapai produktivitas yang diinginkan.

1.2 Konsep Agroekosistem

Secara etimologis agroekosistem terdiri dari tiga kata dalam bahasa Latin (*agros*, *oikos*, dan *systema*). Pengertiannya adalah suatu sistem atau proses input-output di dalam sumber daya alam hayati dengan lingkungannya. Secara ilmiah agroekosistem adalah suatu sistem kawasan tempat membudidayakan makhluk hidup tertentu meliputi apa saja yang hidup di dalamnya serta material lain yang saling berinteraksi. Agar lebih mudah dimengerti agroekosistem adalah kawasan pertanian yang semula merupakan ekosistem alami (*natural ecosystem*), kemudian diubah oleh manusia dengan masukan teknologi untuk mendapatkan suatu keluaran berupa bahan yang dapat memenuhi kebutuhan manusia langsung ataupun tidak langsung dan bernilai ekonomis.

Dengan demikian terdapat keterkaitan antara sumber daya hayati dengan lingkungannya. Sedangkan sistem dalam hal ini adalah proses dan kegiatan dalam suatu wadah dengan adanya masukan (*input*) dan menghasilkan keluaran (*output*). Pertanian sebagai usaha manusia dalam memanen energi surya sebanyak-banyaknya juga merupakan proses dan kegiatan memasukan input (ekonomis dan non-ekonomis) pada agroekosistem dengan bantuan sumber daya flora dan fauna untuk mendapatkan suatu hasil berupa salah satu output yang mempunyai arti ekonomis. Berarti pertanian dalam cakupan luas bukanlah hanya bercocok tanam saja, peternakan, perikanan dan perhutanan juga termasuk pertanian. Dalam hal ini menunjukkan bahwa pertanian juga merupakan suatu sistem.

II. KARAKTERISTIK AGROEKOSISTEM TROPIKA

2.1 Agroekosistem Tropika

Agroekosistem tropika adalah kawasan pertanian yang terletak di daerah tropika, secara geografis dan edafis dipengaruhi oleh faktor setempat. Kawasan tropika mempunyai beberapa karakteristik khusus, sekaligus merupakan karakteristik agroekosistem, antara lain adalah suhu rata-rata harian lebih tinggi sepanjang tahun, tidak ada musim dingin dan musim panas. Musim yang dikenal pada kawasan ini adalah

musim kemarau dan musim penghujan. Kedua musim ini dipengaruhi oleh arah angin dan letak pantai terhadap pergunungan (dataran tinggi) yang menghadang angin laut.

Kawasan tropika sangat kaya dengan keanekaragaman biotik. Sesuai dengan karakteristik fisik alam, terutama suhu yang relatif tinggi sepanjang tahun, maka siklus hidup hama dan organisme penyebab penyakit akan lebih pendek dibandingkan dengan daerah sedang (*temperate*). Akibatnya pada agroekosistem tropik sering terjadi peledakan hama dan serangan penyakit. Gulma juga menjadi masalah karena daur hidupnya lebih pendek.

Berbagai bahaya dan malapetaka tersebut ada kaitannya dengan topografi kawasan tropis yang bergelombang, berbukit dan bergunung. Jarang sekali ditemukan kawasan yang bertopografi relatif datar dan layak untuk pengembangan pertanian dengan masukan energi tinggi dalam skala yang luas. Tambahan lagi permasalahan iklim-cuaca yang tidak mendukung, sehingga menimbulkan terjadinya mara bahaya yang merugikan dunia pertanian dan lingkungan hidup, seperti banjir, longsor, kekeringan dan kebakaran hutan yang masif. Semua permasalahan itu sangat terkait dengan dinamika atmosfer baik daratan, lautan, di atas dan di bawah permukaan tanah.

Kegagalan pertanian akibat pengaruh iklim yang ekstrem dan kendala lingkungan lainnya serta penerapan suatu sistem teknologi, sudah merupakan bayangan suram yang tak dapat dielakkan. Kegagalan demi kegagalan pertanian telah mengajarkan kepada kita bahwa alam merupakan sesuatu yang perlu dijinakkan dengan suatu sistem teknologi yang akurat dan profesional.

2.2 Revolusi Hijau (*Green Revolution*) dan Permasalahannya

Menyikapi perkembangan penduduk dunia yang meningkat tajam pada beberapa dekade di akhir abad-20 yang lalu, lahirlah konsep revolusi hijau (*green revolution*), untuk memenuhi kebutuhan penduduk baik pangan, sandang, maupun papan. Agroekosistem berubah dengan masukan teknologi tinggi seperti pupuk buatan (anorganik) dan pestisida. Pupuk anorganik menggantikan siklus

biogeokimia dan unsur-unsur makro tanaman seperti, nitrogen, fosfor, kalium, kalsium dan magnesium. Produktivitas biasanya tinggi dan sangat tergantung pada masukan bahan kimia dan alternatif manipulasi sistem yang memungkinkan untuk mencegah terjadinya penurunan hasil.

Penduduk miskin umumnya berada di kawasan tropis dan di sini pulalah laju pertumbuhannya sangat tinggi. Ironisnya pada kawasan tropis termasuk Indonesia, apabila pelaksanaan revolusi hijau tidak dilandasi dengan pendekatan yang agroekologis, telah dan akan mengalami berbagai malapetaka dan masalah lingkungan yang serius.

Pemanfaatan sumber daya alam yang berlebihan tanpa diikuti oleh usaha-usaha yang menganut prinsip-prinsip ekologis, akan menambah rumitnya masalah lingkungan pertanian. Kemelut dan kegagalan pertanian itu pada hakikatnya adalah akibat keterbatasan pengetahuan tentang lingkungan pertanian itu sendiri. Oleh karena itu pengkajian masalah lingkungan dan sistem teknologi budidaya yang diterapkan, merupakan suatu hal yang tak dapat dipisahkan dari sistem pertanian.

Pendekatan dan praktek pertanian konvensional yang dilaksanakan di sebagian besar negara maju dan negara sedang berkembang termasuk Indonesia merupakan praktek pertanian yang tidak mengikuti prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan. Pertanian konvensional dilandasi oleh pendekatan industrial dengan orientasi pertanian agribisnis skala besar, padat modal, padat inovasi teknologi, penanaman benih varietas tanaman unggul secara seragam, spasial dan temporal, serta ketergantungan pada masukan produksi dari luar yang boros energi tak terbarukan, termasuk penggunaan berbagai jenis agrokimia (pupuk dan pestisida), dan alat mesin pertanian. Secara teoritis dan perhitungan ekonomi penerapan pertanian konvensional dianggap sebagai alternatif teknologi yang tepat untuk menyelesaikan masalah kekurangan pangan dan gizi serta ketahanan pangan yang dihadapi penduduk dunia.

Kemajuan ilmu dan teknologi, peningkatan kebutuhan hidup memaksa manusia untuk memacu produktivitas dengan menguras

lahan, sementara itu daya dukung lingkungan mempunyai ambang batas toleransi. Dengan demikian peningkatan produktivitas akan mengakibatkan kerusakan lingkungan yang pada ujungnya akan merugikan manusia juga.

Pertanian revolusi hijau telah gagal karena produknya sarat kandungan residu pestisida dan sangat merusak ekosistem lingkungan dan kesuburan tanah. Revolusi hijau yang saat itu digulirkan untuk menjawab kebutuhan pangan dunia dengan membuat gelombang baru intensifikasi pertanian yang berbasiskan pupuk dan pestisida, variasi tanaman *bio-engineering*, dan kebijakan perdagangan yang memihak negara utara. Keceragaman atau monokulturasasi, teknologi standar untuk skala besar, input tinggi dan sistem mekanisasi yang ditujukan untuk memaksimalkan hasil tanaman pangan komersial untuk sistem pangan global merupakan ciri khas dari revolusi hijau. Pada saat ini kita menghadapi konsekuensi revolusi hijau tersebut yang menimbulkan degradasi dalam berbagai dimensi. Degradasi yang terjadi bukan hanya dalam konteks ekologis saja, akan tetapi menyangkut proses-proses sosial-budaya, dan politik-ekonomi. Hal ini membuka tabir masalah mengapa masalah-masalah produksi pertanian tidak dapat diselesaikan hanya dengan kemampuan teknologi.

Dari sisi permintaan, jumlah penduduk dunia dan tingkat konsumsi per kapita yang terus meningkat mengakibatkan kebutuhan akan bahan pangan (karbohidrat, protein, lemak, mineral dan vitamin) berlipat ganda. Sementara itu, seiring dengan berkurangnya areal lahan dan perairan yang sesuai (*suitable*) dan produktif untuk budi daya tanaman dan hewan serta dinamika iklim global yang tidak menentu, membuat produksi pertanian berkurang atau tidak dapat memenuhi jumlah yang diperlukan oleh umat manusia.

Penerapan pertanian konvensional pada tahap-tahap permulaan mampu meningkatkan produktivitas pertanian dan pangan secara nyata, namun kemudian efisiensi produksi semakin menurun karena pengaruh umpan balik berbagai dampak samping yang merugikan. Pemupukan berat dengan pupuk anorganik menyebabkan

sebagian pupuk yang tidak terpakai menumpuk di dalam tanah. Penumpukan pupuk ini akan berdampak negatif terhadap lingkungan. Penggunaan teknologi pestisida yang berlebihan juga akan menimbulkan permasalahan lingkungan yaitu timbulnya polusi. Selain membunuh jasad pengganggu penyebab gangguan terhadap tanaman pokok, apabila salah dalam teknis pelaksanaannya dapat berakibat menurunnya hasil tanaman pokok itu sendiri baik kualitas maupun kuantitasnya.

Disamping itu, gangguan terhadap keseimbangan biologis agroekosistem dapat terjadi. Musuh alami jasad pengganggu seperti; *predator* dan *parasitoid* ikut musnah. Akibatnya sering terjadi peledakan hama dan serangan penyakit. Para petani akan menggunakan dosis yang lebih tinggi lagi untuk memberantasnya, sehingga kontaminasinya dengan tanaman lebih banyak dan menumpuk serta terakumulasi di jaringan tanaman. Pestisida yang terakumulasi pada tanaman seperti; sayuran, buah-buahan, dan makanan lainnya, juga pada tanaman makanan ternak dan apabila dimakan manusia, ternak, ikan dan sebagainya akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan manusia dan hewan peliharaan.

Produk pertanian yang tercemar pestisida yang diekspor oleh suatu negara, saat ini tidak lagi diminati dan ditolak dari pasaran internasional dan akan kalah bersaing dengan negara lainnya yang mengembangkan produk pertanian biologi bersih pestisida.

Pengelolaan agroekosistem tanpa memperhatikan konsep agroekologi akan mengalami degradasi dan penurunan produktivitasnya. Terutama di kawasan pertanian tropika yang secara geografis maupun edafis sangat dipengaruhi oleh iklim setempat, praktek pertaniannya sangat berbahaya. Lahan pertanian pada gilirannya akan menjadi lahan kritis dan marginal.

Beberapa persoalan lain yang muncul seperti erosi tanah, pergantian iklim, pola drainase dan pergantian dalam komponen biotik pada ekosistem. Pengolahan tanah diperlukan bila kepadatan, kekuatan, aerasi tanah tidak mendukung penyediaan air dan perkembangan akar. Sebagian tanah Ultisol mempunyai horizon B

yang berat dan padat, dimana lapisan di bawah 15 cm sering sudah terlalu padat sehingga mengganggu akar tanaman. Akibatnya sebagian besar akar tanaman hanya berada di lapisan atas yang tipis dan tanaman mudah mengalami kekeringan (Safuan, 2002).

Tanah-tanah tropis dengan curah hujan yang tinggi telah mengalami pencucian, menyebabkan jumlah kation basa yang dapat dipertukarkan berkurang. Kompleks pertukaran dalam tanah didominasi oleh ion-ion hidrogen dan aluminium (Al), menyebabkan tanah semakin masam serta dapat menurunkan kapasitas tukar kation melalui proses perubahan mineral liat dalam tanah.

Pada umumnya konsentrasi Al di lapisan bawah lebih tinggi daripada lapisan tanah atas, sehingga akar tanaman cenderung menghindari Al yang beracun tersebut dengan membentuk perakaran yang hanya menyebar di lapisan atas. Akibat berikutnya, akar tanaman semusim yang menderita keracunan Al tersebut tidak dapat menyerap unsur hara secara optimal, juga tidak dapat menyerap unsur hara yang berada di lapisan bawah.

Polusi tanah pada prinsipnya adalah akibat terbawanya larutan polutan udara dan air melalui dinamika atmosfer tanah dan air perkolasi, infiltrasi, serta aliran permukaan berupa limpasan (*run off*). Kerusakan agroekosistem dari aspek ini terutama berakibat langsung pada subsistem tanaman karena dinamika atmosfer tanah mengalami hambatan pada lapisan udara sekitar perakaran tanaman (*rhizosfer*).

Penumpukan pupuk anorganik yang tidak terpakai akan berdampak negatif terhadap lingkungan. Terutama pupuk nitrat dan fosfat dalam bentuk anion yang tidak diadsorpsi oleh liat akan menjadi polutan. Air hujan akan mencucinya dan kemudian tertimbun di dalam air sungai, danau maupun rawa. Polusi jenis ini disebut *eutrofication*, dapat berakibat matinya biota danau, sungai, maupun rawa.

Kerusakan (degradasi) ekosistem hutan tropika terjadi apabila fungsi hutan terganggu dan menimbulkan bencana bagi manusia yang berada di sekitar hutan tersebut. Kerusakan hutan lindung, yang fungsinya adalah untuk konservasi air dan tanah akan menimbulkan

bahaya banjir, longsor dan erosi di musim penghujan. Sebaliknya akan terjadi malapetaka kekeringan di musim kemarau. Degradasi ini dapat saja terjadi akibat ketidaktahuan atau tidak mau tahu dengan fungsi hutan, oleh penebang hutan secara tradisional manual apalagi dengan mesin. Hutan lindung biasanya berada di hulu-hulu sungai atau *catchman area*. Kalau hutan ini rusak, terutama di kawasan tropika sangat besar risikonya karena mempengaruhi debit air sungai.

Degradasi tanah dapat terjadi sebagai akibat lanjut (dampak) dari peladangan berpindah dengan bera pendek. Menurut laporan Neraca Kependudukan dan Lingkungan-Hidup Daerah (NKLD) Sumatera Barat, praktek pertanian membuka lahan di perbukitan yang mempunyai kelerengan $>15\%$ untuk tanaman setahun, telah menimbulkan degradasi tanah yang cukup drastis. Ternyata sekitar 80% daerah perbukitan yang selama ini ditanami petani dengan tanaman setahun telah mengalami degradasi hebat, akibat erosi dan pembakaran biomassa hutan, semak belukar dan alang-alang. Akibat lebih lanjut dari degradasi tanah, adalah terjadinya lahan-lahan kritis seperti pada perbukitan bagian timur Singkarak Sumatera Barat (Ismal, 1997).

Upaya-upaya pemecahan masalah yang ditujukan untuk mendapatkan produksi yang tinggi secara berkelanjutan seharusnya dilakukan tanpa mengakibatkan kerusakan (degradasi) pada sumber daya. Dalam hal ini perlu diperhatikan fungsi tanah sebagai media tumbuh tanaman dan fungsi tanaman dalam meminimalisir kehilangan tanah, air dan hara. Pengembangan pertanian pada umumnya terpusat pada usaha intensifikasi produksi pertanian dan upaya mengatasi masalah lingkungan yang menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman. Upaya-upaya tersebut tanpa disadari telah menciptakan permasalahan lingkungan baru, sehingga masalah yang sebelumnya berskala lokal atau regional meningkat menjadi masalah nasional atau global yang akan mempengaruhi keberlanjutan produksi tanaman (Litbangtan, 2007).

2.3 Upaya Penanggulangan Dampak Negatif Lingkungan Pertanian

Menyadari dampak negatif pada tanah dari pertanian yang boros energi tersebut, maka berkembanglah pada akhir-akhir ini konsep pertanian organik, yang merupakan salah satu langkah untuk pemeliharaan kesuburan tanah, adalah dengan penggunaan kembali bahan organik. Walaupun penggunaan bahan organik sudah bukan bahan yang baru lagi, namun mengingat betapa pentingnya bahan organik dalam menunjang produktivitas tanaman dan sekaligus mempertahankan kondisi lahan yang produktif dan berkelanjutan, maka pembahasan terhadap bahan organik tidak henti-hentinya untuk dikaji.

Pengurangan penggunaan pupuk buatan/anorganik tanpa menurunkan produksi melalui upaya peningkatan efisiensi pemupukan merupakan langkah yang perlu dikembangkan. Dalam hal ini penggunaan pupuk organik yang ramah lingkungan dapat mengatasi kekurangan hara tanaman. Pada sistem pertanian dengan masukan rendah, bahan organik mutlak diperlukan dan pengadaannya tergantung pada masukan dari luar tanah seperti dari sisa-sisa hewan, tanaman dan manusia. Semakin canggih suatu sistem pertanian semakin berkurang ketergantungannya terhadap bahan organik tanah (BOT) (Atmojo, 2003).

Menjaga dan memelihara kesuburan tanah sangatlah penting, karena tanah adalah kehidupan. Bagian tanah yang dilindungi adalah bagian topsoil, tempat tanaman mengambil zat-zat yang diperlukan dengan melakukan pemulsaan menggunakan bahan-bahan setempat, seperti sisa-sisa panen, tebasan rumput, pangkasan tanaman pagar hidup dan sebagainya, dengan demikian tanah terlindungi, terpelihara dan dihidupkan. Mulsa yang lapuk akan menjadi pupuk organik. Melindungi tanah berarti juga melindungi beragam organisme yang mempunyai peranan penting dalam proses penyuburan tanah.

Pada tanah tropika basah, bahan organik merupakan pendukung yang penting untuk produksi tanaman pangan. Bahan organik ini akan membantu mengurangi besarnya erosi, mempertahankan kelembaban, mengendalikan pH, memperbaiki

drainase, mengurangi pengerasan dan retakan serta meningkatkan kapasitas pertukaran ion dan aktivitas biologi tanah (Safuan, 2002). Penambahan bahan organik secara kontiniu merupakan cara pengelolaan yang mudah dan murah. Namun demikian, produksi tanaman masih kurang optimum karena kandungan unsur hara yang rendah dan tidak tersedia dalam waktu pendek, serta sinkronisasi antara waktu pelepasan unsur hara dengan kebutuhan tanaman (Atmojo, 2003).

Pemberian bahan organik ke dalam tanah sering kali memberikan hasil yang kurang memuaskan, sehingga banyak petani tidak tertarik untuk melakukannya. Hal ini disebabkan kurangnya dasar pengetahuan dalam memilih jenis bahan organik yang tepat. Pemilihan jenis bahan organik sangat ditentukan oleh tujuan pemberian bahan organik tersebut. Tujuan pemberian bahan organik bisa untuk penambahan hara atau perbaikan sifat fisik seperti mempertahankan kelembaban tanah yaitu sebagai mulsa (Litbangtan, 2007). Seperti yang diperoleh oleh Muhsanati *et al.* (2017), penggunaan mulsa jerami tidak lebih baik dibandingkan dengan mulsa sintetis (MPHP) untuk pertumbuhan dan hasil bawang merah yang ditanam di daerah pesisir.

Pertimbangan pemilihan jenis bahan organik didasarkan pada kecepatan dekomposisi atau melapuknya. Bila bahan organik yang akan dipergunakan sebagai mulsa, maka jenis bahan organik yang dipilih adalah dari jenis yang lambat lapuk. Apabila digunakan untuk tujuan pemupukan bisa dari jenis yang lambat maupun yang cepat lapuk. Kecepatan pelapukan suatu jenis bahan organik ditentukan oleh kualitas bahan organik tersebut. Sedangkan kualitasnya ditetapkan dengan menggunakan seperangkat tolok ukur, dimana untuk setiap jenis unsur hara tolok ukur tersebut bisa berbeda-beda. Kualitas bahan organik yang berhubungan dengan penyediaan unsur N, ditentukan oleh kandungan N yang tinggi, konsentrasi lignin dan polifenol rendah. Kualitas bahan organik yang berhubungan dengan penyediaan unsur P ditentukan oleh konsentrasi P dalam bahan organik (nilai kritis kadar P dalam bahan organik adalah 0,25%). Sedangkan kualitas

bahan organik yang berhubungan dengan detoksifikasi Al, bahan organik tersebut harus mampu menetralkan pengaruh racun dari aluminium, sehingga menjadi tidak beracun lagi bagi akar tanaman (Litbangtan, 2007).

Salah satu cara pengelolaan yang dapat mempertahankan kesuburan tanah adalah dengan menanam tanaman tahunan (pepohonan) bersama-sama dengan tanaman semusim dalam sebidang lahan yang sama. Tanah sebagai media tumbuh akan dapat berfungsi secara optimal dalam memanfaatkan sumber daya yang ada seperti meminimalkan kehilangan tanah (erosi), air dan hara (Muhsanati, 2012). Tumpang sari antara tanaman semusim dengan tanaman tahunan/pepohonan dapat menyelamatkan unsur hara yang tercuci ke lapisan bawah karena perakaran tanaman pepohonan yang lebih dalam dapat menyerap unsur hara yang tercuci ke lapisan bawah. Penelitian yang telah dilakukan oleh Muhsanati *et al.* (2018), penanaman jahe diantara tanaman kopi pada berbagai jarak tanam di lahan perkebunan bukaan baru belum menunjukkan pengaruh interaksi karena pertumbuhan tanaman yang masih kecil serta jangka waktu penelitian yang singkat, tentunya untuk jangka panjang kondisi yang tersebut di atas akan tercapai.

Aplikasi rekayasa genetik untuk memproduksi dan meningkatkan kualitas *rhizobium*, *ectomycorrhizae* dan *endomycorrhizae* merupakan bioteknologi berprospek cerah. Rekayasa perakaran tanaman melalui teknologi biologi molekuler dapat meningkatkan penyerapan hara, dan simbiosis organisme pada akar. Bioteknologi jenis ini akan menghasilkan *biofertilizer* yang akan memberikan keuntungan ganda. Selain menghasilkan produk pertanian yang bersih lingkungan juga produknya diminati karena bebas dari kontaminasi polutan yang membahayakan kesehatan yang memakannya. Dapat dipahami bahwa bioteknologi ini akan menjamin kontinuitas produktivitas sumber daya alam hayati di dalam agroekosistem akuatik habitat.

Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) sebagai bentuk simbiosis antara akar tanaman dengan fungi tanah yang bersifat obligat, artinya

tidak mampu tumbuh dan berkembang biak bila tidak bersimbiosis dengan tanaman inang. Simbiosis yang terbentuk sangat ditentukan oleh interaksi (kesesuaian) antara tanaman inang dan jenis FMA. Setiap tanaman tidak akan sama jenis FMA yang dapat menginfeksi sistem perakarannya. Perbanyak inokulum FMA dapat menggunakan beberapa tanaman inang seperti jagung dan sorgum (Muhsanati & Thaib, 2016) selain kacang-kacangan, kapas dan asparagus.

Upaya mencari predator dan parasitoid hama-hama tertentu pada tanaman hortikultura (sayuran dan buah-buahan) merupakan harapan untuk dikembangkan lebih luas di era persaingan perdagangan global. Demikian juga halnya dengan penggunaan pestisida organik hasil bioteknologi yang *biodegradable* seperti *botanical pesticide* juga akan sangat berprospek baik di masa depan. Bioteknologi pemandulan hama dan rekayasa genetik menciptakan gen-gen letal adalah upaya yang sangat baik dalam usaha menuju pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*) yang menjadi acuan pertanian masa kini.

III. PENUTUP

Kebijakan dan praktek pertanian konvensional haruslah diubah menjadi kebijakan dan praktek pertanian berkelanjutan yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan produk pertanian dan pangan masa kini tanpa mengorbankan hak pemenuhan kebutuhan produk pertanian dan pangan generasi masa mendatang. Dengan demikian tantangan mendasar bagi pertanian berkelanjutan adalah bagaimana menggunakan sumber daya internal secara lebih baik dan efisien. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengurangi penggunaan input dari luar, dengan meregenerasi (*regenerate*) sumber daya internal secara lebih efektif, atau melalui kombinasi keduanya.

Tantangan berikutnya adalah bagaimana mewujudkan konsep pertanian berkelanjutan ini di tengah arus pembangunan yang masih menganaktirikan kelestarian daya dukung lingkungan, dan terlalu berorientasi pada pertumbuhan ekonomi secara membabi-butu. Untuk

menjembatani antara target pertumbuhan ekonomi dan kepentingan konservasi ekosistem, maka pertanian berkelanjutan harus dapat memproduksi produk/komoditas pertanian secara optimal dengan tidak merusak daya dukung dan kualitas lingkungan, serta dapat memelihara atau meningkatkan kesejahteraan petani secara berkelanjutan. Prinsip ini hendaknya diterapkan di seluruh rantai agribisnis, mulai dari subsistem produksi sampai subsistem pemasaran.

REFERENSI

- Atmojo, SW. 2003. Peranan bahan organik terhadap kesuburan tanah dan upaya pengelolaannya. Pidato Sidang Pengukuhan Guru Besar Suntoro Wongso Atmojo. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. www.suntoro.staff.uns.ac.id.
- Ismal G. 1996. Agroekosistem kawasan tropika, tantangan dan harapan dunia pertanian. Grasindo. Jakarta.
- Litbangtan, 2007. Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. Jurnal Litbang Pertanian, 26 (4) hal : 63-100
- Muhsanati, 2012. Lingkungan fisik tanaman dan agroekosistem – menuju sistem pertanian berkelanjutan. Andalas University Press. Padang. 171 hal.
- Muhsanati & Thaib R. 2016. Efektivitas Tanaman Sorghum (*Sorghum sp* L.) dalam Proses perbanyakan inokulan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA). Laporan Penelitian DIPA. Fakultas Pertanian, Unand. Padang. 32 hal.
- Muhsanati, Dwipa I & Akhir N. 2017. Pemakaian beberapa jenis mulsa dan jarak tanam bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) pada daerah pesisir pantai. Laporan Penelitian PNBPF Fakultas Pertanian, Unand. Padang. 25 hal.
- Muhsanati, Ardi & Akhir N. 2018. Pengaturan jarak tanam jahe sebagai tanaman sela pada lahan perkebunan kopi bukaan baru.

Laporan Penelitian PNBK Fakultas Pertanian, Unand. Padang. 22 hal.

Safuan, L O. 2002. Kendala pertanian lahan kering masam daerah tropika dan cara pengelolaannya. <http://tumoutou.net/702-05123/laode-safuan.html>.

Sekuestrasi Bahan Organik: Kunci Utama Pelestarian Lingkungan dan Pertanian di Daerah Tropis Basah

Yulnafatmawita

*Guru Besar Fisika Tanah dan Lingkungan pada Jurusan Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang
e-mail: yulnafatmawita@agr.unand.ac.id; yulna_fatmawita@yahoo.com*

PENDAHULUAN

1.1 Karakteristik Lingkungan Tropis Basah

Iklim. Secara geografis, Indonesia terletak di antara 6° LU dan 11° LS antara 95° -114° BT. Oleh karena itu, Indonesia termasuk negara tropis dengan suhu tinggi ($> 18^{\circ}\text{C}$), kelembaban tinggi ($> 70\%$ setiap hari) sepanjang tahun. Berdasarkan Koppen, Indonesia termasuk dalam kawasan tropis basah (memiliki simbol "A"), dan menerima curah hujan $> 1500\text{ mm}$ setiap tahun. Daerah di pulau Sumatera dan Jawa umumnya memiliki iklim tipe Af (sangat basah), sedangkan daerah dengan curah hujan $> 103\text{ inci}$ ($> 2600\text{ mm}$) per tahun telah dianggap sebagai daerah tropis yang sangat basah. Oleh karena itu, beberapa daerah di Sumatra Barat menerima curah hujan $> 5000\text{ mm}$ setiap tahun dianggap sebagai iklim Hutan Hujan Tropis Super Basah (*Super wet tropical rainforest*).

Topografi. Indonesia memiliki banyak gunung berapi yang ditemukan hampir di setiap pulau besar, seperti pegunungan Bukit Barisan yang terhampar dari utara sampai selatan pulau Sumatera. Pegunungan ini sebagian besar menempati bagian barat pulau Sumatera. Oleh karena itu, topografi di bahagian barat pulau Sumatra, seperti Sumatera Barat, berkisar dari bergelombang sampai berbukit bahkan bergunung. Jadi sebagian besar wilayah Sumatera Barat didominasi oleh lereng yang sedang hingga sangat curam.

Kemiringan lahan yang curam hingga sangat curam sebagian besar ditemukan di bagian hulu atau bahkan di bagian tengah suatu daerah aliran sungai (DAS). Daerah ini tidak diperbolehkan dibuka untuk semua jenis penggunaan lahan, kecuali harus tetap dihutankan seperti alamnya karena berperan sebagai pengatur hidrologi DAS tersebut, terutama untuk daerah bagian tengah dan bawahnya. Daerah yang boleh dibuka untuk lahan pertanian tanaman semusim yaitu lahan dengan lereng $<15\%$. Sedangkan untuk lereng yang lebih curam ($15-45\%$) harus diterapkan tindakan konservasi, dan lereng $> 45\%$ harus dihutankan secara permanen.

1.2 Masalah Umum di Daerah Tropis Basah

Tidak seperti di negara maju, penduduk di negara berkembang mempunyai pemikiran yang singkat tentang kehidupan. Mereka hanya berpikir apa yang bisa mereka makan hari ini, terutama bagi masyarakat kurang mampu, bukan apa yang akan terjadi nanti karena aktivitas mereka. Sedangkan orang kaya hanya mengumpulkan sebanyak mungkin keuntungan untuk pribadi mereka sendiri tanpa mempertimbangkan risiko yang menunggu mereka, masyarakat banyak, serta anak cucunya di masa depan. Salah satu contoh yaitu eksploitasi sumber daya lahan yang berlebihan.

Deforestasi. Deforestasi yaitu tindakan pengebangan hutan. Beberapa masalah yang ditemukan akhir-akhir ini di daerah tropis akibat deforestasi yaitu erosi, longsor, banjir bandang, dan galodo. Jenis-jenis bencana alam ini tidak hanya disebabkan oleh iklim (curah hujan yang tinggi) dan topografi (yang berbukit hingga bergunung-gunung dengan kemiringan curam) di lingkungan tropis, tetapi juga disebabkan oleh hutan yang dikelola tidak sesuai dengan kaidah konservasi. Salah satu pemicu bencana tersebut yaitu akibat deforestasi seperti *illegal logging* yang sering terjadi beberapa dekade terakhir ini.

Deforestasi di bagian hulu DAS (daerah aliran sungai) menyebabkan rendahnya simpanan air di DAS tersebut yang akan dialirkan ke sungai sepanjang tahun. Hal ini disebabkan karena tanah

yang terbuka akan mudah hancur oleh energi kinetik curah hujan yang langsung mengenai tanah, pori tanah akan tersumbat, maka air hujan lebih banyak mengalir di permukaan (*runoff*) daripada masuk ke dalam profil tanah (infiltrasi). Jadi ketika hujan lebat, air hujan yang seharusnya tersimpan sebagai cadangan dalam tanah hampir semuanya masuk ke sungai sehingga terjadi banjir di musim hujan karena melebihi kapasitas sungai. Sementara, rendahnya air yang masuk ke dalam tanah pada saat hujan menyebabkan cadangan air pada hulu DAS juga rendah sehingga air yang akan dikeluarkan pada musim kemarau menjadi terbatas. Oleh sebab itu, deforestasi DAS bagian hulu akan menyebabkan banjir dan erosi pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau.

Disisi lain, deforestasi menyebabkan peningkatan CO₂ udara menjadi dua kali lipat. Hal ini disebabkan karena CO₂ akan terbebas ke udara ketika tanaman yang dibabat, dibakar, ataupun terlapuk. Tambahan lagi, vegetasi hutan yang sudah habis menyebabkan hilangnya mesin penyerap CO₂ atmosfer atau pembersih udara yang mengubah CO₂ menjadi O₂. Gas CO₂ merupakan salah satu gas rumah kaca (GRK) yang memberikan sumbangan terbesar bagi proses pemanasan global, dibanding 5 macam gas lainnya (CH₄, HFC, PFC, N₂O, SF₆). Dari 6 macam GRK, 4 berasal dari karbon (CO₂, CH₄, HFC, PFC) dan 3 bisa berasal dari praktek pertanian (CO₂, CH₄, dan N₂O) (Yulnafatmawita, 2005).

Erosi. Erosi merupakan sebagai masalah tanah terburuk di dunia. Hal ini disebabkan karena erosi tidak hanya menurunkan kualitas tanah pada sumber erosi, tetapi juga daerah alirannya. Partikel tanah yang terkikis oleh erosi akan mengendap di daerah yang lebih rendah, seperti cekungan, sungai, waduk, maupun danau dan laut. Endapan tanah (sedimen) ini akan mendangkalkan tubuh air tersebut. Berdasarkan Yulnafatmawita *et al.* (2013a) bahwa jumlah erosi pada Ultisols Limau Manis di bawah penanaman jagung dapat mencapai 1,69 t/ha/th pada lereng 25%, dan hanya 0,42 t /ha/th pada lereng 3%. Dengan menggunakan tithonia sebagai pagar lereng, erosi pada Ultisol yang ditanami jagung dapat berkurang dari 1,4 t / ha

menjadi 0,75 t / ha selama 3 bulan (Januari-April, 2011) di bawah kemiringan 8% (Yulnafatmawita *et al.*, 2017a). Tanah yang tererosi mengandung BO dan hara tanaman yang tinggi, seperti 0,39 N kg/ha, 0,51 kg K/ha, 0,75 kg Ca/ha dan 1,10 kg Mg/ha (Yulnafatmawita *et al.*, 2013a).

Kebanjiran Musim Hujan dan kekeringan Musim Kemarau. Dampak erosi dapat menyebabkan lahan kritis baik *in situ* maupun *ex situ*. Erosi menurunkan kesuburan tanah melalui perubahan tekstur tanah, penurunan kandungan BOT dan unsur hara, dan lainnya. Sebagai akibatnya, tingkat produktivitas tanah pada lokasi terjadinya erosi (*in situ*) menurun dalam waktu yang singkat. Untuk waktu yang lebih lama, erosi akan menyebabkan banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau di daerah hilirnya (*ex situ*).

Ada beberapa indikator yang dapat dilihat pada DAS bahagian hilir jika DAS bahagian hulu sudah mengalami masalah. Indikator pertama yaitu melalui fluktuasi debit air sungai. Jika terjadi perbedaan debit sungai yang signifikan antara musim kemarau dan musim hujan, itu berarti DAS bagian hulu sudah bermasalah. Indikator kedua adalah perbedaan warna air sungai antara hari hujan dan tidak hujan. Ketika hari tidak hujan warna air sungai bersih dan jernih, sedangkan pada hari hujan warnanya berubah dari kuning sampai coklat. Warna keruh atau kuning kecokelatan tersebut mengindikasikan bahwa air membawa bahan tanah yang tererosi dari DAS bagian atas. Kedua indikator ini sudah terlihat dari DAS Kuranji, DAS tempat Unand berada. Oleh karena itu, perlu dicari cara terbaik untuk mengatasi masalah tersebut.

Longsor. Masalah tanah lain selain erosi adalah tanah longsor. Bencana alam tanah longsor ini bisa disebabkan oleh pergerakan tanah akibat curah hujan yang tinggi. Tanah jenuh di lapisan atas akibat curah hujan menyebabkan tanah bagian bawah tidak mampu menahannya, apalagi jika tanah memiliki lapisan padas dan licin di bawah permukaan tanah.

Bencana tanah longsor dapat terjadi secara alami atau akibat aktivitas manusia. Kesalahan pengelolaan sebidang tanah, baik oleh petani ataupun oleh pembuat kebijakan, dapat menyebabkan degradasi lahan dan lingkungan. Bencana alam murni juga dapat terjadi, terutama di daerah dengan curah hujan tinggi seperti di daerah Sumbar.

Banjir Bandang. Bencana alam lain yang bisa terjadi adalah banjir bandang. Seperti tanah longsor, banjir bandang juga terjadi di daerah dengan curah hujan tinggi. Banjir bandang terutama ditemukan di daerah yang hulu DAS nya sudah rusak akibat pengebangan hutan, atau akibat perubahan penggunaan lahan dari hutan menjadi penggunaan lain, seperti untuk pertanian, perumahan, bangunan, industri, dll. Banjir bandang ini datang secara tiba-tiba dan melanda DAS bagian hilirnya, sehingga orang akan kehilangan harta benda, seperti lahan, ternak, rumah, dan bahkan nyawa.

II. MASALAH TANAH DI DAERAH TROPIS BASAH

Ada beberapa masalah tanah yang ditemukan di daerah tropis basah. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor internal tanah itu sendiri (ordo tanah) atau faktor lingkungan dan pengelolaan yang diberikan kepada tanah dan lahan.

a. Faktor Internal Tanah

Tingkat Pelapukan Tanah. Berdasarkan taksonomi Tanah USDA, tanah di daerah tropis basah didominasi oleh tanah bertekstur liat karena dipengaruhi oleh suhu dan curah hujan yang tinggi sepanjang tahun. Hal ini disebabkan karena tanahnya sudah mengalami pelapukan lanjut seperti Ultisol, Oxisols. Namun, ada beberapa ordo tanah yang masih baru atau sedang berkembang. Tanah yang baru terbentuk disebabkan oleh adanya endapan bahan induk tanah yang baru seperti akibat letusan gunung berapi, sedimentasi dari sungai, danau, atau lautan. Ordo tanah dari bahan induk berupa endapan baru ini diklasifikasikan sebagai Entisols. Sedangkan tanah yang sedang berkembang termasuk ordo Inceptisols dan Andisols.

Lima ordo tanah ini (*Ultisols*, *Oxisols*, *Andisols*, *Inceptisols*, and *Entisols*) merupakan ordo tanah utama yang berasal dari bahan mineral di Sumatera Barat.

Ultisols adalah jenis ordo tanah berdasarkan taksonomi USDA yang memiliki kesuburan rendah tetapi sangat luas di Indonesia. Tanah ini memiliki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah yang kurang baik. Contoh tanah berordo Ultisol dari Limau Manis memiliki kandungan liat yang sangat tinggi, mencapai >70% partikel liat dan kandungan BO rendah (<2%) pada lapisan 20 cm permukaan tanah (Yulnafatmawita *et al.*, 2014). Yulnafatmawita *et al.* (2013b) melaporkan bahwa stabilitas agregat tanah berordo Ultisol termasuk rendah atau kurang stabil. Tanah ini tidak memiliki proporsi yang seimbang antara pori makro dan mikro. Persentase mikropori jauh lebih tinggi dari pada makropori, sehingga air ditahan sangat kuat oleh partikel tanah, melebihi kemampuan akar tanaman untuk mengekstraknya. Oleh karena itu, perlu keseimbangan pori makro yang berisi udara dengan pori mikro yang berisi air di zona perakaran tanaman untuk pertumbuhan tanaman yang baik. Salah satu usaha yang bisa dilakukan yaitu dengan penambahan agen pengikat butir dan pementap agregat ke dalam tanah secara reguler, seperti BO.

Selain sifat fisik tanah yang jelek, Ultisol juga mempunyai sifat kimia tanah yang tidak menguntungkan (pH, KTK, dan kandungan hara rendah, serta kelarutan unsur beracun seperti Al tinggi). Masalah kimia tanah ini juga dapat diatasi dengan aplikasi BO. Bahan organik dapat mengikat unsur beracun sehingga tidak tersedia bagi tanaman.

Oxisols. Oxisols termasuk tanah mineral yang sudah mengalami pelapukan lanjut dan mengandung unsur Fe yang relatif tinggi. Tanah ini juga memiliki kandungan partikel liat yang tinggi, seperti Oxisol Pasar Minggu mencapai 86-91% (Tan, 2008), tetapi aerasi dan drainase tanahnya lebih baik dari Ultisol. Oxisol yang memiliki kandungan BO yang tinggi akan memiliki agregat tanah yang sangat stabil karena kompleks organo-logam (*chelation* antara BO dan Fe). Agregat tanah yang stabil menyebabkan Oxisols tidak memiliki banyak masalah

dengan sifat fisiknya. Namun, sifat kimia tanahnya cukup buruk, karena memiliki pH, KTK, dan hara yang rendah.

Inceptisols. Inceptisols adalah salah satu ordo tanah mineral yang sedang berkembang. Ordo ini memiliki tekstur tanah sedang hingga halus, pH rendah, KTK rendah, dan sebagian besar mengandung BO yang rendah. Tanah ini termasuk tanah masam dan kurang subur. Tanah jenis ini banyak dimanfaatkan sebagai lahan pertanian, seperti kebun teh dan hortikultura di daerah Solok.

Andisols. Andisols merupakan tanah mineral lain yang dominan di Sumatera Barat yang beriklim tropis. Andisols (berasal dari kata *Ando*=hitam, *soil*=tanah) bahan induk tanahnya berasal dari abu vulkanik. Karena Sumatera Barat memiliki banyak gunung berapi yang masih, maka daerah ini masih memiliki tanah yang baru dan relatif baru terbentuk dibanding Ultisols dan Oxisols. Tanah Andisols ini banyak ditemukan di dataran tinggi, di dekat atau di sekitar gunung berapi. Tanah ini dikenal sebagai tanah paling subur di daerah tropis basah dan memiliki sifat fisika yang bagus. Andisol memiliki tekstur sedang (lempung), struktur remah, agregat stabil, pori makro dan mikro seimbang, kandungan BO tinggi, warna hitam, KTK tinggi, tetapi masih memiliki pH rendah dan kapasitas retensi tinggi, terutama unsur P. Secara keseluruhan, Andisols adalah tanah terbaik untuk pertanian di daerah tropis basah.

Entisols. Tidak seperti Ultisol, Entisols merupakan tanah yang baru terbentuk dan pada umumnya mempunyai tekstur yang kasar. Tanah ini sebagian besar ditemukan di sepanjang pantai, dekat sungai, atau di sekitar gunung berapi aktif. Entisols bisa mempunyai tekstur kasar maupun halus, sangat tergantung pada sumber material yang didepositkan. Tanah bertekstur kasar atau tanah berpasir termasuk tanah sub optimal atau bermasalah karena lebih sedikit mikropori yang dibutuhkan untuk menahan air bagi pertumbuhan tanaman. Tanah ini memiliki tingkat infiltrasi dan permeabilitas yang sangat tinggi. Karena itu, hara tanah rentan terhadap pencucian. Kandungan partikel liat yang kurang menyebabkan KTK tanah sangat rendah. Sebagai akibatnya, tanah memiliki sifat fisika tanah yang kurang

menguntungkan (retensi air rendah) dan sifat kimia (kandungan hara dan KTK) serta kandungan BOT rendah. Oleh karena itu, ordo tanah ini tidak digunakan untuk tujuan pertanian, kecuali setelah direhabilitasi atau bagi tanaman toleran kering seperti tanaman buah naga. Salah satu faktor yang dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah berpasir dengan mudah dan murah adalah dengan menambahkan BO. Sebaliknya, tanah endapan (Entisol) di sepanjang sungai biasanya bertekstur halus. Tanah ini bisa disawahkan, seperti Entisols (Alluvial) di Lubuk Alung.

Tanah dengan sifat fisika yang jelek, seperti tekstur terlalu halus atau terlalu kasar, laju infiltrasi dan permeabilitas sangat rendah atau sangat tinggi, agregat tidak stabil, kandungan BO rendah, peka terhadap erosi dan bencana alam lainnya, terutama di Sumbar dengan curah hujan yang tinggi dan topografi yang bergelombang sampai bergunung. Tanah tersebut perlu dibenahi sifat fisiknya untuk mengurangi bencana alam yang merusak lingkungan serta meningkatkan produktivitasnya dengan menambahkan BO, karena BO dapat meningkatkan retensi air tanah bagi tanah berpasir dan meningkatkan aerasi bagi tanah berliat.

Kandungan BOT rendah. Kandungan bahan organik tanah daerah tropis umumnya cukup rendah, meskipun produksi BO tinggi sepanjang tahun. Hal ini dipengaruhi diantaranya oleh iklim, tekstur tanah, drainase tanah, perubahan penggunaan lahan, dan pengelolaan yang diberikan kepada tanah. Pengolahan tanah yang intensif dalam usaha pertanian merupakan faktor terpenting dalam menurunkan BOT. Pengolahan tanah memberikan kondisi fisika tanah yang kondusif bagi fauna dan flora tanah untuk meombak BO. Berdasarkan Yulnafatmawita (2005), emisi CO₂ sebagai hasil dekomposisi BO dalam praktek pengolahan tanah, meningkat dengan peningkatan intensitas pengolahan tanah, suhu, dan kadar air tanah.

Yulnafatmawita *et al.* (2014) melaporkan bahwa Ultisol Limau Manis memiliki kandungan BO yang rendah (1.92 %). Yasin & Yulnafatmawita (2018) mendapatkan peningkatan kandungan BOT dari 4.23% menjadi 5.62% dengan menurunnya posisi lereng dari atas

ke daerah bawah lereng pada perkebunan kelapa sawit di daerah tropis basah. Di kota Padang, Yulnafatmawita & Yasin (2018) memperoleh dari beberapa jenis penggunaan lahan yang dianalisis, sawah memiliki cadangan BO terendah dan kebun campuran tertinggi pada kedalaman 0-40 cm dari permukaan tanah.

Kandungan bahan organik tanah pada hutan primer di wilayah tropis basah masih rendah, bahkan lebih rendah dari padang rumput. Hal ini dibuktikan oleh Yulnafatmawita *et al.* (2015) yaitu kandungan BO di hutan primer di puncak dan lereng tengah Bukit Pinang-Pinang yang menerima curah hujan >5.000 mm per tahun yaitu 5.92%, sedangkan di kebun campuran mencapai 9.76% . Hal ini disebabkan karena suhu rendah dan kadar air tanah yang tinggi di bawah kanopi hutan, sehingga sisa tanaman yang jatuh tertumpuk di permukaan tanah dalam waktu yang lama dalam bentuk serasah, bukan BO tanah. Yulnafatmawita (2005) juga menemukan bahwa dekomposisi BOT lebih rendah di bawah suhu dan kelembaban tinggi atau suhu tinggi dan kelembaban sangat rendah, serta pada suhu dan kelembaban rendah.

Jika dibandingkan dengan lahan tanaman semusim, kandungan BOT di bawah hutan lebih tinggi dari di bawah lahan jagung sebesar 0.05% pada Ultisol, 0.66% pada Oxisol, 1.88% pada Inceptisol di daerah tropis basah Lima Kabupaten Pulu Kota, Sumatera Barat (Yulnafatmawita *et al.*, 2018b). Kemudian, mereka menjelaskan bahwa kandungan BOT di hutan dan di lahan jagung didominasi (> 50%) oleh BO partikulat (BOP), yaitu BO yang rentan terhadap degradasi oleh kegiatan budidaya.

Bahan organik dalam tanah bersifat sangat dinamis, mudah berubah dengan waktu dan energi input yang diberikan ke lahan. Perubahan penggunaan lahan (*land use change*=LUC), terutama dari hutan menjadi lahan pertanian tanaman semusim cenderung menurunkan kandungan BOT. Yulnafatmawita (2005) melaporkan bahwa LUC dari hutan menjadi padang rumput pada tanah Ferrosol (~Oxisols) menurunkan C-organik tanah sebesar 19% (dari 6.9% menjadi 5.6%) dan N-total tanah sebesar 16% (dari 0.63 menjadi 0.53%)

di daerah sedang. Kandungan BO berkorelasi kuat dengan stabilitas agregat tanah (Yulnafatmawita *et al.*, 2013b); Yulnafatmawita & Adrinal, 2014).

Erodibilitas tinggi. Erodibilitas tanah merupakan kemampuan tanah untuk menahan erosi, apakah suatu tanah mudah tererosi atau tidak. Erodibilitas tanah dipengaruhi oleh sifat tanah itu sendiri, diantaranya tingkat erodibilitas tanah, seperti kandungan BO, struktur, permeabilitas, dan tekstur tanah.

Tanah yang memiliki cadangan BO tinggi memiliki kemampuan tinggi untuk mencegah erosi. Hal ini disebabkan karena BO mampu menciptakan struktur tanah yang remah dan menstabilkannya. Struktur remah memiliki distribusi ukuran pori seimbang antara pori mikro (untuk meretensi air) dan makro (untuk meloloskan air). Oleh karena itu, tanah memiliki cukup air bagi keperluan pertumbuhan tanaman, aerasi (sirkulasi udara antara atmosfer luar dan dalam tanah) lancar, dan drainase (proses pembuangan kelebihan air dari profil tanah) juga baik. Aerasi yang baik berarti cukup O_2 yang masuk ke dalam dan kelebihan CO_2 keluar dari tanah. Kondisi ini memberikan rizosfer yang kondusif bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu, agregat tanah yang diikat oleh BO membentuk struktur tanah yang cukup stabil terhadap pembasahan secara tiba-tiba, seperti akibat curah hujan. Oleh karena itu, jumlah hujan yang jatuh ke permukaan tanah dapat terus masuk ke dalam profil tanah. Hal ini berarti jumlah curah hujan yang mengalir pada permukaan tanah (*run off*) bisa diperkecil dan akibatnya erosi bisa dikendalikan.

Kemudian, laju permeabilitas juga mempengaruhi nilai erodibilitas tanah. Semakin tinggi laju permeabilitas tanah semakin tinggi kemampuan tanah melawan erosi. Hal ini disebabkan karena laju permeabilitas yang tinggi berarti pergerakan air yang cepat di dalam tanah, dan akibatnya laju air masuk ke dalam profil tanah (infiltrasi) juga tinggi. Infiltrasi yang tinggi menurunkan bahkan mampu mengeliminasi erosi. Laju permeabilitas yang tinggi dapat ditemukan pada tanah yang memiliki agregat stabil dan struktur tipe remah.

Selanjutnya, sifat fisika tanah yang mempengaruhi erodibilitas tanah adalah tekstur tanah. Tanah yang memiliki partikel terlalu kasar akan sulit tererosi, karena partikel pasir terlalu berat untuk tersuspensi dalam air, sedangkan partikel liat yang tidak tergabung dalam agregat yang stabil akan terdispersi dan mengalir bersama *run off* menuju daerah yang lebih rendah. Jadi agregat yang membentuk struktur yang remah dan stabil dalam air perlu diciptakan. Hal ini bisa dilakukan dengan peningkatan kandungan BOT.

2.2 Faktor Lingkungan

Iklim. Faktor iklim utama yang mempengaruhi produktivitas lahan di daerah tropis adalah suhu dan curah hujan. Suhu tinggi dan kadar air tanah yang cukup di daerah tropis basah telah meningkatkan proses pelapukan tanah serta dekomposisi BOT. Tipe iklim ini akan menghasilkan tanah bersolum dalam (tebal), tekstur halus, dan kandungan BOT rendah. Tanah ini akan sangat peka terdegradasi karena curah hujan yang tinggi, jika lahan dibuka atau tanpa vegetasi diatasnya.

Curah hujan yang tinggi di daerah tropis telah menyebabkan tanah bereaksi masam atau ber-pH rendah. Air hujan yang masuk ke dalam profil tanah akan mencuci kation-kation basa pada zona perakaran tanaman. Sehingga pada kompleks jerapan dan larutan tanah hanya tertinggal unsur penyebab kemasaman tanah seperti Al yang bervalensi tinggi dan H yang bervalensi rendah. Jadi, baik secara fisika maupun kimia, tanah-tanah di Indonesia termasuk tanah bermasalah (*sub optimal*).

Iklim merupakan faktor eksternal yang tidak bisa diubah oleh manusia, tetapi bisa diatasi agar tidak menurunkan produktifitas. Untuk Indonesia, iklim tidak menjadi kendala, karena daerah tropis sehingga bisa ditanami sepanjang tahun.

Topografi. Kondisi topografi sebagian besar tanah di Sumatra Barat termasuk bergelombang sampai bergunung yang didominasi oleh lereng yang curam sampai sangat curam. Tanah ini sangat peka terhadap erosi ketika dibuka untuk keperluan pertanian dan lainnya,

karena tanahnya dengan kandungan BO yang rendah akan mudah terdegradasi, terdispersi, tersuspensi, dan akhirnya hanyut bersama *run off*. Oleh sebab itu, lahan dengan lereng curam harus dipertahankan dengan vegetasi asli (hutan) dan tidak boleh dibuka. Pada lereng yang landai (*slope* <15%) lahan boleh dibuka untuk pertanian dan lainnya dengan menerapkan sistem konservasi, seperti mengurangi panjang lereng dengan pembuatan teras, budidaya lorong (*alley cropping*), dan sebagainya.

2.4 Faktor Manajemen

Manajemen yang dilakukan manusia dalam mengelola lahan akan menentukan tingkat kelestarian (*sustainability*) lahan dan lingkungannya. Pemanfaatan lahan yang melebihi daya dukungnya (*land capability*) serta pengelolaan yang tidak sesuai dengan kaidah konservasi akan mempercepat proses degradasi lahan. Pengolahan tanah dalam mempersiapkan lahan bagi pertumbuhan tanaman akan mempengaruhi sifat fisika tanah. Dalam jangka pendek, pengolahan tanah bisa menggemburkan tanah, meningkatkan aerasi dan drainase, serta memudahkan akar tanaman menembus dan menjelajahi tanah dalam mencari unsur hara. Di samping itu, pengolahan tanah akan membuang gulma yang sering menjadi inang bagi organisme pengganggu tanaman (OPT). Akan tetapi, dalam jangka panjang pengolahan tanah yang intensif berpengaruh negatif bagi sifat fisika tanah, dan bahkan bisa memadatkan tanah.

Pengolahan tanah yang intensif menyebabkan banyak bagian tanah yang terekspos ke udara dan organisme perombak di dalam tanah. Sehingga organisme tanah menjadi mudah memanfaatkan BOT yang awalnya terproteksi secara fisik dalam pori mikro tanah. Oleh sebab itu, ketika BOT terdekomposisi maka agregat tanah akan hancur menjadi agregat kecil ataupun terdispersi menjadi butir tunggal, jika pengolahan secara intensif terus berlanjut. Agregat tanah yang kecil atau butir tunggal tanah akan mengisi pori tanah sehingga tersumbat, sehingga pada saat hujan turun, laju infiltrasi akan sangat rendah

sebaliknya laju *run off* akan semakin tinggi yang mampu mengikis dan menghanyutkan partikel tanah (erosi).

Selanjutnya, penggunaan bahan kimia pertanian, seperti pupuk dan pestisida sintetis diharapkan dapat meningkatkan produksi biomasa dan hasil. Akan tetapi, pemakaian bahan kimia yang tidak tepat dapat menurunkan kualitas tanah. Pupuk N dalam bentuk ZA ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) misalnya mampu menurunkan pH tanah. Nilai pH tanah yang rendah menurunkan aktivitas mikroba tanah. Tanah tanpa mikroba merupakan tanah yang seolah-olah tanah mati, karena tanah menjadi padat, akibatnya akar tanaman sukar berkembang. Kemudian, pH tanah yang rendah akan meningkatkan kelarutan zat yang bersifat racun bagi tanaman (seperti Al). Di samping itu, penggunaan pestisida sintetis akan meninggalkan residu logam berat di dalam tanah. Jika logam berat diserap tanaman, maka kualitas produk pertanian menurun, serta kesehatan manusia yang mengonsumsinya jadi terganggu.

Penurunan sifat fisika tanah seperti pemadatan akibat pengolahan tanah yang intensif atau akibat penggunaan pupuk yang tidak sesuai, serta terakumulasinya residu pestisida dalam tanah bisa diatasi dengan penambahan BO ke dalam tanah. Bahan organik akan menggemburkan tanah melalui aktivitas organisme tanah yang intensif dan pembentukan agregat yang mantap dan struktur yang remah. Selanjutnya, BO juga berperan dalam mengikat (mengkhelat) logam berat yang terakumulasi oleh pemakaian pestisida sehingga tidak bisa diambil tanaman.

III. SEKUESTRASI BAHAN ORGANIK

3.1 Apa itu Sekuestrasi BO dan Kenapa Penting?

Bahan organik tanah adalah senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, baik yang berasal dari jaringan tumbuhan ataupun hewan kecuali yang masih segar. Bahan organik umumnya ditemukan di lapisan tanah atas (*top soil*), jumlahnya tidak banyak, umumnya sekitar 3-5%, tetapi berpengaruh besar terhadap sifat dan kualitas tanah. Oleh

sebab itu, BO harus dipertahankan dalam tanah di atas batas minimumnya.

Sekuestrasi bahan organik merupakan upaya penyimpanan BO baik di dalam tanah, biomassa tanaman, ataupun di dalam laut. Dengan kata lain, sekuestrasi BO adalah upaya untuk mengurangi emisi C ke atmosfer dalam beberapa bentuk seperti CO₂, CH₄, HFC, PFC. Disamping itu, sekuestrasi BO juga merupakan usaha untuk meningkatkan cadangan BO dengan menarik CO₂ udara oleh tanaman menjadi BO dalam proses fotosintesis. Karena, konsentrasi C yang tinggi di atmosfer bumi akan menyebabkan pemanasan global. Jadi 4 (CO₂, CH₄, HFC, PFC) dari 6 gas rumah kaca yang disampaikan dalam Kyoto Protokol tahun 1997 berasal dari senyawa carbon.

Tanah merupakan tempat penyimpanan C terbesar yang dapat ditemukan di daratan. Berdasarkan Jimenez & Lal (2006) jumlah C yang disimpan dalam ekosistem daratan adalah yang terbesar, yaitu sekitar 2.344 Pg C organik tanah (SOC) pada profil tanah sampai kedalaman 3 m, dan sekitar 30% dari jumlah tersebut ditemukan di tanah tropis. Menurut Lal *et al.* (2018) prediksi jumlah C tersimpan yaitu 155 Pg dalam tanaman dan 178 Pg dalam tanah pada tahun 2100. Jumlah ini sama dengan penarikan 156 ppm CO₂ dari atmosfer.

Selama 150 tahun terakhir, jumlah CO₂ di atmosfer telah meningkat 30%. Konsentrasi CO₂ atmosfer telah meningkat dari 278 ppm 1750-an menjadi 405,5 ppm pada tahun 2017 (WMO, 2018). Emisi C bisa berasal dari aktivitas industri, transportasi, deforestasi, dan juga dari aktivitas pertanian, seperti dalam proses pengolahan tanah. Dua bentuk C yang diemisikan dari lahan pertanian yaitu CO₂ (dari lahan kering) dan CH₄ (dari lahan basah). Keduanya akan meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer bumi. Oleh sebab itu, kita perlu mengambil lagi (sekuestrasi) C udara tersebut dengan cara memperbanyak menanam tanaman/vegetasi di permukaan tanah. Jangan biarkan ada permukaan tanah yang terbuka tanpa vegetasi. Vegetasi membutuhkan CO₂ dari udara dan air dari tanah serta cahaya untuk melakukan proses fotosintesis. Semakin banyak vegetasi di permukaan bumi, maka semakin banyak juga

pengurangan CO₂ di atmosfer dan semakin banyak oksigen dihasilkan yang menyebabkan udara semakin bersih. Tanah berpotensi menarik CO₂ udara melalui tanaman sebesar ~84 ppm dari udara (Lal, 2018).

Bahan organik adalah bagian dari bahan padat penyusun tanah yang berfungsi sebagai pembenah (*amelioran*) tanah. Hal ini disebabkan karena BO mampu meningkatkan kesuburan tanah, terutama sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Di samping itu, bahan organik juga menentukan tingkat kesehatan tanah. Semakin tinggi kandungan BO di dalam tanah semakin baik kualitas dan kesehatan tanah. Lal (2019) menyatakan bahwa sekuestrasi C di dalam tanah mampu meningkatkan produksi pertanian, sumber/cadangan air, serta mempertahankan keragaman hayati.

3.2 Bagaimana Pengaruh BO Terhadap Sifat Tanah?

Bagi Sifat Fisik Tanah. Bahan organik berperan menciptakan dan menstabilkan agregat tanah, menurunkan kepadatan tanah (BV), meningkatkan total ruang pori, laju infiltrasi, dan permeabilitas tanah. Agregat tanah yang dibantu oleh BO sebagai bahan pengikat bersifat stabil terhadap pembasahan atau tidak mudah terdegradasi maupun terdispersi. Oleh karena itu, pori makro dan mikro tanah tetap bertahan dalam kondisi seimbang. Pori atau rongga tersebut dapat menahan air (dalam pori mikro) untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta mengalirkan kelebihan air (melalui pori makro) dari permukaan tanah ke tempat yang lebih dalam profil tanah.

Kemudian, BO sangat bermanfaat untuk memperbaiki sifat fisik tanah bertekstur sangat kasar (pasir) dan sangat halus (liat). Pada tanah berpasir, BO berfungsi untuk menggabungkan partikel tanah (pasir) menjadi domain agregat, walaupun domain ini tidak cukup kuat karena tidak ada atau sangat sedikit jumlah koloid liat yang berfungsi untuk saling menempelkan partikel seperti pada tanah berliat. Oleh karena itu, persentase pori makro yang dominan di tanah berpasir akan berkurang dan pori mikro meningkat. Hal ini berarti jumlah air yang tertahan dan tersedia untuk pertumbuhan tanaman

meningkat di tanah berpasir. Di tanah bertekstur liat, BO mampu membentuk agregat yang memiliki pori makro dan mikro dalam proporsi seimbang. Agregat yang terbentuk akibat asosiasi BO dan partikel liat akan lebih kuat dari yang ada di tanah berpasir karena ada koloid liat. Oleh karena itu, proporsi pori mikro yang tinggi pada tanah berliat akan berkurang dan pori makro akan meningkat. Dengan demikian, air dan udara cukup tersedia untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Selain itu, kandungan BOT yang tinggi dan struktur tanah yang bertipe remah akan menurunkan kepadatan tanah. Tanah yang gembur, akar tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, sehingga mampu mencapai kantong-kantong hara yang ada di dalam tanah. Kondisi ini sangat penting untuk tanaman berumbi atau buah yang berkembang dalam tanah seperti kacang tanah, bawang, bit, kol, wortel, singkong, kentang, ubi jalar, talas, dll. Tingkat kepadatan tanah (BV) berbanding terbalik dengan total ruang pori (TRP) tanah (Yulnafatmawita *et al.*, 2013a, Yasin & Yulnafatmawita, 2018). Ketika nilai BV tanah meningkat, persentase total ruang pori menurun.

Kesuburan fisika tanah bisa diindikasikan dengan kehadiran cacing tanah. Hal ini disebabkan karena cacing akan mengeluarkan ekspresinya yang bisa membentuk agregat tanah yang mantap. Selanjutnya, lobang bekas jalannya cacing bisa menjadi pori makro yang akan melewati kelebihan air pada tanah bertekstur liat. Cacing akan hidup dan berkembang biak pada tanah dengan kandungan BO dan kelembaban tanah yang tinggi. Oleh sebab itu, sangat disarankan untuk mempertahankan kandungan BOT di atas batas kritis dengan menambahkan BO secara rutin ke lahan pertanian.

Bagi Sifat Kimia dan Biologi Tanah. Bahan organik bagi sifat kimia tanah dapat meningkatkan pH, meningkatkan KTK, dan ketersediaan unsur hara tanah, serta bagi biologi tanah BO merupakan sumber energinya (Yulnafatmawita, 2012). Bahan organik dalam bentuk humus (bermuatan) disebut juga dengan koloid humus (-C-OOH). Muatan dari koloid ini berubah-ubah tergantung pH tanah (*pH dependent charge*). Jika pH tanah rendah, maka KTK-nya rendah,

karena ion $[H]^+$ akan menempati permukaan koloid, sehingga muatan jadi hilang.

Koloid organik sangat penting dalam proses reaksi fisiko-kimia di dalam tanah, di samping koloid liat. Diantara sifat fisiko-kimia tanah yang sangat berperan dalam pertanian yaitu pH, KTK, penahanan dan pelolosan air, pelarutan dan penyerapan hara, serta pembentukan dan pemantapan agregat tanah. Semakin tinggi kandungan BO tanah mineral, semakin tinggi koloid humus, maka semakin tinggi pula air yang bisa ditahan tanah untuk pelarutan dan transportasi hara, serta semakin tinggi pula KTK tanah yang bisa mengurangi kehilangan hara dari zona perakaran tanaman, dan menolak perubahan yang tiba-tiba dalam tanah. Sifat-sifat tanah tersebut akan menentukan tingkat pertumbuhan tanaman serta kualitas lingkungan.

Bahan organik tanah yang cukup di dalam tanah maka aktivitas organisme tanah meningkat. Hasil perombakan BO bisa berupa bahan mineral (N, P, K, Ca, Mg, dsb) yang dibutuhkan tanaman bagi pertumbuhannya, atau senyawa perantara yang bisa bertahan lama untuk perbaikan sifat fisiko-kimia tanah, seperti humus.

3.3 Bagaimana Pengaruh BO Terhadap Lingkungan ?

Tanah dengan kandungan BO yang tinggi akan agregat yang mantap dan struktur yang remah, sehingga mampu mengurangi *run off* dan mengontrol erosi. Kemudian koloid humus yang mempunyai daya jerap (KTK) yang tinggi, mampu mengurangi kehilangan unsur hara tanaman, meningkatkan efisiensi pemupukan, dan mengurangi pencemaran air, baik air bawah tanah (*ground water*), maupun air permukaan (*surface water*) seperti air sungai, waduk, ataupun danau. Pencemaran air oleh unsur hara tanaman bisa menyuburkan gulma air (*euthophication*), seperti eceng gondok, yang akhirnya bisa mendangkalkan bahkan mematikan badan air itu sendiri.

IV. UPAYA UNTUK MENINGKATKAN SEKUESTRASI BOT

Ada beberapa hal yang bisa disarankan dalam usaha meningkatkan dan memproteksi BOT agar tidak mudah hilang di dalam tanah. Diantara usaha tersebut yaitu menghindari pengolahan tanah secara intensif, jangan mengolah lahan miring, jangan biarkan tanah terbuka, buat teras pada lahan miring, biasakan menanam tanaman penutup tanah (*cover crop*) di lahan pertanian, meningkatkan proses fotosintesis melalui pemupukan tanaman, serta menambahkan BO secara reguler ke dalam tanah.

a. Kurangi Intensitas Pengolahan Tanah

Mengolah tanah menjadi gembur akan memperbanyak jumlah O₂ dalam tanah, oleh karena itu mikroorganisme menjadi lebih aktif dalam menguraikan BOT. Jika tidak ada BO yang ditambahkan secara teratur ke tanah, BOT menjadi habis dengan waktu. Ketika BOT berkurang, agregat tanah hancur, partikel tanah primer menyumbat pori, tanah menjadi lebih padat atau nilai BV tanah menjadi lebih tinggi, total pori tanah berkurang, laju infiltrasi dan permeabilitas menurun, sehingga akar tanaman sulit tumbuh dan berkembang. Selanjutnya, jika hujan turun maka laju limpasan air permukaan (*run off*) akan lebih tinggi dan berisiko terjadi erosi.

b. Jangan Mengolah Tanah di Lahan berlereng

Lahan dengan kemiringan >45% harus dipertahankan dengan vegetasi aslinya (hutan) untuk menjaga kelestarian lingkungan dan lahan pertanian di daerah tropis basah. Sedangkan lahan dengan lereng 8-15% boleh dibuka untuk lahan pertanian dengan beberapa metode seperti pembuatan teras, pengolahan tanah sejajar kontur, penanaman dalam strip (berselang antara tanaman utama dan tanaman penyangga seperti rumput atau tanaman pupuk hijau), budidaya lorong. Lahan dengan lereng 25-45% hanya boleh ditanami dengan tanaman tahunan yang tidak memerlukan pengolahan tanah, seperti *agroforestry*.

c. Hindari Tanah Terbuka atau Tanah Kosong

Tanah kosong atau tanah terbuka adalah tanah tanpa tanaman di atasnya. Hal ini berarti tidak ada sumber BO untuk tanah itu, sementara di sisi lain BOT akan terus terurai dengan waktu. Karena itu, jangan biarkan tanah terbuka tanpa tanaman, tanah harus ditanami dengan vegetasi yang mampu menyangga tanah dan lingkungan.

d. Buat Teras di Lahan Miring

Lahan yang berlereng jika digunakan untuk pertanian harus dipotong panjang lerengnya agar erosi berkurang. Karena semakin panjang lereng akan semakin besar erosi yang terjadi. Dengan adanya teras atau sengkedan, maka aliran air permukaan akan tertahan pada setiap teras, sehingga tanah dan BOT yang terbawa dari tingkat atas akan mengendap di tingkat bawahnya. Di samping secara teknis, daerah berlereng bisa ditanami dengan usaha Agroforestri (Ermadani *et al.*, 2018), atau ditanami tanaman konservasi seperti tanaman salak (Yusriani *et al.*, 2019), ataupun tanaman aren (Mulyanie & Romdani, 2017).

e. Tanam Cover Crop

Cover crop atau tanaman penutup tanah yaitu tanaman yang mampu menutupi permukaan tanah sehingga tanah tidak terekspos langsung ke energi kinetik curah hujan yang menghancurkan agregat tanah. Tanaman ini mempunyai siklus hidup yang pendek, sehingga residu tanaman akan menyumbangkan banyak BO ke dalam tanah dalam waktu yang relatif singkat. Tanaman ini bisanya dari spesies kacang-kacangan (*Legum*) sehingga lebih dikenal dengan *legume cover crop* (LCC). Di samping berfungsi menyangga erosi, LCC juga bisa sebagai penyumbang BOT dan sumber hara bagi tanaman. Beberapa jenis *cover crop* yang bisa ditanam di lahan pertanian yaitu: *Crotalaria*, *Widelia sp*, *Pueraria*, *Centrocema*, *Colopogonium*, *Mucuna*, dll.

f. Pupuk Tanaman

Pemupukan bertujuan untuk menyuburkan pertumbuhan vegetatif tanaman. Fase pertumbuhan vegetatif yang subur akan menyerap CO₂ udara yang lebih banyak dalam proses fotosintesis untuk menghasilkan karbohidrat (BO). Semakin banyak biomassa tanaman, maka akan semakin banyak sumbangan BO nya ke dalam tanah. Di samping itu, penyerapan CO₂ yang tinggi dalam proses fotosintesis akan menurunkan konsentrasi CO₂ udara, penyebab pemanasan global.

g. Aplikasi BO Secara Reguler ke Dalam Tanah

Selain usaha di atas, peningkatan kandungan BOT juga bisa dilakukan dengan penambahan langsung BO ke dalam tanah secara rutin. Beberapa BO yang bisa ditambahkan diantaranya pupuk kandang (pupuk kandang ayam, sapi, kambing, dsb), pupuk hijau, kompos, dan biochar.

Sumber pupuk hijau diantaranya *Tithonia diversifolia*, *Gliricidia sepium*, *C. odorata*, *S. rostrata* dan *S. sesban*, *F. congesta*, *L. glauca* dan *G. leochepala*, *C. anagyroides*, *alfalfa*, dll. Bagian tanaman pupuk hijau yang dibutuhkan adalah daun dan bagian tanaman yang masih hijau dan lunak. Bagian ini mengandung nitrogen (N) tinggi dan cepat terurai bila dimasukkan ke dalam tanah. Berdasarkan Hakim *et al.* (2014) *Tithonia* dapat terurai dalam satu minggu setelah dipanen. Keuntungan lain dari menggunakan pupuk hijau yaitu tidak perlu transportasi untuk membawa pupuk dari sumber ke pertanian karena bisa ditanam sebagai pagar di lahan pertanian, karena itu, dapat diaplikasikan setiap musim tanam. Jika produksi pupuk hijau berlimpah, bisa dijadikan kompos dan disimpan sebelum diberikan ke tanah.

Biochar (arang hayati) yaitu hasil pembakaran BO yang tidak sempurna (secara pirolisis). *Biochar* itu masih dipertimbangkan sebagai sumber BO karena masih ada beberapa nutrisi yang tersisa di dalamnya. *Biochar* memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi, poros, sehingga dapat menyerap nutrisi dan air. Oleh karena itu,

aplikasi *biochar* ke tanah dapat meningkatkan air tersedia bagi tanaman dan mengurangi pencucian unsur hara dari profil tanah bertekstur pasir (Yulnafatmawita *et al.*, 2018). Di samping itu, *biochar* dapat menahan logam berat sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman. Pada tanah bertekstur liat, *biochar* dapat meningkatkan porositas, laju infiltrasi, dan permeabilitas tanah, serta mengurangi aktivitas Al pada Ultisol (Yulnafatmawita *et al.*, 2017b).

Ada banyak sumber BO sebagai bahan baku pembuatan *biochar* diantaranya sekam padi, tongkol jagung, tandan kosong dan pelepah kelapa sawit, ampas tebu, serbuk gergaji, dan sebagainya. Yang harus diperhatikan dalam pemilihan sumber atau bahan baku *biochar* yaitu bahannya harus keras, berkayu. Sekarang mulai disosialisasikan pemanfaatan bambu sebagai bahan baku *biochar*. Berdasarkan Sismiyaniti *et al.* (2018) bahan baku *biochar* biasanya berasal dari BO berkualitas rendah, yaitu yang mempunyai nilai C/N, C/S, dan C/P yang tinggi.

V. PENUTUP

Daerah tropis basah merupakan daerah yang berpotensi untuk budidaya tanaman sepanjang tahun, karena suhu dan curah hujan yang cukup serta matahari yang bersinar sepanjang hari. Akan tetapi, jika lahan tidak dikelola sesuai dengan kaidah konservasi, kandungan karbon tanah di bawah ambang kritis, maka bencana akan melanda, seperti erosi, longsor, banjir di musim hujan, dan kekeringan di musim kemarau. Semua ini akan merusak bahkan bisa menghilangkan lahan pertanian dan memiskinkan penduduk. Oleh sebab itu, disarankan untuk selalu meningkatkan simpanan (*sequestration*) karbon di dalam tanah. Usaha yang bisa dilakukan diantaranya yaitu: kurangi intensitas pengolahan tanah, jangan mengolah tanah di lahan berlereng, hindari tanah terbuka atau tanah kosong, buat teras di lahan miring, tanam *cover crop* di samping tanaman utama, pupuk tanaman, aplikasikan bahan organik secara reguler ke dalam tanah seperti pupuk kandang (pupuk kandang ayam, sapi, kambing, dsb), pupuk hijau, kompos, dan *biochar*.

REFERENSI

- Ermadani, Hermansah, Yulnafatmawita & Syarif A. 2018. Dynamics of soil organic carbon fractions under different land management in wet tropical areas. *J. Solum* 15(1): 26-39
- Hakim N, Alfina R, Agustian, Hermansah & Yulnafatmawita. 2014. Bacterial inoculants to increase the biomass and nutrient uptake of *Tithonia* cultivated as hedgerow plants in ultisols. *Malaysian J. of Soil Sci.* 18: 115-123
- Lal R, Mitsch WJ & Smith P. 2018. The carbon sequestration potential of terrestrial ecosystems. *J. Soil & Water Conserv.* 73(6):145A-152A
- Lal R. 2018. Digger deeper: A holistic perspective of factors affecting SOC sequestration. *J. Global Change Biology*. 24(8)
- Lal R. 2019. Conceptual basis of managing soil carbon inspired by nature and driven by science. *J. Soil & Water Conserv.* 74(2):29A-34A
- Mulyanie E & Romdany A. 2017. Pohon aren sebagai tanaman fungsi konservasi. *J. Geografi* 14(2)
- Nasution Y, Rasyidin A, Yulnafatmawita & Saidi A. 2019. Evaluation of *Salacca Sumatrana* as soil conservation crop in South Tapanuli, North Sumatra, Indonesia. *J. Biodiversitas*. 20(3):664-670
- Sismiyanti, Hermansah & Yulnafatmawita. 2018. Klasifikasi beberapa sumber bahan organik dan optimalisasi pemanfaatannya sebagai biochar. *J. Solum* 15(1): 1-8
- Tan KH. 2008. Soils in the humid tropics and monsoon region of Indonesia. CRC Press, 556 p
- WMO (World Meteorological Organization). 2018. The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observation through 2017. *Greenhouse Gas Bulletin* 8

- Yasin S & Yulnafatmawita. 2018. Effects of slope position on soil physico-chemical characteristics under oil palm plantation in wet tropical area, West Sumatra Indonesia. J.Agrivita 40(2) : 328-337
- Yulnafatmawita & Adrinal. 2014. Physical characteristics of ultisols and the impact on soil loss during soybean (*Glycine max* Merr) cultivation in West Tropical Area. J. Agrivita. 36 (1) : 57-64
- Yulnafatmawita & Yasin S. 2018. Organic carbon sequestration under selected land use in Padang city, West Sumatra, Indonesia. IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci.129
- Yulnafatmawita Y, Aprisal A & Hakim N. 2017. Role of alley cropping system with cultivated tithonia (*Tithonia diversifolia*) on soil erosion and soybean (*Glycine max* Merr. L.) production at Ultisol under wet tropical area. IJCIET. 8 (10):1237-1248
- Yulnafatmawita Y, Detafiano D, Afner P & Adrinal A. 2014. Dynamics of physical properties of ultisol under corn cultivation in Wet Tropical Area. IJASEIT 4(5): 313-317
- Yulnafatmawita, Adrinal & Anggriani F. 2013b. Role of fresh organic matter in improving soil aggregate stability under wet tropical region. J. Tanah Tropika. 18(1):33-44
- Yulnafatmawita & Yasin S. 2018. Role of biochar and watering frequency on soil water availability for corn growth at suboptimal soil. IJASEIT 6(3): 2321 –8991
- Yulnafatmawita, Nasution SF & Adrinal. 2013a. Short term dynamics of soil erosion and nutrient loss during corn growth in ultisols Limau Manis Padang. 11th Inter. Conf. on The East and Southeast Asia Federation of Soil Sci. Soc. Bogor
- Yulnafatmawita, Saidi A & Hermansah. 2015. Sekuestrasi bahan organik pada tiga tipe penggunaan lahan di bukit Pinang-Pinang Sumbar. Kongres HITI ke XII dan Seminar Hasil Penelitian. Malang

- Yulnafatmawita, Saidi A, Putri ZH & Haris ZA. 2018. Organic matter stock at suboptimal soils under corn cultivation and forest in wet tropical region. Proceeding ASIC 2018 (In Press)
- Yulnafatmawita. 2005. Fractionation of soils based on bonding energy and aggregate size: a method for studying the effect of structural hierarchy on degradation process. Dissertation University of Queensland. 219 p
- Yulnafatmawita. 2012. Peranan bahan organik bagi sifat fisik-kimia tanah. *Dalam* Ahmad F. Fachri Ahmad dari akademisi sampai birokrasi. Unand Press. Padang

Konservasi Tanah dan Air untuk Keberlanjutan Pertanian Tropika Basah di Indonesia

Bujang Rusman

*Guru Besar Konservasi Tanah dan Air pada Jurusan Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.
e-mail: bujangrusman69@agr.unand.ac.id; bujang.rusman@yahoo.com*

I. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan kegiatan produksi biologis yang berlangsung di atas sebidang tanah atau lahan dengan tujuan menghasilkan tanaman dan hewan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia tanpa merusak tanah untuk kegiatan produksi berkelanjutan sampai untuk generasi mendatang. Tanah merupakan bagian dari ekosistem alami, sedangkan dalam konteks ekologi, tanah merupakan tubuh alam tiga dimensi yang kompleks. Sebagai bagian dari ekosistem bumi (pedosfer), tanah mempunyai peranan penting dalam mengintegrasikan litosfer (mineral batuan, liat, sedimen), atmosfer (CO₂, O₂ dan N), hidrosfer (air, bahan terlarut), dan biosfer (tanaman, hewan, mikroba, dan produk-produknya). Interaksi berbagai ekosistem terestial tersebut merupakan ekosistem yang paling kompleks dan produktif (Brady & Weil, 2008).

Luas daratan Indonesia ± 191.09 juta hektar tersebar pada 17.000 pulau besar dan kecil. Luas daratan tersebut merupakan luasan terbesar untuk suatu negara kepulauan. Daratan ini dapat berupa lahan kering, lahan rawa, dan lahan basah non-rawa yang penggunaannya saat ini dapat berupa hutan, lahan pertanian, semak/belukar, pemukiman, dan lainnya. Sejalan dengan makin bertambahnya jumlah penduduk Indonesia dan terus menciutnya luas lahan pertanian akibat konversi lahan pertanian ke areal penggunaan

lain (APL), maka kebutuhan sumber daya lahan makin terus meningkat. Untuk pemanfaatan sumber daya lahan ke depan, informasi sumber daya lahan yang mencakup luas, sebaran dan potensi ketersediaannya untuk pertanian semakin sangat diperlukan untuk pembangunan sektor pertanian berkelanjutan dan gambaran luas dan penyebarannya dapat dilihat pada peta tanah eksplorasi Indonesia (BBSDL, 2015) berikut ini.

Gambar 1. Luas lahan daratan di Indonesia

Dalam pemanfaatan lahan/tanah oleh manusia, pada awalnya digunakan sebagai kegiatan budidaya pertanian yang dimulai dari suatu teknologi yang sangat sederhana seperti membuka lahan hutan untuk budidaya pertanian, untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dengan cara menebang dan membakar hutan melalui ladang

berpindah – pindah. Hal ini terjadi karena pada saat tersebut jumlah penduduk masih sedikit dan luas lahan tersedia masih cukup luas. Akibat pertumbuhan penduduk makin pesat, diiringi dengan kemajuan teknologi dan dirasakan mulainya keterbatasan lahan, maka sistem pertanian yang berpindah-pindah sudah menuju kepada sistem pertanian yang menetap dengan pola pertanian intensif. Namun dalam pola pertanian intensif masih miskin dalam penerapan konservasi tanah dan air (KTA) dalam pengelolaannya, terutama dalam pertanian tropika basah.

Berdasarkan pada sejarah perkembangan ilmu pengetahuan dan kebudayaan manusia di muka bumi, manusia telah memanfaatkan dan menggunakan sumber daya alam tanah yang ada di lingkungannya mulai dari cara sederhana sampai dengan yang canggih atau modern, sehingga manusia pada saat ini telah mempunyai kemampuan untuk memanfaatkan dan mengelola sumber daya alam lahan dalam skala yang besar, bahkan dalam pengelolaannya saat ini sudah harus memperhatikan aspek keterpaduan antara aspek teknologi dan konservasi tanah, lingkungan/ekologi, ekonomi dan sosial budaya, karena makin kompleksnya masalah sumber daya alam pada saat ini (Utomo *et al.*, 2016).

Isu dan tren global yang sedang dihadapi Indonesia saat ini terkait dengan masalah air, pangan dan energi. Tren global seperti pertumbuhan penduduk dan dinamika populasi yang mengakibatkan permintaan akan air, pangan, dan energi diperkirakan meningkatkan tekanan terhadap lahan secara dramatik. Secara global diperkirakan oleh para ahli, bahwa pada tahun 2030-2050, akan diperlukan 175-220 juta hektar lahan tambahan di planet bumi ini untuk pertanian guna mencukupi kebutuhan pertanian yang meningkat hingga 50 persen. Kebutuhan ini tidak akan tercukupi kecuali kita harus melindungi, mengkonservasi, dan merestorasi lahan kita, atau kita menciptakan planet bumi lagi yang merupakan pekerjaan yang lebih sulit dan mustahil (Soegiri & Syaiful, 2013).

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan kebutuhan untuk pembangunan, maka kebutuhan manusia akan tanah sebagai lahan

bagi kelangsungan kehidupan dan pembangunan banyak sektor di Indonesia makin meningkat terus, sebaliknya luasan sumber daya alam seperti tanah luasnya tetap, sehingga manusia dalam memanfaatkan atau menggunakan tanah atau lahan tersebut telah banyak tidak mempertimbangkan kemampuan tanah dan miskinnya penerapan teknik KTA atau tidak lagi mempertimbangkan kearifan dalam pemanfaatan sumber daya alam tersebut, tanpa mempertimbangkan keseimbangan antara faktor ekonomi, lingkungan dan sosial budaya, maka akhirnya akan mempercepat terjadinya degradasi tanah, terutama pada lahan pertanian tropika basah di Indonesia yang ditandai makin meluasnya lahan kritis dan pada saat ini diperkirakan Indonesia memiliki lahan kritis sekitar 14,01 juta hektar, meningkatnya erosi dan sedimentasi, dan tren bencana alam terus meningkat seperti banjir, kekeringan dan longsor serta kerusakan Daerah Aliran Sungai (DAS) yang terjadi dimana-mana di Indonesia.

Khusus untuk Indonesia yang merupakan negara agraris tropika basah berupa wilayah kepulauan dengan iklim tropis basah dengan curah hujan tinggi, kalau dalam pengelolaan lahannya tidak memperhatikan kaidah-kaidah KTA, maka proses degradasi tanah dapat terjadi dalam banyak bentuk dan akan menimbulkan bermacam-macam dampak seperti penurunan produktivitas lahan pertanian, pendangkalan sungai dan waduk akibat sedimentasi yang tinggi serta merusak terumbu karang di daerah perairan laut.

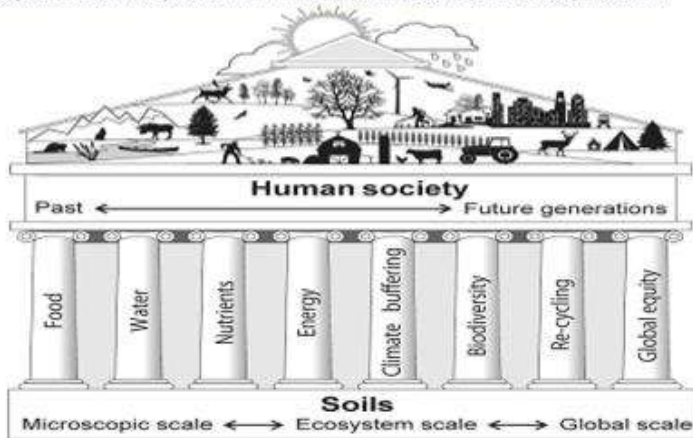
Ada beberapa hal penyebab degradasi tanah pada tanah tropika basah di Indonesia, yaitu : (1) pengelolaan lahan pertanian sering tidak memperhatikan atau miskin menerapkan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air, terutama pada lahan kering yang berlereng, (2) penggunaan *agro-chemical* yang tidak terkontrol dan tidak ramah lingkungan, (3) sistem budidaya tanaman monokultur terus menerus sepanjang tahun terutama untuk tanaman semusim dan sayur-sayuran. Akibatnya akan terjadi suatu proses perubahan pada lahan pertanian yang berlangsung dalam kurun waktu setahun, yaitu terjadinya perubahan-perubahan yang berdaur ulang (*cyclic changes*), terutama disebabkan pengaruh faktor iklim, seperti curah hujan dan intensitas

hujan tinggi dapat menimbulkan kemerosotan sifat fisika, kimia dan biologi tanah berupa penurunan kandungan C-organik tanah, kadar nitrogen dan kemerosotan struktur tanah dan porositas tanah, peningkatan *bulk density* tanah. Hal ini akan meningkatkan aliran permukaan tanah (*run off*) atau C-larikan dan erosi.

Faktor erosi oleh air di daerah tropis basah seperti di Indonesia adalah merupakan faktor penyebab utama terjadinya degradasi tanah-tanah pertanian. Sedangkan pada tanah lapisan bawah (*sub soil*) akan terjadi pembentukan pan yaitu terjadi peningkatan kerapatan isi tanah (BV) atau secara umum disebut pemadatan tanah. Hal ini akan menyebabkan menurunkan kemampuan tanah menyimpan air, ketersediaan air dan pergerakan air, ketersediaan O₂ tanah serta penetrasi akar tanaman terganggu. Di dunia diperkirakan ada sekitar dua miliar hektar luasan tanah telah mengalami degradasi akibat erosi air (56 %), erosi angin (28 %), kemerosotan fisika tanah (12 %) dan kemunduran kimia/kesuburan tanah (4%) dengan klasifikasi degradasi tanah sangat berat/ekstrem (0,5 %), berat (15 %), sedang (40 %), dan ringan (38 %).

Menurut Janzen *et al.* (2011), bahwa isu global ke depan yang berakar pada masalah tanah akan berpengaruh terhadap masalah: (a) pangan; (b) air tawar; (c) unsur hara / kesuburan tanah; (d) energi; (e) perubahan iklim; (f) *biodiversity*; (g) daur ulang limbah dan (i) *global perspective* (Gambar 2).

Sebagian masalah global hari ini berakar pada sumberdaya tanah



Gambar 2. Isu global dunia

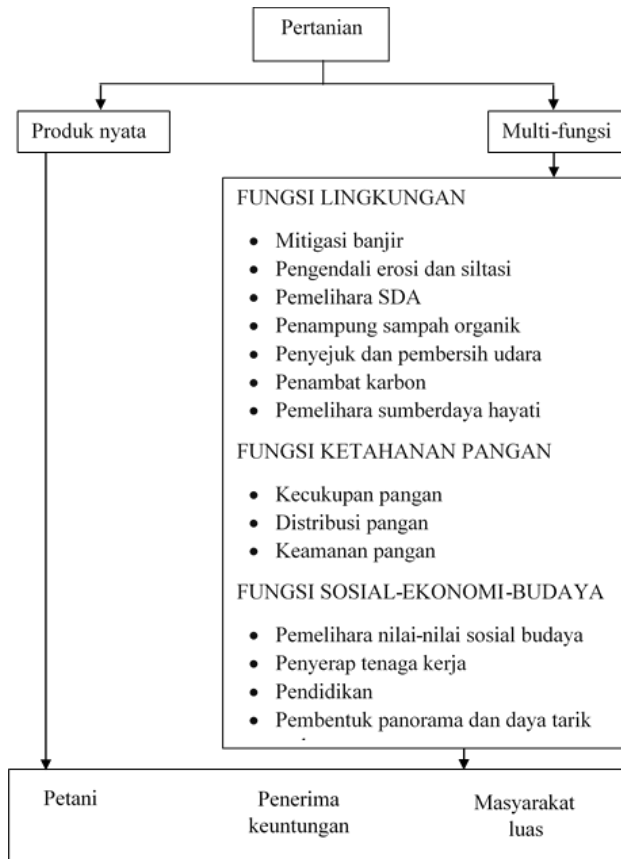
Berdasarkan isu global dan kebutuhan pembangunan pertanian di Indonesia, maka para ahli yang tergabung dalam Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia (MKTAI) sudah harus memperhatikan skala ekosistem dan tuntutan global dalam konteks daerah aliran sungai (DAS) sehingga dapat mengakomodasi peningkatan kebutuhan (*demand*) pangan, air, dan perubahan iklim dan bagaimana dampaknya terhadap produktivitas dan resiliensi tanah. Bagaimana kita memahami untuk peningkatan komoditi biotik di tanah untuk meningkatkan resiliensi tanah dan ekosistem karena tanah sebagai fondasi untuk ekosistem dan rumah bagi biota tanah sebagai cagar *biodiversity*, termasuk masalah daur ulang limbah, dan *global perspective*.

Hal tersebut merupakan tantangan bagi para ahli konservasi tanah dan air (MKTAI) untuk dapat menjawab isu utama tersebut, karena bisa jadi malapetaka bagi banyak negara, termasuk Indonesia, bila hasil kajian para ahli ilmu tanah tersebut tidak ditindaklanjuti dalam *action plan* pembangunan pertanian suatu negara. Menurut Greenland (1991), bahwa tantangan zaman sekarang yang akan dihadapi daerah tropis basah adalah menyangkut: (a) peningkatan

produktivitas tanah tropis dan berkelanjutan; (b) pencegahan degradasi tanah; (c) perhatian terhadap lingkungan; dan (d) air tanah.

Kondisi hutan, tanah dan air di Indonesia saat ini telah dan terus mengalami degradasi akibat faktor manusia, pengelolaan yang tidak tepat dan faktor bencana alam. Berdasarkan data resmi Ditjen PDASHL Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2018, terdapat sekitar 14,01 juta hektar lahan kritis (di dalam dan di luar kawasan hutan) serta 1,9 juta hektar ekosistem *mangrove* kritis/terdegradasi yang tersebar terutama di DAS yang harus dipulihkan daya dukungnya. Kondisi tersebut bisa menyebabkan bencana banjir, kekeringan, longsor, sedimentasi waduk, danau, sungai, saluran serta menurunnya kualitas air dan perubahan iklim mikro yang pada akhirnya bias mengurangi produktivitas dan mengganggu perekonomian dan kesejahteraan masyarakat. Untuk menjaga kelangsungan fungsi tanah dan DAS, maka perlu dilakukan upaya KTA, salah satunya adalah melakukan rehabilitasi dan reklamasi hutan dan lahan kritis (RHL) guna untuk memulihkan fungsi tanah, tutupan vegetasi dan produktivitas lahan, kualitas dan kuantitas air lebih sehingga daya dukung DAS dan peranannya dalam mendukung sistem penyangga kehidupan tetap terjaga. Bila kemampuan Pemerintah untuk melakukan RHL hanya sekitar 400.000 hektar per tahunnya, maka dibutuhkan waktu sekitar 40 tahun untuk memulihkan lahan kritis tersebut.

Sasaran dari KTA ke depan tidak hanya untuk dapat menghasilkan produk nyata (*tangible products*) saja, tetapi harus merupakan multifungsi (*multifunctionality*), seperti fungsi lingkungan, fungsi ketahanan pangan dan fungsi sosial budaya, sehingga tidak saja para petani yang memperoleh keuntungan tetapi juga masyarakat luas tentang fungsi lahan dan manfaat dari pertanian ke depan (Gambar 3).



Gambar 3. Fungsi lahan pertanian dan manfaatnya bagi kehidupan.

II. KENAPA PERLU KONSERVASI TANAH DAN AIR

Secara global degradasi lahan terus melaju atau meningkat, defisit atau kekurangan air di pulau-pulau Indonesia terus meningkat serta kekeringan dan bencana alam terus meningkat dimana-mana, bahkan di beberapa pulau atau wilayah di Indonesia telah mengalami defisit dan kekurangan air sehingga dapat mengancam ketahanan pangan Indonesia ke depan. Pada Konferensi Rio+20, pemimpin dunia telah menyatakan dengan jelas bahwa proses penggurunan, degradasi lahan dan kekeringan (*Desertification, Land Degradation, and Drought, DLDD*) merupakan tantangan berdimensi global yang berpengaruh

terhadap pembangunan berkelanjutan di setiap negara, khususnya negara berkembang, seperti Indonesia (Soegiri dan Syaiful, 2013). Kajian global menunjukkan bahwa persentase lahan yang sangat terdegradasi meningkat dari 15% pada tahun 1991 menjadi 25% pada tahun 2011. Proses degradasi lahan melaju dengan cepat sekali di abad ini dengan perkiraan sekitar 24 miliar ton tanah subur tererosi (FAO, 2011).

Indonesia memiliki berbagai ragam sumber daya alam dari yang berlimpah sampai yang terbatas jumlahnya dan menurut sifatnya dapat digolongkan sebagai berikut :

1. *Nonexhaustible resources*: Sumber daya kelompok ini dapat memperbaharui dirinya secara terus menerus melalui siklus hidrologi, namun tidak berarti tidak terbatas dan jika kita salah menggunakannya maka akan terjadi kerusakan. Namun jika kita merusak daerah aliran sungai (DAS) terutama kawasan konservasi atau kawasan resapan airnya maka menyebabkan air tidak masuk meresap kedalam tanah untuk menjadi sumber-sumber air, namun akan mengalir sebagai aliran permukaan sehingga C-larikan akan meningkat dan menyebabkan terjadinya erosi, sehingga suplai air sangat terbatas pada suatu DAS.

2. *Renewable resources*: Sumber daya alam yang dapat diperbaharui ataupun dapat digantikan disebut *renewable resources*. Contohnya hutan tropis dan untuk kebutuhan manusia dan pembangunan, puluhan juta hektar telah mengalami deforestasi, sehingga saat ini terjadi kerusakan atau degradasi hutan dan bencana alam seperti banjir, kekeringan, longsor terjadi dimana-mana, dan

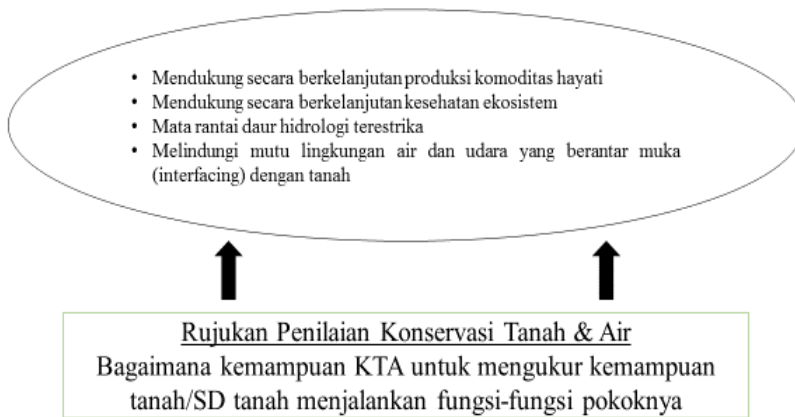
3. *Exhaustible resources*: Banyak diantara sumber daya alam kita yang jumlahnya terbatas, dan tidak dapat dipulihkan, disebut *non renewable* atau *exhaustible*. Untuk kelompok sumber daya ini tidak dapat memperbaharui dirinya, sekali dia punah/habis maka akan habis seterusnya. Kita dapat mengkonservasi sumber daya alam ini, kita dapat belajar bagaimana menggunakannya secara arif dan dapat mendaur ulang. Minyak merupakan salah satu sumber daya terpenting golongan *exhaustible*. Kita dapat mendengar adanya isu “*Energy Crisis*”

cadangan minyak tipis, sehingga diperlukan pengembangan sumber energi lainnya. Disamping minyak, kita juga menggunakan sumber mineral lainnya seperti: besi, cobalt, zink dan lain sebagainya untuk membuat barang-barang yang diperlukan manusia sesuai dengan tuntutan hidupnya. Kita harus mengelola sumber daya ini agar dapat dimanfaatkan selama-lamanya. Tanah termasuk dalam kategori *non renewable*, karena untuk membentuknya membutuhkan waktu yang sangat lama dalam pembentukannya atau untuk membentuk lapisan tanah setebal 1 inchi diperlukan waktu lebih kurang satu abad.

Indonesia sejak tahun 2014 telah memiliki Undang-Undang Konservasi Tanah dan Air, Nomor 37 tahun 2014, bahwa dalam rangka perlindungan, pemulihan, peningkatan dan memelihara fungsi tanah baik di kawasan budidaya maupun di kawasan lindung, dalam pengelolaan atau pemanfaatannya harus menerapkan metode KTA yang meliputi metode vegetatif, metode agronomis, metode teknik sipil dan metode manajemen.

Pengelolaan sumber daya alam diartikan sebagai kegiatan dalam aspek produksi untuk mendapatkan manfaat, dan sedangkan dari aspek konservasi tanah dan air adalah untuk melestarikan kemampuan produktif dari sumber daya alam tersebut sehingga mampu mendukung kehidupan secara lestari dan menjaga keseimbangan ekosistem alami tanpa menimbulkan kerusakan seperti bencana alam, berupa banjir, longsor, kekeringan dan sedimentasi sungai dan danau dalam suatu DAS.

Sumber daya tanah merupakan jantung ekosistem bumi mempunyai enam fungsi ekosistem (layanan ekosistem). Fungsi ekosistem tersebut yaitu sebagai: (1) medium untuk tumbuh tumbuhan, (2) pengendali pasokan air, (3) habitat organisme tanah, (4) pendaur ulang alami, (5) pengatur komposisi atmosfer, dan (6) medium untuk keteknikan (Brady & Weil, 2008) (Gambar 4).



Gambar 4. Fungsi pokok tanah

Pemanfaatan lahan untuk keperluan pembangunan harus disesuaikan dengan fungsinya. Terdapat enam fungsi lahan (Blum, 2000) dalam Soedarsono (2003) yaitu :

- 1) Memproduksi biomassa, yang menyediakan pangan, pakan, energi terbarukan, bahan baku dan habitat bagi hewan dan manusia.
- 2) Menyaring, menyangga, dan transformasi antara atmosfer, air, tanah dan tanaman penutup; dengan demikian lingkungan terjaga dan menyediakan kebutuhan dasar manusia, seperti halnya pangan sehat, air bersih, dan menjaga biodiversitas.
- 3) Tanah juga sebagai gudang gen dan habitat biologi, yang menjaga jumlah dan keragaman.
- 4) Menyediakan ruang untuk pembangunan teknik industri, dan sosial ekonomi serta pengembangannya, umpamanya industri, perumahan, transpor, olahraga, rekreasi, pembuangan sampah dll.
- 5) Tanah digunakan sebagai sumber bahan baku seperti liat, pasir, kerikil, dan juga sebagai sumber energi geogenik dan air.

- 6) Tanah merupakan warisan geogenik (lanskap yang bagus dan udara yang sejuk) dan budaya yang membentuk lanskap.

Paham para konservasionis menghendaki pemanfaatan sumber daya alam yang arif dalam rangka mengembangkan keuntungan dari sudut ekonomi. *Conservationist* mengembangkan advokasi pengelolaan sumber daya alam dengan prinsip-prinsip kelestarian. Petani membutuhkan praktek pengolahan lahan dengan sistem terasering, melakukan pergiliran jenis tanaman untuk menjaga kerusakan tanah, kegiatan petani ini termasuk dalam melakukan teknik konservasi tanah dan air pada lahan pertaniannya. Mengingat tantangan yang kompleks yaitu makin meningkatnya degradasi lahan, terbatasnya lahan pertanian yang produktif akibat alih fungsi lahan ke sektor non pertanian, di Indonesia saat ini di perkirakan terjadi konversi lahan pertanian sekitar 100.000-120.000 hektar per tahun ke non pertanian dan menyusutnya ketersediaan air akibat dampak perubahan iklim. Sekarang saatnya kita harus melakukan keseimbangan dan konservasi sumber daya alam kita seperti, konservasi tanah dan air bila kita ingin menyelamatkan sumber daya alam kita ini.

Tanah dan air sebagai sumber daya alam sangat penting artinya bagi kehidupan manusia di muka bumi ini. Dalam proses pembentukan dan perkembangan tanah tersebut dibutuhkan waktu yang lama, dimana faktor yang mempengaruhi pembentukan tanah adalah, (1) iklim, (2) organisme, (3) bahan induk, (4) topografi, dan (5) waktu.

Dalam proses pembentukan tanah selanjutnya akan berhubungan dengan beberapa hal seperti :

- 1) Adanya penambahan bahan-bahan dari tempat lain ke tanah, misalnya: penambahan air hujan, penambahan bahan organik dari sisa-sisa tanaman dan hewan, penambahan O₂ dan CO₂ dari atmosfer, energi dari sinar matahari
- 2) Terjadinya kehilangan bahan-bahan yang ada di dalam tanah, misalnya: kehilangan air melalui proses evapotranspirasi,

kehilangan N melalui proses denitrifikasi, kehilangan tanah karena erosi.

- 3) Perubahan bentuk (*transformation*), misalnya: perubahan bahan organik menjadi humus, pembentukan struktur tanah, pelapukan mineral primer menjadi mineral sekunder (mineral liat tipe 1:1 dan seperti mineral liat kaolinit dan tipe 2:1 seperti mineral liat montmorilonit).
- 4) Pergerakan di dalam solum tanah misalnya: pemindahan liat (Arsyad, 2010).

Dalam kegiatan hidupnya manusia banyak memanfaatkan sumber-sumber daya alam. Di antara sumber daya alam tersebut, tanah merupakan sumber daya alam terpenting yang dipergunakan sebagai tempat kegiatan hidup dan sebagai wahana persediaan bahan sandang, pangan dan papan untuk kebutuhan hidup manusia. Pemanfaatan sumber daya alam tanah ini sering kali terjadinya kesalahan dan kecerobohan dalam pengelolaannya yaitu pelanggaran terhadap kaidah-kaidah konservasi tanah dan air dalam pembangunan baik sektor pertanian dan sektor lainnya sehingga merupakan penyebab utama dalam terjadinya kerusakan tanah dan akhirnya menurunkan tingkat produktivitas tanah dan lingkungan.

Di daerah beriklim tropis basah kerusakan tanah umumnya terjadi pada daerah lahan usaha tani tanaman semusim tanpa irigasi sebagai akibat seringnya tanah, terbuka sehingga memberi kesempatan terjadinya dispersi, erosi dan pencucian. Selanjutnya, sistem pertanian yang eksploitatif atau pertanian intensif di kawasan budidaya pertanian atau kawasan *upper* DAS atau hulu DAS tanpa memperhatikan kelas kemampuan lahan serta mengangkut keluar sisa-sisa tanaman atau sisa panen tanpa ada usaha pengembaliannya, telah mempercepat terjadinya kerusakan tanah. Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa (FAO, 2014) melaporkan dalam memperingati Hari Tanah Dunia Pertama pada tanggal 5 Desember 2014, memperkirakan bahwa sepertiga dari seluruh lapisan tanah di dunia telah terdegradasi. Degradasi tanah terjadi karena erosi,

pemadatan, penutupan tanah, bahan organik dan penipisan nutrisi tanah, pengasaman, polusi dan proses lain yang disebabkan praktek-praktek pengelolaan lahan yang tidak berkelanjutan (Suara Pembaharuan, 2014).

Degradasi lahan bukanlah isu baru di Indonesia, bahkan tantangan masalah lahan di Indonesia ke depan antara lain adalah degradasi lahan meliputi masalah kesuburan kimia, fisik dan biologi tanah) dan lahan kritis mencapai luas 24 juta hektar akibat erosi yang menimbulkan kerusakan lingkungan. Meningkatnya degradasi lahan di Indonesia, juga terjadi di provinsi Sumatera Barat, seperti pada lahan pertanian (sentra produksi tanaman sayur-sayuran dan hortikultura), lahan perkebunan. Seiring dengan pertambahan populasi penduduk akan kebutuhan pembangunan ekonomi. Dimana-mana di Indonesia yang merupakan daerah tropika basah dengan curah hujan dan intensitasnya yang tinggi dengan tanahnya mempunyai nilai erodibilitas tinggi.

Tanah sebagai sumber daya alam (SDA) kalau telah mengalami degradasi berarti kualitasnya menurun dan dalam arti yang luas dikatakan produktivitasnya menurun. Degradasi tanah dapat terjadi dalam banyak bentuk dan menimbulkan bermacam-macam akibat. Misalnya dalam usaha pertanian di lahan kering, yang secara potensial menimbulkan dampak adalah akibat perilaku aktivitas manusia (*anthropogenic activity*) dalam pemanfaatan lahan yang tidak mengindahkan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air, penggunaan *agrochemical* (pupuk buatan dan pestisida) yang tidak ramah lingkungan dan sistem pertanian yang dengan budidaya monokultur (Rusman, 2015).

Tingginya permintaan akan lahan untuk pembangunan ekonomi, khususnya untuk lahan pertanian dan perkebunan sawit, menyebabkan masyarakat melakukan perambahan di kawasan hutan alami bahkan sampai ke kawasan hutan lindung yang tidak sesuai dengan kelas kemampuan lahannya serta tidak mengindahkan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air (KTA), yang mengakibatkan daya dukung lingkungan wilayah ini akan mengalami penurunan, dan

menyebabkan terjadinya degradasi lahan oleh erosi, dan kekeringan akhirnya produktivitas lahan menurun, sehingga fungsi tanah akan hilang fungsinya sebagai penyedia *green water*, media tumbuh, habitat organisme tanah, siklus unsur hara, penyedia dan pemurni air dan media bangunan, sehingga tanah sebagai penyangga kehidupan akan hilang fungsinya. Bagaimana potensi lahan di Indonesia saat ini untuk pertanian dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada negara sedang berkembang yang dicirikan oleh faktor sosial ekonominya masih rendah, dan kelembagaan yang juga masih lemah maka kerusakan tanah yang terjadi sering disebabkan oleh kebutuhan hidup, karena petani miskin tidak mampu mengelola usaha tani konservasi secara swadaya yang merupakan awal dari proses penurunan produktivitas tanah dan penurunan kualitas lingkungan yang dicirikan oleh: a). kerusakan lapisan olah tanah, b). pemadatan tanah, c). kerusakan fungsi hidrologis, d). peningkatan erosi dan sedimentasi, e). mikro organisme berkurang termasuk predator hama, f). penurunan kesuburan tanah.

Pada awalnya, usaha pertanian tanaman semusim berupa ladang berpindah-pindah tanpa menerapkan kaidah-kaidah konservasi tanah, merupakan sumber utama menyebabkan kerusakan tanah di Indonesia. Kegiatan penebangan hutan dan pembakaran hutan atau deforestasi dilakukan secara besar-besaran sejak awal tahun tujuh puluhan untuk pembangunan kawasan transmigrasi, perkebunan. Sejak tahun 1997 sampai tahun 2019 malapetaka kebakaran telah dirasakan secara nasional di Indonesia dan dampaknya dirasakan oleh negara tetangga.

Tabel 1. Potensi lahan kering untuk perkembangan pertanian di Indonesia

PULAU	Potensi Lahan				TOTAL
	Tanaman Pangan (TP)	Tanaman Sayuran (TS)	Tanaman Tahunan (TT)	Pengembalaan Ternak (PT)	
Sumatera	10.812.354	40.203	17.703.303	-	28.555.860
Jawa	1.900.124	1.008.667	5.868.687	-	8.786.487
Bali & Nusa Tenggara	1.139.258	44.449	2.515.790	586.335	4.285.831
Kalimantan	7.333.240	-	22.040.823	206.452	30.480.524
Sulawesi	1.005.008	26.074	6.100.556	906.285	9.110.813
Maluku	824.533	5.104	3.680.136	560.256	5.070.110
Papua	5.468.840	-	7.808.768	67.434	13.345.042
Indonesia	20.303.356	1.125.497	66.717.062	2.416.761	90.652.676
%	20.50	1.13	66.95	2.43	100.000

Sumber : (BBSDL, 2015)

Penurunan produksi pertanian dapat disebabkan oleh turunnya nilai produktivitas tanah yang terjadi karena: (1) kemunduran sifat fisika tanah, (2) lekas merosotnya kandungan bahan organik dan sifat fisika tanah, (3) retensi air tanah dan kelembaban tanah makin menurun, dan (4) makin merosotnya kesuburan tanah akibat tidak dikembalikan sisa panen ke lahan pertanian dan tidak dilakukannya pemupukan yang berimbang. Sedangkan sasaran yang akan dicapai dalam usaha peningkatan produksi pertanian adalah peningkatan hasil persatuan luas suatu lahan pertanian melalui teknik pengelolaan tanah yang tepat (Arsyad, 2010)

Kesalahan dalam pengelolaan tanah dapat menyebabkan hilangnya lapisan tanah atas (*top soil*) yang merupakan lapisan vital untuk menyangga pertumbuhan tanaman, sehingga merupakan keharusan kepada kita semuanya untuk memelihara sumber daya alam tanah tersebut melalui penerapan KTA, karena tanah merupakan hal yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia sebab tanah menyediakan sebagian besar kebutuhan pangan, sandang dan papan. Sehubungan dengan alasan tersebut, maka fungsi tanah bagi kehidupan manusia perlu dijaga terus secara berkelanjutan.

Menurut Sinukaban (1996) dalam mewujudkan pembangunan pertanian yang berkelanjutan haruslah dicirikan oleh beberapa hal sebagai berikut:

- 1) Produktivitas dan pendapatan usaha tani cukup tinggi sehingga mereka selalu bergairah melaksanakan/ mengembangkan usaha taninya.
- 2) Erosi harus cukup rendah, yaitu lebih rendah dari tingkat erosi yang dapat ditoleransi, agar produktivitas yang tinggi tersebut dapat dipertahankan dan atau dikembangkan terus menerus.
- 3) Agro-teknologi yang dianjurkan dalam usaha taninya dapat diterima dan dilaksanakan oleh petani.

Tanah sebagai benda alami yang terdiri atas komponen padat, cair, dan gas mempunyai sifat dan perilaku yang dinamik dan sejalan dengan waktu dalam pembentukan dan pengembangannya selalu

mengalami perubahan, apakah akan menjadi tua dan kemudian mempunyai nilai produktivitas yang rendah. Eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan pada saat ini telah menimbulkan kerusakan lingkungan perlu dicegah sedini mungkin dan seperti kita ketahui bahwa tanah dan air bukanlah merupakan warisan nenek moyang, tetapi merupakan pinjaman dari anak cucu kita. Maka untuk itu sudah saat nya tanah tersebut di konservasi dalam penggunaannya (Utomo *et al.*, 2016).

Hutan alami, bila dibandingkan dengan penutupan lahan apapun, memiliki berbagai kelebihan dalam meredam intensitas hujan atau Ek dan mengendalikan terjadinya banjir, erosi, sedimentasi dan tanah longsor. Hutan alam, khususnya yang berada di pergunungan atau kawasan hulu DAS bukan hanya berfungsi sebagai pengatur tata air (*regulate water*), namun juga penghasil air (*produce water*). Hutan memberikan kemungkinan terbaik bagi perbaikan sifat kimia, fisika dan biologi tanah, khususnya dalam menyimpan air dan hutan alam memberikan tawaran penggunaan lahan yang paling aman secara ekologi. (Kementerian Kehutanan, 2013). Hal ini disebabkan: (1) Pepohonan pada hutan alam menghasilkan serasah yang cukup tinggi sehingga mampu meningkatkan kandungan bahan organik lantai hutan, sedemikian rupa sehingga lantai hutan memiliki kapasitas peresapan air (infiltrasi) yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan lahan non hutan. Tingginya lapisan serasah tersebut meningkatkan pula aktivitas biologi tanah, sehingga membuat tanah memiliki macroporosity yang tinggi; (2) Stratifikasi hutan alam, tinggi sarasah dan tumbuhan bawahnya akan memberikan penutupan lahan secara ganda dan akan efektif untuk mengendalikan erosivitas hujan, *run off* dan erosi; dan (3) Dari bentang alam (*landscape*) hutan memberikan tawaran penggunaan lahan yang paling aman secara ekologis.

Kerusakan tanah dapat terjadi oleh: (a) kehilangan unsur hara dan bahan organik dari daerah perakaran; (b) terkumpulnya garam di daerah perakaran (salinisasi), terkumpulnya atau terungkapnya unsur atau senyawa yang merupakan racun bagi tanaman; (c) penjenjutan

tanah oleh air (*water logging*); dan (erosi). Kerusakan tanah oleh satu atau lebih proses tersebut menyebabkan berkurangnya kemampuan tanah untuk mendukung pertumbuhan tanam atau menghasilkan barang atau jasa (Riquier, 1977)

Kesalahan dalam pengelolaan tanah dapat menyebabkan hilangnya lapisan tanah atas yang merupakan lapisan vital untuk menyangga pertumbuhan tanaman, sehingga merupakan keharusan kepada kita semuanya untuk memelihara sumber daya alam tanah tersebut, karena tanah merupakan hal yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia sebab tanah menyediakan sebagian besar kebutuhan pangan, sandang dan papan. Sehubungan dengan alasan tersebut, maka fungsi tanah bagi kehidupan manusia perlu dijaga terus secara berkelanjutan.

Hutan dan setiap usaha tani mempunyai kondisi tutupan lahan yang berbeda sehingga menyebabkan perbedaan kepadatan, aliran permukaan dan erosi yang berbeda. Penggunaan lahan usaha kelapa sawit menyebabkan erosi dan aliran permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan hutan (Sunarti *et al.*, 2009).

Sedangkan dampak *ex-situ* merupakan dampak erosi yang muncul di tempat lain, yang terjadi karena adanya pengangkutan (tanah dan unsur hara) bersama aliran permukaan dari satu tempat dan diendapkan di tempat lainnya, baik pada tingkat plot maupun kawasan. Dampak *ex-situ* terhadap sedimentasi dan sistem hidrologi cepat atau lambat akan dirasakan oleh masyarakat yang terutama tinggal di bagian lebih bawah (hilir), sehingga sering kali memicu terjadinya konflik antar kelompok masyarakat. Dengan demikian, erosi ini merupakan salah satu penyebab kurang sehatnya sistem pertanian. Dampak erosi tersebut dibedakan menjadi dua, yaitu yang bersifat '*on-site*' (dampak *in situ*) dan '*off-site*' (dampak *ex situ*) yang bisa terjadi pada berbagai tingkat mulai dari lokal, regional sampai global. Dampak erosi *in situ* dapat dilihat dan dirasakan dimana erosi itu terjadi penurunan produktivitas tanah dan mengurangi keuntungan agronomis bagi petani.

Erosi mempengaruhi kualitas tanah dalam jangka panjang, seperti berkurangnya kedalaman perakaran tanaman, penurunan kapasitas menahan air tersedia bagi tanaman, menurunnya kandungan bahan organik tanah dan munculnya lapisan bawah tanah ke permukaan yang sifat kesuburan, fisik dan biologinya relatif lebih buruk dari pada lapisan atas.

III. FAKTOR MANUSIA (ANTROPOGENIK) DALAM KONSERVASI TANAH

Pada akhirnya manusialah yang menentukan apakah sumber daya alam yang diusahakannya akan rusak atau tidak produktif atau akan lebih baik dan produktif secara lestari dan berkelanjutan. Kesalahan dalam pengelolaan tanah dan tanaman (*soil and crop management*) dapat menimbulkan kerusakan tanah dan lingkungan.

Salah satu isu nasional dan global di Indonesia saat ini adalah terkait dengan deforestasi yang tinggi, dimana hutan alami diubah menjadi APL seperti pembukaan kebun sawit, pertambangan ,yang dalam pembukaan lahannya dilakukan dengan pembakaran dan akan menyebabkan kandungan C-organik tanah dan agregasi tanah menurun sehingga dapat menimbulkan penurunan kualitas dan resiliensi tanah. Dari beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa hal tersebut dalam jangka pendek dengan cepat dapat menurunkan kandungan C-organik tanah dan agregasi, retensi air tanah, respirasi tanah, serta meningkatkan *bulk density* tanah. Melalui konservasi tanah dan air, maka resiliensi tanah dapat ditingkatkan untuk memulihkan fungsi ekosistem tanah di daerah tropis basah untuk dapat mencapai keberlanjutan ekosistem pertanian yang multifungsi.

Faktor lain adalah pertambahan penduduk yang cukup besar di Indonesia menyebabkan dibutuhkannya jumlah pangan, air dan lahan pertanian yang cukup besar di masa datang. Adapun untuk kebutuhan pembangunan untuk memenuhi kebutuhan pangan, papan dan sandang akan menyebabkan terjadinya persaingan dalam penggunaan lahan sehingga petani menjadi terdesak untuk memanfaatkan lahan

kering di daerah berlereng yang curam sebagai areal pertanian. Lahan ini tergolong kepada lahan yang marginal/sub optimal untuk usaha tanaman semusim, dengan kondisi ini akan menyebabkan lahan tersebut menjadi rawan terhadap erosi apabila tidak diikuti dengan tindakan teknik konservasi tanah dan air dalam pengelolaan lahannya.

Di Indonesia jumlah penduduk miskin paling banyak dijumpai di daerah pedesaan dan memiliki sumber kehidupan dari usaha tani tanaman pangan, sayur-sayuran dan palawija serta perkebunan rakyat. Problematika saat ini sebagian besar petani di daerah pedesaan hidup di bawah garis kemiskinan dan lahan yang digarap juga miskin unsur hara (lahan marginal) sehingga produksi pertanian menjadi rendah dan apa yang terjadi adalah sinergitas yang saling memiskinkan antara petani miskin dengan lahan marginal. Petani yang miskin akan menggunakan lahan hanya untuk memenuhi kebutuhan hidupnya tanpa memperhitungkan daya dukung sumber daya lahan. Penurunan kualitas sumber daya lahan dan tingkat hidup petani di lahan marginal dapat merupakan sebab dan akibat dari kemiskinan petani sebab kemiskinan dapat menyebabkan degradasi lahan pertanian.

Luas lahan kritis yang mencapai 14,01 juta hektar adalah lahan yang telah terdegradasi dimana lahan tersebut telah mengalami penurunan fungsi dan potensinya. Lahan kritis dapat terjadi karena tidak sesuainya penggunaan dengan kemampuannya, telah mengalami proses kerusakan fisik, kimia dan biologi, yang akhirnya membahayakan fungsi hidrologi, orologi, produksi pertanian, pemukiman dan sosial ekonomi masyarakat dalam lingkungannya yang dipengaruhi (Barchia, 2009).

Menurut Prawito *et al.* (2010) bahwa kekritisan lahan berkaitan erat dengan kegiatan dan kehidupan manusia. Kegiatan manusia di daratan sebenarnya tidak hanya bertumpu pada tanah saja tetapi melibatkan keseluruhan lahan. Kegiatan manusia yang berhubungan dengan lingkungan dan pertanian dalam arti luas selalu melibatkan semua sumber daya alam yang menjadi unsur utama lahan. Diantara

enam unsur utama lahan tersebut ada yang banyak dapat diperbuat manusia seperti unsur tanah, fauna, flora dan air serta ada yang dapat diperbuat manusia sangat terbatas yaitu unsur iklim.

Luas pemilikan lahan yang sempit, kurangnya pengetahuan petani dan miskinnya penerapan konservasi tanah dan air serta keadaan sosial ekonomi masyarakat yang miskin dipedesaan ikut mendorong mereka dalam penggunaan lahan yang sembrono atau tanpa memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air dalam usaha taninya yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan sumber daya alam seperti terjadinya erosi. Sehingga dalam pengendalian erosi dan bencana alam seperti longsor pada lahan-lahan pertanian ke depan, maka faktor manusia sebagai pelaku dalam pemanfaatan sumber daya alam tersebut perlu mendapat perhatian kita bersama untuk dapat diadvokasi dalam menjaga kelestarian lahan-lahan pertanian dan diperlukan pula pendekatan sosial budaya melalui kearifan lokal dalam rangka perencanaan tata guna lahan berbasiskan aspek ekonomi, ekologi dan sosial.

Dijelaskan oleh Sukmana (1997) bahwa kerusakan sumber daya alam di negara-negara yang sedang berkembang termasuk di Indonesia sedang menjadi isu besar dalam beberapa dekade terakhir ini. Istilah yang cukup menakutkan yang belum lama diperkenalkan oleh FAO adalah desertifikasi (kata asal *desert* yang berarti padang pasir). Desertifikasi adalah menurunnya atau rusaknya potensi biologis lahan dan dapat mengarah ke kondisi menyerupai padang pasir. Proses desertifikasi ini sedang menimbulkan ancaman yang serius terhadap kehidupan di dunia. Penurunan produktivitas disebabkan oleh proses desertifikasi ini yang paling buruk terjadi di kawasan Asia dan Pasifik. Di kawasan ini diperkirakan ada sekitar 7 juta hektar lahan kering tadah hujan sedang mengalami proses desertifikasi.

Kajian global menunjukkan bahwa persentase lahan yang sangat terdegradasi meningkat dari 15 % (1991) menjadi 25% (2011). Proses degradasi lahan melaju dengan cepat sekali di abad ini dengan perkiraan sekitar 24 miliar ton tanah subur tererosi. Apabila skenario

degradasi lahan terus dibiarkan seperti ini, *business as usual* (BAU) maka permintaan global akan pangan, energi dan air tidak akan berkelanjutan dan lestari, kecuali kita melindungi dan merestorasi kesuburan tanah kita. Apabila tidak bisa melindungi dan merestorasi kesuburan maka pada tahun 2050 akan diperlukan 3 planet bumi untuk memenuhi kebutuhan konsumsi manusia yang terus meningkat.

Tanah sebagai sumber daya alam kalau telah mengalami degradasi berarti kualitasnya menurun dan dalam arti yang luas dikatakan produktivitasnya menurun. Degradasi tanah dapat terjadi dalam banyak bentuk dapat menimbulkan bermacam-macam akibat. Misalnya dalam usaha pertanian di lahan kering, yang potensial menimbulkan dampak adalah aktivitas manusia dalam pemanfaatan lahan yang tidak mengindahkan kaidah- kaidah konservasi tanah dan air, penggunaan *agrochemical* (pupuk buatan dan pestisida) yang tidak ramah lingkungan, sistem budidaya monokultur. Faktor alami sebagai penyebab terjadi degradasi di wilayah tropis basah, seperti di Indonesia adalah faktor lereng yang curam/berbukit curam, erodibilitas tanah yang tinggi serta curah hujan dan intensitas hujan yang tinggi, sehingga menimbulkan *run off*, erosi dan pencucian liat, bahan organik tanah dan kation-kation basah sehingga menimbulkan banyak menimbulkan degradasi lahan pertanian.

IV. PENUTUP

Upaya penggunaan dan pemanfaatan lahan pertanian ke depan harus dilaksanakan dalam rangka menuju keberlanjutan pertanian tropika basah dengan cara melindungi, memulihkan, meningkatkan dan memelihara fungsi tanah pada lahan pertanian melalui penyelenggaraan konservasi tanah dan air (KTA), sehingga dapat mendukung pembangunan berkelanjutan dan kehidupan yang lestari bagi bangsa Indonesia, sehingga manfaatnya dapat didayagunakan secara berkelanjutan untuk lintas generasi dengan moto: *No Soil, No Food, No Life*.

REFERENSI

- Arsyad S. 2010. Konservasi tanah dan air. Edisi Kedua. IPB Press. Bogor
- Balai Besar Sumber Daya Pertanian. 2015. Sumber daya lahan pertanian: Luas, penyebaran dan potensi ketersediaan. Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) Press
- Barchia MF. 2009. Tanah tropika agroekoteknologi lahan kering. Badan Penerbitan Fakultas Pertanian. UNIB
- Brady NN & Weil RR. 2008. The nature and propeties of soil. Pearson Educational International. New Jersey. 965 p
- Janzen HH, Fixen PE, Franzluebbers AJ, Hattey J, Izaurradle RC, Katterings QM & Lobb DA. 2011. Global prospects rooted in Soil Science. SSSAJ. 75.p.1
- Lal R. 1979. Physical characteristic of soils of the tropcs. determination and management. in soil physical properties and crop production in the tropical. *In* Lal and Greenland. John Wiley and Sons
- Priyono P, Handayani IP & Munawar A. 2010. Rehabilitasi lahan kritis. Badan Penerbitan Fakultas Pertanian. Universitas Bengkulu
- Requier ECA, 1977. Phylosophy of the world assessment of soil degradation and items for discussion. Assessing soil degradation. FAO Soil Bull. Rome
- Rusman B, Agustian, Aprisal & Yasin S. 2018. Andisols water retention under peasant oil palm plantation. International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology (IJASEIT) 8:280-284
- Rusman B. 2017. Konservasi tanah dan lingkungan. Sukabina Press. Padang
- Rusman B. 2014. Metode konservasi tanah. Andalas University Press. Padang

- Rusman B. 2006. Konservasi tanah sebagai penyelamat SDA dan lingkungan menuju pembangunan pertanian berkelanjutan. *Dalam* membangun Indonesia nan jaya: pokok pokok pikiran dari Universitas Andalas tentang beberapa aspek kebijakan pembangunan Indonesia. Universitas Andalas. Padang
- Sinukaban N. 1996. Pembangunan pemukiman transmigrasi ASRI. Kongres II dan Seminar Nasional MKTI. Universitas Brawijaya. Malang
- Soegiri EW & Syaiful A. 2013. Zero net land degradation. Jalan mencapai target RIO+20 outcome the future we want. *Dalam* Bunga Rampai III konservasi tanah dan air. MKTI
- Sunarti. 2010. Prediksi erosi pada lahan pertanian di DAS Batang Pelepat, Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian (BKS-PTN) Wilayah Barat, Fakultas Pertanian. UNIB
- Sukmana S. 1997. Konservasi tanah dalam pengelolaan sumberdaya lahan kering di Indonesia. Kumpulan Informasi APAN, GTZ. Bogor
- Utomo M, Sudarsono, Rusman B, Sabrina T, Lumbanraja J & Wawan. 2016. Ilmu tanah. Dasar-dasar dan pengelolaan. Prenadamedia Group. Jakarta
- Undang-Undang No.32. Tahun 2009. Tentang Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.
- Undang-Undang No 37. Tahun 2014. Tentang Konservasi tanah dan air.

Manajemen Lahan Berbasiskan Daerah Aliran Sungai

Aprisal

*Dosen bidang Konservasi Tanah dan Air pada Jurusan Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas Andalas.
e-mail: aprisal@agr.unand.ac.id; aprisalunand@gmail.com*

I. PENDAHULUAN

Pengelolaan sumber daya lahan di daerah tropika basah sangat penting sekali diperhatikan dampak terhadap kerusakan lahan. Pemanfaatan lahan untuk usaha pertanian adalah usaha masyarakat paling dominan di daerah tropika basah. Hal ini dikarenakan curah hujan yang cukup tinggi sehingga air relatif tersedia sepanjang tahun. Penggunaan lahan untuk pertanian merupakan pengusahaan lahan yang sangat intensif dan dinamis. Hal ini akan menyebabkan cepatnya terjadi perubahan karakteristik dari lahan tersebut. Pada masa mendatang tantangan pemanfaatan lahan semakin meningkat dan semakin kompleks. Tantangan tersebut seperti: (1) tekanan penduduk terhadap pemanfaatan sumber daya lahan, (2) konversi lahan serta alih fungsi lahan, (3) degradasi kawasan hutan dan terjadinya kerusakan lahan, (4) kerusakan lingkungan hidup dan meningkatnya bencana alam (Worosuprojo, 2007). Berdasarkan hal tersebut maka perlu ada patron dalam perencanaan pengelolaan sumber daya lahan yang berkelanjutan harus bisa terukur dampaknya.

Baik tidaknya sistem pengolahan tanah biasanya akan tercermin dari respons hidrologis dari daerah tersebut. Respons hidrologis tersebut dapat dilihat dari besarnya curah hujan yang diserap oleh tanah dan yang menjadi aliran permukaan (*run off*). Apabila jumlah aliran permukaan lebih besar dari air yang serap maka

tanah tererosi akan semakin besar dan melewati batas erosi yang ditoleransikan (ETOL). Untuk melihat aspek ini biasanya dilihat dari unit pengelolaan lahan yang berbasiskan DAS, baik itu DAS besar atau sub DAS maupun DAS Mikro. Secara visual bisa dilihat pada musim hujan yakni air sungai kelihatan kotor atau keruh seperti warna tanah. Itu artinya telah terjadi pengikisan permukaan tanah oleh *run off* dan membawanya sebagian ke alur sungai.

Kebijakan dalam pengelolaan sumber daya lahan kawasan DAS diperlukan penekanan dalam pemanfaatan teknologi dan penunjang operasional khususnya pada lembaga-lembaga yang terkait dalam pengelolaan kawasan DAS. Dalam pengembangan pengelolaan lahan terdapat sedikitnya lima teknologi yang wajib dilakukan seperti:

1. Kondisi lingkungan setempat mendukung kegiatan teknis;
2. Menguntungkan dari segi ekonomi;
3. Tidak bertentangan dengan kondisi sosial masyarakat dan teknologi tersebut mendorong motivasi petani;
4. Tidak merusak atau mencemari lingkungan, dan;
5. Kegiatan teknis tersebut mampu memberikan dorongan secara berkelanjutan terhadap pertumbuhan wilayah (Satari *et al.*, 1991).

II. DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan sistem pengelolaan yang memperoleh masukan ke dalam kawasan DAS berupa hujan dan kegiatan manusia dalam pemanfaatan kawasan sehingga menghasilkan luaran berupa produksi, limpasan permukaan serta hasil erosi tanah berupa sedimentasi (Asdak, 2010). Dalam Pengelolaan DAS tujuan utama yaitu tercapainya pemanfaatan secara lestari dan meningkatnya manfaat DAS bagi masyarakat, dengan cara mempertahankan daya dukung dan memulihkan kawasan DAS yang telah rusak.

DAS merupakan ekosistem alami atau buatan yang tersusun dalam komponen biotik dan abiotik yang saling berintegrasi antar komponen dan bersifat dinamis. Kualitas DAS sangat tergantung

kepada faktor biotik khususnya intervensi manusia yang memanfaatkan sumber daya alam baik secara lestari ataupun tidak. Dalam kawasan DAS terjadi interaksi antara pemanfaat sumber daya alam yaitu manusia dengan sumber daya alam itu sendiri yang mempengaruhi kelestarian kawasan DAS. Interaksi tersebut tidak hanya bersifat *onsite* pada kondisi setempat tetapi juga bersifat *offsite* pada tempat lain. Hal ini dapat diartikan bahwa dalam pengelolaan kawasan DAS harus dilakukan secara menyeluruh dari kawasan hulu DAS sampai pada kawasan hilir.

Komponen DAS

Kaitannya dengan sistem hidrologi, DAS mempunyai karakteristik yang spesifik serta erat dengan unsur utama seperti tanah, tata guna lahan, topografi, kemiringan dan panjang lereng, pada saat merespons curah hujan dapat memberikan pengaruh terhadap besar kecilnya evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, air larian, aliran permukaan, kandungan air tanah dan aliran sungai. Parameter DAS paling mudah untuk diperoleh dan relatif tidak banyak mengalami perubahan adalah sifat geografik dan morfometri DAS.

Biofisik DAS, merupakan sekelompok fenomena geosfer yang terdiri dari unsur fisik dan biologis yang saling berkaitan dan mempunyai hubungan fungsional antara satu dengan lainnya. Sebagai contoh biofisik DAS dapat berupa morfometri DAS, kemiringan lereng, bentuk lahan, kondisi tanah (unsur fisik), dan tata guna lahan, penyebaran vegetasi, manusia (unsur biologi). Karakteristik fisik DAS atau morfometri DAS merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan keadaan jaringan alur sungai secara kuantitatif (Soewarno, 1991). Keadaan yang dimaksud untuk analisis DAS antara lain meliputi: luas, bentuk, pola dan kerapatan aliran, orde percabangan sungai, panjang dan gradien sungai. Keadaan karakteristik DAS tersebut sangat mempengaruhi komponen hidrologi kawasan DAS.

Komponen hidrologi yang terdampak kegiatan pembangunan di dalam DAS meliputi keadaan air tanah yang mempengaruhi koefisien aliran permukaan yang berdampak terhadap nisbah debit maksimum-minimum, koefisien regim sungai, kandungan sedimen melayang serta periode dan frekuensi banjir kawasan DAS.

Koefisien aliran permukaan (C) merupakan perbandingan antara besarnya aliran permukaan terhadap jumlah curah hujan. Contoh $C=0,55$ artinya 55% total curah hujan akan mengalir sebagai aliran permukaan (*surface run off*). Nilai C dapat menjelaskan kondisi DAS yang masih baik apabila mempunyai nilai yang kecil dari 1. Sebaliknya nilai C yang melebihi 1 menjelaskan bahwa DAS tersebut telah mengalami kerusakan.

Koefisien regim sungai (KRS) menjelaskan perbandingan antara debit maksimum dan debit minimum. Semakin besar nilai KRS semakin besar fluktuasi debit yang dihasilkan suatu DAS. Hal ini dapat diartikan bahwa DAS tidak mampu dalam menyediakan volume air secara merata pada saat musim kemarau dan menjaga volume air pada saat musim hujan. Tidak mempunya suatu DAS dalam menjaga kuantitas air secara seimbang diakibatkan oleh kurangnya peranan vegetasi dalam meredam energi kinetik curah hujan yang berdampak terhadap besarnya erosi, rendahnya infiltrasi ke dalam tanah dan besarnya aliran permukaan.

Lahan

Lahan dipandang sebagai suatu "sistem" mempunyai komponen yang saling berintegrasi antara lingkungan fisik dengan komponen biotik. Lingkungan fisik tersebut berupa topografi, batuan, tanah dan air, iklim. Sedangkan lingkungan biotik adalah manusia, hewan serta tumbuhan. Sys (1985) menyebutkan bahwa terdapat enam kelompok dalam sumber daya lahan yang berkaitan dalam bidang pertanian, (i) tanah, (ii) air, (iii) iklim, (iv) vegetasi (v) relief dan formasi geologis, (vi) anasir artifisial (buatan).

Pemecahan permasalahan sumber daya lahan harus dipandang secara menyeluruh sebagai suatu pendekatan sistem. Sehingga apabila

satu komponen dalam sistem tidak berjalan dengan baik dapat terdeteksi sedini mungkin dan mendapat prioritas dalam penanganannya. Selanjutnya menurut (Soemarno, 1990) subsistem dalam sumber daya lahan mempunyai bagian- bagian yang bersifat dinamis. Prinsip-prinsip penggunaan sumber daya lahan sebagai unsur lingkungan dan keterkaitannya dengan keanekaragaman hayati dan peningkatan jumlah penduduk merupakan isu pokok dalam perubahan ekosistem.

Pengelolaan Sumber Daya Lahan

Lahan dipandang sebagai suatu bentangan alam yang mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia. Hal ini dikarenakan kehidupan manusia berada di atas lahan dan manusia sebagai pemanfaatnya. Hal ini dapat diartikan bahwa manusia mempunyai intervensi yang sangat besar dalam pengelolaannya untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Hal yang sama juga di ungkapkan oleh (Sys, 1985) bahwa keberadaan lahan menghasilkan interaksi dengan manusia agar tercapai pemenuhan kebutuhan.

Dalam hubungan tersebut jika dalam pengelolaan sumber daya lahan oleh manusia tidak memperhatikan keberlanjutan lingkungan tentunya akan menimbulkan dampak yang dirasakan masa sekarang dan masa yang akan datang. Tidak itu saja dalam pengelolaan sumber daya lahan sering terjadi benturan kepentingan antara pihak terkait dalam upaya pengelolaan lahan. Sehingga menghasilkan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan daya dukung dan daya tampung lingkungan.

Nilai penggunaan lahan dipengaruhi oleh tiga faktor utama dalam pengelolaannya seperti (i) lokasi lahan, baik dipandang dari hasil produksi ataupun dari sarana prasarana, (ii) kualitas fisik lahan, (iii) interaksi yang ditimbulkan di antara keduanya. Meningkatnya nilai lahan tergantung kepada kondisi biofisik dan lokasi serta aksesibilitas yang dekat dengan pusat pertumbuhan dan pasar. Kualitas fisik lahan mempunyai batasan yang dalam konsep

agroekologis disebut dengan kesesuaian lahan dan ketersediaan air. Batasan tersebut mempengaruhi keberhasilan dalam pengelolaan lahan seperti usaha tani konservasi.

Dalam usaha konservasi sumber daya lahan yang menjadi fokus penting adalah melihat hubungan antara kebutuhan usaha tani dan aspek konservasi dengan tujuan keberhasilan pengelolaan lahan. Dalam usaha tani konservasi ada empat sasaran utama dalam merancang program yang harus ditelaah, seperti (1) suplai pangan yang tersedia untuk petani, (2) memenuhi kebutuhan sosial-budaya dari masyarakat, (3) terciptanya sumber daya yang dapat dimanfaatkan secara langsung, (3) adanya tambahan pendapatan. Khusus pada dataran tinggi ataupun pegunungan terdapat tiga faktor yang sangat berpengaruh seperti: (1) strategi dan kebijakan daerah pegunungan, (2) tekanan penduduk terhadap sumber daya lahan, (3) pengelolaan kesuburan tanah.

Brinkman & Smyth (1973) menjelaskan pengembangan komoditas dalam usaha pertanian lahan kering, konsep agroekologis menjadi sarat pokok dalam pengembangan komoditas tersebut. Kelalaian dalam mempertimbangkan aspek tersebut berdampak terhadap kerugian sosial dan ekonomis. Seperti turunnya kualitas sumber daya lahan yang dapat tercermin dari munculnya tanah atau lahan kritis dan sedimentasi pada perairan. Soekardi & Eswaran (1991) menambahkan ekosistem dataran tinggi pegunungan (*highland areas*) dapat menjadi kendala atau penunjang dan pengembangan sistem pertanian berkelanjutan. Terdapat tiga ciri ekosistem penting dalam sistem sumber daya lahan seperti: (1) *landform*, (2) iklim, dan (3) sumber daya tanah. Selanjutnya proses pendukung seperti geomorfik dan proses-proses pedologis. Pada daerah ketinggian atau pegunungan kondisi setempat dicirikan dengan ketinggian >800 mdpl, curah hujan >2000 mm per tahun dengan rata-rata temperatur udara 15°C-29°C. Ekosistem ini terdapat keunggulan dalam penggunaan lahan pertanian dengan berbagai jenis penggunaan lahan dan sistem pertanaman.

Kondisi ekosistem daerah pegunungan mempunyai keunggulan bagi pengembangan berbagai jenis penggunaan lahan pertanian dengan banyak pilihan sistem pertanaman (*cropping systems*). Pada kenyataannya potensi ini mempunyai keunggulan dalam mendatangkan investasi dari daerah lain untuk menggarap lahan secara intensif. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya kesenjangan yang besar antara pengguna sumber daya dan karakteristik sumber daya.

Kesenjangan tersebut akan melampaui batas toleransi jika melampaui daya dukung sumber daya. Sedangkan untuk mempertahankan kehidupan di daerah pegunungan, petani mempunyai strategi tersendiri seperti: (1) Petani mengembangkan cara pengelolaan sumber daya lahan dengan beternak, kehutanan, aktivitas produksi tanaman dan hortikultura, (2) Alam menghadapi bencana, petani mengembangkan metode indigenous dalam pengelolaan lahan untuk menghindari risiko kegagalan dan terjadinya bencana. Serta menggunakan teknologi yang rendah input dan mudah dimengerti oleh masyarakat.

Daya Dukung Lahan

Daya dukung lahan (*Land Carrying Capacity*) merupakan batas kesanggupan lahan dalam mendukung kehidupan suatu ekosistem yang terjadi akibat penggunaannya. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi biofisik, sosial, ekonomi dan budaya satu dan lainnya saling berinteraksi. Daya dukung lahan juga dipengaruhi oleh persentase luasan lahan yang digunakan untuk mendukung kehidupan secara lestari serta berkelanjutan dan sesuai dengan prinsip-prinsip konservasi lahan.

Dalam menentukan daya dukung lahan potensi sumber daya alam, buatan dan manusia sangat mempengaruhi daya dukung lahan tersebut. Tidak itu saja daya dukung lahan juga dipengaruhi oleh teknologi yang digunakan dalam pengelolaan sumber daya alam, pendapatan serta jenis pekerjaan penduduk. Hal ini dapat diartikan bahwa

aktivitas manusia sebagai pemanfaat lahan untuk mencukupi kebutuhan hidup dan segala aktivitasnya sangat membutuhkan lahan, sehingga ketersediaan lahan sangat ditentukan oleh aktivitas manusia. Jumlah penduduk juga memainkan peranan penting dalam meningkatkan daya dukung lahan. Apabila jumlah penduduk suatu wilayah sangat tinggi dan sumber daya lahan terbatas, maka akan mempengaruhi tingkat konsumsi dan kebutuhan masyarakat sehingga berdampak terhadap standar kehidupan yang layak pada suatu daerah. Daya dukung lahan juga dipandang sebagai suatu sistem yang saling berinteraksi antara kemampuan dan kesesuaian lahan. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Dampak penggunaan lahan dapat ditaksir atas dasar ketahanan ekosistem terhadap penggunaan lahan. Hal ini bertujuan untuk menumbuhkan serta meningkatkan manfaat untuk masyarakat.
2. Imbangan kemampuan lahan ditentukan oleh daya dukung ekologi, fasilitas, psikologi, ekonomi dan estetika yang dijadikan sebagai tolak ukur yang berdasarkan kepada kepentingan atau tujuan yang diinginkan serta latar belakangnya.
3. Kelayakan lahan yang ditinjau dari kemampuan dan kesesuaian. Riyadi & Bratakusumah (2004) menjelaskan bahwa ada lima faktor penentu daya dukung lahan pada suatu daerah:

Total area lahan pertanian, Total area lahan pertanian merupakan banyaknya lahan yang dapat digunakan sebagai kegiatan pertanian pada suatu daerah. Lahan dipandang sebagai sumber daya yang sangat penting dalam menunjang kehidupan manusia, hal ini dikarenakan lahan tersebut dapat dimanfaatkan untuk pertanian, permukiman, daerah industri serta sarana dan prasarana lainnya.

Lahan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi karena keberadaan lahan tidak bertambah sedangkan kebutuhan penggunaannya semakin meningkat. Lahan dapat dimanfaatkan untuk menunjang aktivitas manusia, dominan dimanfaatkan dalam sektor pertanian tanaman pangan, tanaman keras, perikanan, padang penggembalaan dan kehutanan. Pemanfaatan tersebut menghasilkan

nilai ekonomis karena menghasilkan barang untuk kebutuhan manusia.

Frekuensi panen/hektar/tahun, frekuensi panen menjelaskan waktu yang diperlukan untuk pemanenan baik dalam waktu relatif pendek ataupun panjang yang tergantung kepada umur tanaman. Frekuensi panen dipengaruhi oleh kesuburan tanah, ketersediaan air dan sumber daya lahan. Dalam menunjang kegiatan pertanian diperlukan sarana dan prasarana yang memadai sehingga diperoleh hasil panen yang tinggi. Di samping itu untuk untuk mendapatkan hasil panen yang tinggi dibutuhkan perencanaan yang baik termasuk kepada pemilihan jenis tanaman jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang.

Jumlah Kepala Keluarga (rumah tangga), rumah tangga merupakan sekelompok orang yang berada suatu bangunan dengan dominan aktivitas kehidupannya berada di sana. Jumlah rumah tangga pada suatu wilayah sangat menentukan daya dukung lahan yang dipengaruhi oleh keberadaan sumber daya lahan. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin banyak jumlah rumah tangga pada suatu wilayah, maka akan berpotensi semakin banyak jumlah penduduk pada wilayah tersebut. Banyaknya jumlah penduduk akan meningkatkan kebutuhan lahan, baik untuk permukiman, pertanian dan sektor pendukung lainnya.

Persentase Jumlah Penduduk, jumlah penduduk dengan kepadatan yang tinggi mempengaruhi daya dukung lahan. Oleh sebab itu laju pertumbuhan penduduk yang tinggi harus ditekan sesuai dengan daya dukung lahan. Bertambahnya jumlah penduduk bertambah tenaga kerja. Pertumbuhan penduduk berakibat terhadap menurunnya kualitas lingkungan hidup jika melebihi daya dukung dan daya tampung lingkungan hidup.

Ukuran rata-rata lahan pertanian yang dimiliki petani, sistem kepemilikan tanah di Indonesia, selain perorangan juga ada untuk kepentingan bersama yang disebut sebagai tanah kelurahan/daerah. Tanah ini dianggap sebagai modal bersama sehingga setiap warga atau

masyarakat mempunyai hak dalam penguasaan tanah tersebut. Contohnya adalah hak ulayat, hak persekutuan, hak pertuanan. Hal ini dapat diartikan bahwa hak ulayat memberikan macam hak untuk kepentingan bersama seperti tempat tinggal, lahan pertanian, pengambilan hasil hutan dan sebagainya.

Ancaman Kerusakan Lahan di DAS

Daya dukung kawasan DAS dapat menurun apabila pemanfaatan lahan dilakukan secara intensif tanpa memperhatikan aspek konservasi lahan, sehingga mengakibatkan lahan menjadi terdegradasi. Lahan terdegradasi menghasilkan lahan kritis yang menjadi ancaman terhadap daya dukung DAS. Lahan ini mempunyai dampak terhadap hidrologi DAS yang menghasilkan erosi, sedimentasi longsor dan banjir.

Terjadinya degradasi lahan dipengaruhi oleh tiga aspek yaitu: aspek fisik, aspek kimia dan aspek biologi. Adapun faktor yang menjadi penyebab terjadinya degradasi lahan yaitu jumlah penduduk, kemiskinan, tanah marjinal, terjadinya bencana alam (seperti banjir, kekeringan, longsor, gempa bumi, letusan gunung merapi), kondisi sosial ekonomi, praktek pertanian yang tidak tepat, politik dan administrasi serta pertambangan dan industri (Barrow, 1991).

Pada umumnya terjadinya degradasi lahan disebabkan penggunaan serta pengelolaan lahan yang kurang tepat pada kawasan DAS. Adanya alih fungsi penggunaan lahan yang tidak tepat berdampak terhadap degradasi lahan. Wahyunto dan Ai Dariah (2014) menjelaskan pada tahun 2003 terjadinya alih fungsi lahan hutan sebesar 1,6 juta ha per tahun khususnya pada pertanian lahan kering. Degradasi lahan terjadi akibat erosi tanah yang dipercepat, pemakaian bahan kimia dan mesin-mesin pertanian.

Degradasi lahan pada kawasan tambang terjadi akibat penanganan dan pembuangan limbah yang tidak sesuai dengan aturan Kementerian Lingkungan Hidup dan ESDM yang mengakibatkan degradasi lahan semakin parah dan sulit untuk dipulihkan. Terutama

sekali penanganan dan pembuangan limbah, serta reklamasi, rehabilitasi pasca penambangan. Reklamasi lahan bekas tambang semakin parah sehingga sulit dipulihkan. Sebagai contoh lahan pertambangan di provinsi Bangka Belitung, yang terjadi saat ini adalah banyaknya kolong tambang timah dibiarkan sehingga tidak terurus. menurut (Siswanto *et al.*, 2012), kegiatan pertambangan menyebabkan terjadinya degradasi lahan seperti kerusakan bentang alam, rendahnya kandungan bahan organik tanah dan pencemaran logam berat.

III. EROSI TANAH

Erosi tanah merupakan perpindahan tanah dari suatu tempat ke tempat lain akibat tenaga air dan angin. Di Indonesia erosi yang terjadi pada umumnya disebabkan oleh air. Hal ini disebabkan karena sebahagian besar wilayah Indonesia mempunyai curah hujan yang tinggi atau merupakan daerah tropika basah. Erosi ini terjadi apabila air hujan yang jatuh ke permukaan tanah yang tidak dilindungi oleh vegetasi ataupun serasah menyebabkan tanah terdispersi dan terkikis. Sehingga butiran tanah tersebut hanyut dan terbawa oleh air ke daerah yang lebih rendah dan sebagian sampai pada badan sungai. Hasil dari erosi tanah disebut sebagai sedimen. Biasanya sedimen ini jauh dari sumber asalnya.

Proses Erosi Tanah

Terjadinya erosi tanah akibat curah hujan dibagi menjadi tiga tahap, yaitu detasemen, transportasi, dan deposisi. Utama sekali erosi tanah akibat curah hujan terjadi penghancuran agregat oleh energi kinetik air hujan yang jatuh di atas permukaan tanah. Agregat yang awalnya merupakan suatu kesatuan, terdispersi menjadi bentuk yang lebih kecil dan bisa sampai menjadi partikel tanah yang tunggal. Partikel tersebut terlempar ke segala arah dan kembali lagi ke atas permukaan tanah. Dengan ukuran agregat atau partikel tanah yang lebih kecil akibat terdispersi, air hujan yang menjadi aliran permukaan mampu membawa partikel tersebut ke tempat yang lebih rendah. Sebagian partikel masuk ke dalam tanah yang menyumbat pori-pori

tanah. Sehingga aliran permukaan bertambah besar dan kemampuan untuk membawa partikel tanah juga tinggi.

Di dalam perjalanan membawa partikel tanah yang terdispersi, lambat laun sebagian aliran permukaan mengalami infiltrasi ke dalam tanah dan sebagian lagi mengalir menuju daerah yang lebih rendah. Sehingga menghasilkan debit aliran permukaan yang semakin kecil. Aliran permukaan dengan debit yang lebih kecil tidak mampu lagi untuk membawa partikel tanah yang telah dibawa sebelumnya, sehingga terjadinya proses sedimentasi di saat aliran permukaan berkurang, disebut dengan deposisi. Besar atau kecilnya erosi tanah tergantung kepada media pengangkut seperti debit air hujan yang menjadi pengangkutnya. Tidak itu saja, besarnya erosi juga dipengaruhi oleh jenis tanah dan jumlah partikel yang terlepas. Faktor yang mempengaruhi erosi tanah.

Iklim: curah hujan

Di Indonesia, faktor utama yang menyebabkan terjadinya erosi tanah adalah faktor iklim. Faktor ini sangat mempengaruhi erosi terutama curah hujan (Arsyad, 2006). Curah hujan, distribusi curah hujan suatu wilayah dan jumlah curah hujan persatuan waktu sangat menentukan besar kecilnya erosi tanah yang terjadi. Erosi ini juga dipengaruhi oleh besar dan kecilnya aliran permukaan yang dihasilkan oleh peristiwa hujan tersebut.

Selain curah hujan, angin juga membantu dalam proses terjadinya erosi tanah. Angin juga menentukan arah jatuh dan kecepatan butir hujan. Meskipun peranan angin secara langsung tidak terlalu besar, tetapi angin mampu mengarahkan awan hujan pada suatu daerah.

Faktor iklim lain yang mempengaruhi adalah temperatur udara, lamanya penyinaran matahari pada suatu daerah yang mempengaruhi evapotranspirasi, kelembaban tanah. Faktor tersebut mempengaruhi kandungan air tanah yang berakibat terhadap kapasitas infiltrasi tanah.

Tanah: karakteristiknya

Jenis tanah sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya erosi. Karena setiap jenis tanah mempunyai kepekaan yang berbeda terhadap erosi. Kepekaan erosi tanah dipengaruhi oleh sifat tanah seperti (1) permeabilitas tanah dan kemampuan tanah untuk meloloskan air persatuan waktu atau disebut juga laju infiltrasi, (2) struktur tanah yang mempengaruhi ketahanan tanah terhadap dispersi air hujan dan pengikisan tanah oleh aliran permukaan.

Ada beberapa sifat tanah baik sifat fisika ataupun kimia tanah yang mempengaruhi terjadinya erosi tanah adalah struktur tanah, tekstur tanah, sifat lapisan tanah, bahan organik tanah dan tingkat kesuburan tanah.

Tekstur tanah kasar seperti pasir tahan terhadap erosi, karena pasir mempunyai diameter yang besar dan kemampuan meloloskan air ke dalam tanah sangat tinggi. Sehingga air membutuhkan tenaga yang besar untuk dapat mengangkut pasir. Tekstur tanah halus seperti liat juga tahan terhadap terjadinya erosi. Hal ini disebabkan daya rekat yang kuat antar partikel tanah liat. Sehingga agregat yang terbentuk dengan dominan kandungan liat sukar untuk terdispersi oleh air hujan. Tekstur tanah halus seperti debu sangat peka untuk mengalami erosi tanah. Semakin tinggi kandungan debu dalam agregat tanah, maka semakin mudah tanah terdispersi oleh air hujan.

Selain tekstur, struktur tanah juga mempengaruhi terjadinya erosi tanah. Tekstur tanah bulat seperti granular dan gumpal mempunyai daya serap air yang tinggi, sehingga menghasilkan infiltrasi yang besar dan aliran permukaan yang kecil, sehingga menghasilkan erosi tanah yang kecil. Tanah dengan struktur yang mantap tidak mudah terdispersi oleh air hujan dan tahan terhadap erosi. Demikian sebaliknya, tekstur tanah tidak mantap akan menghasilkan erosi yang besar, karena kemampuan erodibilitas tanah yang kecil. Sehingga mengakibatkan infiltrasi kecil, aliran permukaan yang besar dan erosi yang tinggi.

Topografi: lereng panjang, kemiringan lereng dan bentuk lereng

Panjang dan kemiringan lereng mencerminkan karakteristik topografi suatu DAS. Faktor tersebut sangat mempengaruhi terjadinya erosi tanah. Dijelaskan oleh Asdak (2010) bahwa faktor panjang dan kemiringan lereng memberikan pengaruh yang besar terhadap kecepatan dan volume aliran permukaan yang mempengaruhi terjadinya erosi tanah. Arsyad (2006) menambahkan besarnya erosi juga dipengaruhi oleh arah lereng, konfigurasi lereng dan keseragaman lereng.

Dalam menentukan panjang suatu lereng dimulai dari pangkal suatu hamparan lereng dengan ciri gundukan atau punggung bagian atas lereng yang seragam sampai kepada bagian bawah hamparan lereng. Air hujan yang jatuh di atas permukaan tanah yang berlereng akan mengalir sampai pada ujung lereng atau masuk ke dalam badan sungai. Ini menjelaskan bahwa semakin panjang suatu lereng semakin banyak dan besar air yang mengalir sampai pada bagian bawah lereng. Semakin panjang dan curam lereng erosi yang terjadi akan semakin besar yang dipengaruhi oleh tenaga dan kecepatan aliran air.

Vegetasi penutup tanah

Pengaruh topografi dalam menghasilkan erosi bisa ditekan apabila suatu lahan mempunyai tutupan vegetasi yang rapat. Seperti hutan lebat dengan penutup tanah yang rapat dan serasah pada lantai hutan yang tebal. Asdak (2010) menjelaskan bahwa tumbuhan bawah lebih berperan dalam mengurangi erosi tanah. Hal ini disebabkan karena tumbuhan bawah mempunyai jarang yang rendah antara tajuk tanaman dengan permukaan tanah. Sehingga energi yang dihasilkan sangat kecil dan tidak bisa merusak lapisan permukaan tanah.

Peranan vegetasi terhadap aliran permukaan yang menghasilkan erosi tanah dapat dilihat berikut ini: (1) Peranan intersepsi oleh tajuk tanaman; (2) Peranan dalam mengurangi kerusakan permukaan tanah dan Mengurangi laju aliran permukaan;

- (3) Peranan dalam menghasilkan stabilitas struktur tanah dan meningkatkan pori tanah serta meningkatkan kegiatan biologi tanah;
- (4) Peranan dalam proses transpirasi sehingga air tanah berkurang dan dapat meningkatkan infiltrasi tanah;
- (5) Perilaku manusia, lahan eksploitasi dan manajemen.

Manusia dapat mencegah dan mempercepat terjadinya erosi, tergantung bagaimana manusia mengelolanya. Manusia yang menentukan apakah tanah yang dihasilkannya akan merusak dan tidak produktif atau menjadi baik dan produktif secara lestari. Banyak faktor yang menentukan apakah manusia akan mempertahankan dan merawat serta mengusahakan tanahnya secara bijaksana sehingga menjadi lebih baik dan dapat memberikan pendapatan yang cukup untuk jangka waktu yang tidak terbatas.

Kepekaan tanah terhadap erosi dapat diubah menjadi lebih baik atau buruk. Pembuatan teras-teras pada tanah berlereng curam merupakan pengaruh baik manusia, karena dapat mengurangi erosi. Sebaliknya penggundulan hutan di daerah pegunungan merupakan pengaruh yang jelek karena dapat menyebabkan erosi dan banjir.

Erosi Diperbolehkan

Erosi yang diperbolehkan merupakan laju erosi yang tidak melebihi dari proses pembentukan tanah. Sehingga masih terdapat lapisan tanah atas untuk pertumbuhan tanaman. Sarief (1985) menambahkan untuk menghilangkan erosi sampai tingkat nol sangat sulit dilakukan. Hal ini dapat terkait dengan aspek relief, aspek budaya dan pengetahuan masyarakat.

Dalam pengelolaan pertanian, penentuan batas erosi sangat penting bagi kegiatan pertanian. Sehingga apabila suatu usaha pertanian menghasilkan erosi yang lebih besar dari erosi toleransi maka perlu dilakukan usaha untuk mengurangi erosi tersebut sehingga berjalan dengan semestinya (Kartasapoetra *et al.*, 1987).

Proses pembentukan tanah merupakan proses kompleks yang terdiri dari beberapa interaksi seperti iklim, topografi, bahan induk,

vegetasi dan manusia. Untuk menghasilkan tanah membutuhkan waktu yang sangat lama. Sehingga hubungannya dengan pengelolaan lahan pertanian, tanah harus dijaga dari terjadinya erosi yang berakibat terhadap terkikisnya humus tanah dan mineral tanah lainnya.

Mc Commack (1979) menjelaskan batasan erosi yang diperbolehkan dilihat dari kecepatan kehilangan tanah maksimum per tahun dibandingkan dengan proses pembentukan tanah. Sehingga tercapai produktivitas tanah optimum dalam jangka panjang yang ditinjau dari segi agronomi.

Nilai erosi yang diperbolehkan dapat ditinjau dari kedalaman tanah efektif yang mempengaruhi perkembangan perakaran tanah, ciri fisik dan sifat tanah lainnya. Pertumbuhan tanaman yang baik dapat dilihat dari solum tanah yang dalam, tekstur tanah yang sedang dan permeabilitas sedang serta memiliki lapisan tanah bawah yang baik dan nilai T yang besar dari tanah dangkal. Ditambahkan oleh (Arsyad, 2006) tanah yang mempunyai perakaran yang dalam mempunyai nilai $T > 11,21$ ton per hektar.

Hardjowigeno dalam Arsyad (2006) menjelaskan besaran maksimum untuk nilai T tanah di Indonesia adalah 2,5 mm per tahun. Untuk tanah yang mempunyai lapisan permeabel dengan substratum yang tidak mengalami pelapukan. Tanah dengan kedalaman yang rendah dengan lapisan tanah yang lebih kedap air (substratum belum melapuk) nilai $T > 2,5$ mm per tahun.

Empat faktor utama yang mempengaruhi laju erosi yang dapat ditoleransi tanpa kehilangan permanen produktivitas tanah adalah kedalaman tanah, jenis bahan induk, relatif produktivitas tanah atas dan lapisan tanah dalam kaitannya dengan distribusi nutrisi, kedalaman tanah, jenis bahan induk, dan jumlah erosi sebelumnya.

Meskipun tidak diinginkan untuk setiap jumlah kehilangan tanah, penelitian ilmiah telah menunjukkan bahwa beberapa jumlah erosi dapat ditoleransi dengan tetap menjaga produktivitas optimal tanah. Di Amerika Negara di mana konsep kehilangan tanah ditoleransi itu berevolusi untuk konservasi tanah dan air perencanaan,

batas atas diberikan sebagai 11,2 t ha⁻¹ y⁻¹ atau 12 t ha⁻¹. Nilai ini dianggap pantas untuk tanah tropis, yang sering dikatakan bahwa tanah batas *loss* ditoleransi di bawah 2,0 t ha⁻¹ y⁻¹.

Model Pendugaan Erosi

Sejarah dalam penilaian kuantitatif dari erosi tanah dimulai sepanjang 1877 tetapi memimpin dalam penelitian telah disediakan sejak tahun 1915 oleh para ilmuwan di Amerika Serikat. Ini memimpin telah menghasilkan pengembangan pada tahun 1954 dari persamaan umum kehilangan tanah (USLE). Ini didasarkan pada 10000 petak-tahun limpasan dasar dan data tanah kerugian, yang diringkas menjadi persamaan empiris. Fase ini mengantar pada fase evaluasi ilmiah kuantitatif. Sebagai diharapkan, pendapat dibagi pada kegunaan dari Persamaan Umum Kehilangan Tanah.

Model dalam memprediksi erosi dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok yakni model digital, model fisik dan model empiris. Dalam memprediksi erosi umumnya orang membangunnya dari model empiris yang variabelnya didapatkan dari hasil pengamatan penelitian di lapangan selama proses erosi terjadi. Contoh yang terkenal adalah model USLE oleh Wischmeier & Smith 1978. Model ini sangat umumnya sangat luas digunakan orang di Indonesia. Model USLE hanya dapat memprediksi erosi lembar dan alur dan tidak bisa memprediksi endapan sedimen. Persamaan USLE tersebut adalah;

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

- A = Potensial kehilangan tanah rata-rata tahunan (ton per hektar per tahun). Besar kehilangan tanah ini kemudian dibandingkan dengan erosi yang dapat ditoleransikan
- R = Faktor curah hujan dan aliran permukaan. Intensitas curah hujan yang tinggi dengan durasi yang lama akan menyebabkan erosi yang besar.
- K = adalah faktor erodibilitas tanah. K menentukan mudah tidaknya partikel tanah dihancurkan oleh energi curah hujan dan

aliran permukaan. Faktor yang berpengaruh adalah tekstur, struktur, bahan organik dan permeabilitas tanah.

- LS = faktor panjang dan sudut dari lereng. Semakin panjang lereng dan semakin curam maka risiko kehilangan tanah semakin besar.
- C = faktor manajemen tanaman atau vegetasi. Faktor ini sebagai gambaran efektif tidaknya manajemen tanaman dalam mencegah erosi tanah. Faktor *crop* ini adalah nilai yang dihitung pada spesifik dari jenis tanaman tertentu.
- P = adalah faktor tindakan konservasi tanah, yang dapat mengurangi aliran permukaan dan kehilangan tanah. Peran dari faktor P ini adalah untuk mengurangi pengaruh panjang lereng dengan cara membuat teras yang memotong lereng.

Kelebihan dan Kelemahan USLE

Pendugaan erosi berdasarkan data empiris dapat digunakan beberapa persamaan seperti USLE, MUSLE, GUEST dan lainnya. Menurut beberapa ilmuwan penggunaan USLE di luar daerah asal atau di luar dari Amerika memerlukan suatu kajian adaptasi yang cukup memerlukan waktu dalam mengembangkan data base (Nearing *et al.*, 1994). *Over estimate* dapat mencapai 2000% karena penggunaan skala peta yang kecil atau subjektivitas dalam penggunaan data (Van der Poel & Subagiyono, 1998).

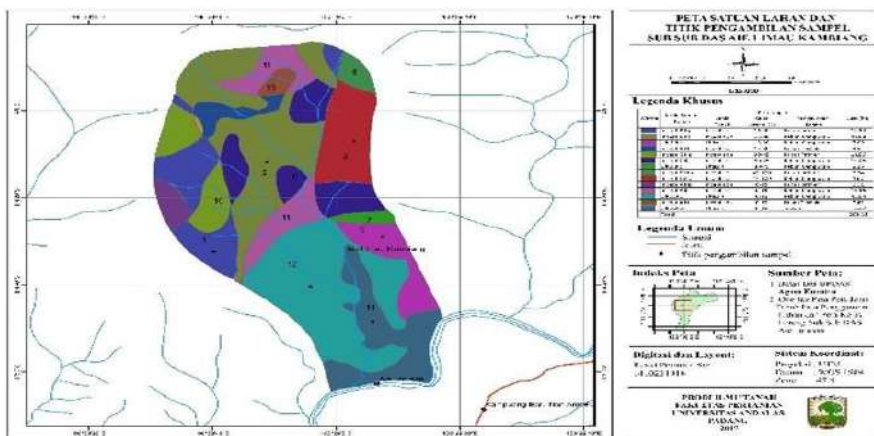
Meskipun dari model-model empiris seperti USLE adanya beberapa keterbatasan atau kelemahan, akan tetapi di seluruh dunia sampai saat ini masih dipergunakan (Nearing, 1994; Lal, 1994 dan ICRAF 2001). Hal ini dikarenakan penggunaan yang relatif sederhana, mudah dikelola, masukan atau parameter relatif sedikit dibandingkan dengan model-model yang kompleks. Di samping itu USLE juga berguna untuk menentukan kelayakan dalam merencanakan konservasi tanah dan untuk memprediksi *non point sediment losses* dalam hubungannya dengan pengendalian polusi tanah. Pada skala di lapangan USLE berguna untuk perencanaan agronomi karena dapat digunakan dalam pemilihan *land use* dan tindakan konservasi yang

bertujuan untuk menurunkan dampak erosi secara *in situ* (ICRAF, 2001).

Penggunaan skala plot akan lebih efektif dibanding skala DAS karena hasilnya bisa lebih besar. Hal ini dikarenakan filterisasi sedimen yang tidak terakomodasi. Namun USLE sangat erat hubungannya dengan dampak erosi *in situ* dibandingkan dengan dampak *ex situ* (Tarigan & Sinukaban, 2001).

Pengelolaan Erosi dengan Agroteknologi di DAS

Manajemen agroteknologi di sini dilakukan adalah untuk menekan laju erosi yang terjadi secara faktual dengan cara mencari alternatif penggunaan lahan secara konservasi (Tabel 2) dari Sub DAS Aie Limau Kambiang Tarusan Pesisir Selatan (Gambar 5) Maksudnya adalah mencari jenis tanaman yang mempunyai *crop* koefisien (C) yang rendah, kemudian dipadukan dengan teknis pengolahan tanah yang konservasi (P) sehingga nilai $C \times P$ rendah. Dengan demikian faktor USLE ini sebagai pengkali rendah sehingga hasil kalkulasi dari persamaan RKLSCP akan rendah. Hasil ini harus di bandingkan dengan nilai erosi toleransi. Manajemen lahan yang baik *sustainable* adalah bila nilai prediksi erosi ini sama atau kecil dari erosi toleransi (Aprisal, Istijono & Permatasari, 2018).



Gambar 5. Peta sub DAS Aie Limau Kambiang Tarusan Pesisir Selatan

Tabel 1. Laju Erosi Tanah pada sub DAS Aie Limau Kambing Tarusan Pesisir Selatan

No	Code spl	Land Unit	Erosivity R (KI/ha/tahun)	Erodibility K	Slope (%)	LS	C	P	A t/ha/year
1	SPL 1	Incept.B.Hp	246112.0	0.3	15-30	1,2	0,005	1	83,6
2	SPL 2	Incept.B.Kc	246112.0	0.2	15-30	1,2	0,3	1	9.378,7
3	SPL 3	Ult.B.Kc	246112.0	0.2	15-30	1,2	0,3	1	7.268,8
4	SPL 9	Incept.D.Kc	246112.0	0.2	30-45	9,50	0,3	1	51.012,0
5	SPL 12	Ult.A.Kc	246112.0	0.1	0-15	0,25	0,3	1	2.757,7
6	SPL 14	Ult.A.Sw	246112.0	0.1	0-15	0,25	0,05	0,04	10,5

Contoh teknologi konservasi pada lahan miring serta penerapan konservasi tanah untuk mencegah erosi di daerah aliran sungai dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Teknologi konservasi pada lahan miring (Rural life center Mindanao, 2019), dan penerapan konservasi tanah mencegah erosi di DAS (Ehco Community, 2019)

IV. PENUTUP

Beberapa kesimpulan dapat diambil dari tulisan ini antara lain sebagai berikut:

1. Pemanfaatan lahan harus mempunyai prinsip meminimalkan kerusakan lahan supaya tidak terjadi degradasi lahan.
2. Penggunaan lahan seperti apapun akan direspons oleh lahan dengan cara mengalirkan air ke dalam tanah, aliran permukaan dan erosi tanah serta sedimentasi.
3. Untuk mengukur pengelolaan lahan yang sudah optimal atau tidak harus mempunyai ukuran standar secara universal yakni mengukur erosi aktual dan yang akan terjadi akibat pemanfaatan lahan tersebut. Alat sebagai pengukur yang bisa dipakai adalah model-model erosi tanah, dan aliran permukaan seperti USLE, MUSLE, SCS dan Rasional.
4. Perencanaan pengelolaan lahan di daerah tropika basah sebaiknya adalah berdasarkan daerah aliran sungai (DAS) baik mikro, sub

DAS dan DAS.

REFERENSI

- Aprisal, Istijono & Permatasari. 2018. Management of erosion hazard with the agro technology in watershed Aie Limau Kambiang on the upper watershed Tarusan. MATEC Web of Conferences. 229: 1-6.
- Arsyad S. 1989. Konservasi tanah dan air. Penerbit IPB, Bogor.
- Asdak C. 2010. Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran air sungai. Edisi Revisi Kelima. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press Yogyakarta.
- Barrow CJ. 1991. Land degradation: Development and breakdown of terrestrial environments. Cambridge: Cambridge University Press.
- Brinkman AR & Smyth AJ. 1973. Land Evaluation for Rural Purposes, ILRI Publ. No. 17, Wageningen, p.116.
- Christian S, Christian CS & Stewart GA. 1968. Methodology of integrated surveys. Proceedings of The Toluouse Conference on Aerial Surveys and Integrated Studies, UNESCO, Paris.
- FAO. 1976. A Framework of land evaluation. FAO Soil Bull. No. 32/I/IRLI Publ. No.22 Rome, Italy. p. 30
- Gregory KJ & Walling DE. 1973. Drainage basin form and process: A geomorphological approach. John Wiley, New York.
- Horton, R. E. 1932. Drainage-basin characteristics, Eos Trans. AGU, 13(1), 350- 361.
- Jatan. 2012. Soil Conservation strategies for upland areas of Indonesia. Ocassional paper No.9. East-West Enviromental and Policies Institute. USA. 120p.
- Kartasapoetra GAG & Sutedjo MM. 1987. Teknologi konservasi tanah dan air. Bina Aksara, Jakarta.

- Lal, R. 1994. Sustainable land use systems and soil resilience. In: Greenland DJ& Szabolcs I (Eds), Soil resilience and sustainable land use, CAB International Pub. 41-67.
- Leopold LB, Wolman MG & Miller JP. 1964. Fluvial processes in geomorphology. Freeman, San Francisco, 522 p.
- Linsley, R.K.1949. Applied Hidrology, Mc Graw Hill, New York.
- Nearing MA & Parker SC. 1994. Detachment of soil by flowing water under turbulent and laminar conditions. Soil Sci. Soc. Am. J. 58 (6): 1612-1614.
- Sarief. 1985. Konservasi tanah dan air. Bandung: Pustaka Buana.
- Seyhan E. 1977. Dasar-dasar hidrologi. Gajah Mada Universiy Press. Yogyakarta.
- Soewarno, 1991, Hidrologi pengukuran dan pengolahan data aliran sungai (Hidrometri), Nova, Bandung.
- Suripin. 2004. Sistem drainase yang berkelanjutan. Andi Offset, Yogyakarta.
- Tarigan SD & Sinukaban N. 2001. Peran sawah sebagai filter sedimen: Studi kasus di DAS Way Besai, Lampung. hlm. 29-37. In Prosiding Seminar Nasional Multifungsi Lahan Sawah, Bogor (Vol. 1).
- Terminski B. 2011. Towards recognition and protection of forced environmental migrants in the public international law: Refugee or IDPs Umbrella (December 1, 2011). Policy Studies Organization (PSO) Summit, December 2011.
- Wahyunto & Ai Dariah. 2014. Degradasi lahan di Indonesia: Kondisi existing, karakteristik, dan penyeragaman definisi mendukung gerakan menuju satu peta. J. Sumber Daya Lahan 8 (2): 83.
- Wischmeier WH & Smith DD. 1978. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. USDA Agric. Handbook. No 537. 58 p

Daerah Tangkapan Air Singkarak sebagai Daerah Penyangga Pangan Nasional: Tinjauan Hidrologi dan Potensi Lahan Basah

Azwar Rasyidin

Guru Besar Konservasi Tanah dan Air pada Jurusan Ilmu Tanah.

Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.

e-mail: rasyidin.azwar@agr.unand.ac.id; rasyidin.azwarwei@gmail.com

I. PENDAHULUAN

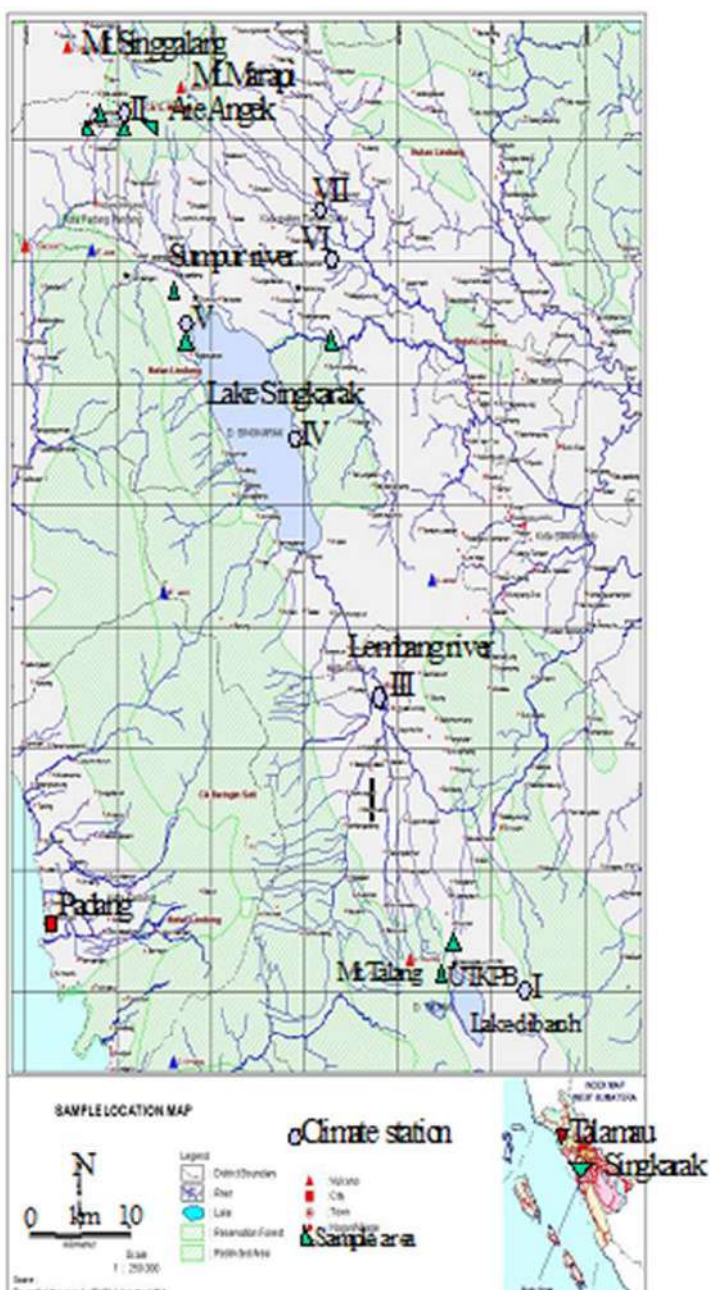
Daerah Tangkapan air (DTA) Singkarak berada di dalam patahan besar semangka yang berada pada graben tengah Sumatera yang terangkat naik. Di Sumatra Bagian tengah, graben tengah itu membentang dari Alahan Panjang, danau Di Atas, danau Di Bawah, Solok, danau Singkarak, Padang Panjang, Bukittinggi dan Sipisang, terus ke Lubuk Sikaping (Verstappen, 1973). Danau Singkarak di bangun oleh beberapa sub DAS, yaitu Sumani, Lembang, Gawan, Imang dan Arian. Dengan dua sungai utama yang merupakan sumber air yang masuk ke Danau Singkarak, yaitu Batang Sumpur yang mengalir dari Gunung Marapi dan Batang Lembang Yang mengalir dari Danau di Baruh Atau mengalirkan air dari Gunung Talang (lihat peta). Total seluruh area adalah 593300 ha (Saidi, 1993) dengan penggunaan lahan terdiri dari hutan, kebun campuran, semak belukar, lahan kering, sawah, pemukiman dan danau (Tabel 3).

Tabel 3. Penggunaan lahan di TDA Singkarak

No.	Penggunaan lahan	Luas (ha)	Persentase
1	Hutan	13.536	22,83
2	Kebun campuran	13.769	23,22
3	Semak belukar	9.488	16
4	Ladang	3.584	6,04
5	Sawah	16.796	28,32
6	Pemukiman	1.375	2,32
7	Danau		1,27
	Tanah Datar *	6.262	
	Solok	10.534	

*Batiduh, Batiduh Selatan, koreksi data (Rasvidin, 2015)

Sumber: Ismal dkk (1996)



Gambar 7. Daerah tangkapan air Singkarak

Dari Gambar 7 terlihat bahwa DTA Singkarak memiliki luas persawahan yang paling luas bila dibandingkan dengan lahan hutan dan penggunaan lahan lainnya. Sawah menempati luas 28 persen, atau seluas 16,796ha yang tersebar 6,262 ha berada di kabupaten Tanah Datar dan 10,534 berada di kabupaten Solok. Lahan terluas kedua adalah Kebun Campuran seluas 13,769 dan luas ketiga adalah hutan seluas 13,536ha atau 22,83 persen. Bentuk lahan daerah sekitar danau Singkarak dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Bentuk lahan dan persentase lereng DTA Singkarak

Bentuk Lahan	% Lereng	Luas Ha	Persentase
Datar berombak	0-8	15.635	26.36
Berombak bergelombang	8-15	12.813	21.61
Bergelombang berbukit kecil	15-25	10.203	17.20
Berbukit bergunung	25-45	9.613	16.21
Bergunung (curam)	>45	10.284	17.34
Danau	0	0.752	1.27
		59.300	100.00

Sumber : Saidi (1993)

Dari Tabel 4 terlihat bahwa bentuk lahan dan persentase lereng bila dihubungkan dengan penggunaan lahan untuk pertanian, ternyata hanya 48 % dari DTA Singkarak yang dapat digunakan sebagai lahan pertanian yaitu yang berada pada lahan I dan Lahan II yaitu yang berada pada lereng 0-8% dan lereng 8-15% daerah dengan bentuk datar sampai berombak dan berombak sampai bergelombang. Sisanya yang 52 % adalah lahan konservasi dengan penggunaan terbatas karena berada pada daerah bergelombang sampai berbukit kecil sampai dengan bergunung. Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa persentase hutan adalah 22.83 persen, hal itu sebagai pertanda bahwa pertanian lahan kering telah merambah ke dalam kawasan hutan. Daerah semak belukar itu adalah daerah yang telah tandus secara geologi karena terdiri dari fisiografi Batu Kapur keras (KC. 5.3 dan KC 2.3) yang terletak disebelah Tenggara danau meliputi nagari Paninggahan, dan Malalo. Daerah sebelah utara atau pada DAS Batang sumpur terdiri

dari fisiografi Vab, dan KC pada daerah bukit Tui yaitu daerah dekat kota Padang Panjang yang dialiri air batang Sumpur, dan sebelah utara timur yang dibentuk oleh batuan sedimen (Mu 2.2.3 dan perbukitan dengan batuan sedimen Hq 1.3.3). Sebelah selatan di susun oleh fisiografi volcanic Vab 2.10.2,Vab.2.6.3,terasa danau Aq 3.4 dan pegunungan Mab 2.2.3) (PPT Bogor 1990).

Berdasarkan kondisi geologi daerah, maka DTA Singkarak memang sudah memiliki kemampuan lahan yang dibatasi oleh umur geologi, yaitu KC, Mab dan Mu dengan batuan ada yang berumur permian atau lebih tua dari umur tertier dan trias. Secara umur geologi daerah yang memungkinkan dikembangkan untuk pertanian adalah daerah yang berada dalam umur quarter. Daerah ini sangat dipengaruhi oleh pengaruh vulkanik, yang berada pada fisiografi Vab. Secara tradisional pertanian lahan basah sudah berkembang pada lereng vulkanik dan daerah teras danau, kedua daerah ini saling menunjang dalam penyediaan air untuk kebutuhan tanaman pertanian, terutama padi sawah hal ini terlihat dari jumlah persentase lahan sawah di daerah ini sebanyak 28 persen dari luas areal DTA singkarak. Karena kondisi lahan persawahan yang berada pada lereng vulkanik dan teras danau, keadaan ini menjadikan daerah ini sangat menarik terutama ketika padi mulai menguning. Kombinasi antara persawahan pada lereng gunung dan danau yang berada pada bagian bawah dari persawahan menjadikan daerah ini memiliki daya tarik yang khusus di bidang wisata.

Di dalam DTA Singkarak terbentang rel kereta api yang berada pada pinggir danau rel yang membentang dari Padang Panjang, stasiun Batu Taba, Singkarak, Solok dan Sawah Lunto. Kombinasi antara kapal dan kereta api adalah potensi wisata yang membutuhkan pembahasan tersendiri. Mengacu pada tema pokok yaitu” Prospek Pertanian Tropika Basah Potensi dan Tantangannya” maka penulis mengambil sub pokok bahasan kemampuan daerah dalam menunjang penyediaan pangan nasional dan berdasarkan potensi daerah penulis menggunakan istilah pertanian dalam segi luas yaitu pertanian sebagai penghasil serat, glukosa dan protein, karena itu dalam bahasan ini juga

disinggung mengenai potensi hasil perikanan dan dihubungkan dengan aspek agrowisata. Pembahasan meliputi masalah hidrologi, kesesuaian lahan untuk lahan basah, perkiraan produksi, dan potensi hasil perairan.

II. HIDROLOGI

Jumlah air yang mengalir ke danau Singkarak berasal dari pegunungan di sekitarnya yaitu dari pegunungan di utara dan selatan yaitu dari Batang Sumpur dan Batang lembang sedangkan daerah sebelah timur mengalirkan airnya ke sub DAS Bengkawas. kondisi curah hujan dan besarnya limpasan dapat di lihat pada Tabel 5.

Tabel 5 memperlihatkan bahwa dari lima stasiun pengamatan curah hujan yang masing-masing stasiun pengamatan dalam wilayah kabupaten solok terlihat bahwa stasiun yang paling basah adalah yang berada pada stasiun lembang jaya dan yang terendah dari stasiun Singkarak yaitu sebanyak 15 mm/thn. Singkarak berada pada lereng bawah dan daerah teras danau memiliki defisit air pada Februari, Mei, Juni, Juli, Agustus dan September. Lembang Jaya yang berada di bagian atas dari sub DAS Lembang dan Sub DAS Sumani hanya memiliki satu bulan dengan defisit air yaitu pada bulan Juli, dan bulan Juni dengan limpasan 1mm, dan selebihnya bulan memiliki limpasan > 150 mm/bulan.

Dari wilayah Tanah Datar, limpasan terbesar didapat dari stasiun Paninjauan sebesar 3640 mm/thn, yang kedua adalah dari stasiun Tebu berair sebesar 2863 mm/thn, kedua stasiun tersebut tidak memiliki bulan dengan defisit air. Nilai limpasan yang terendah berada di Sumpur yaitu 277 mm/thn. Sumpur berada pada pinggir danau pada fisiografi teras danau, sedangkan Paninjauan berada pada hulu Sub DAS Sumpur. Untuk melihat bagaimana perbandingan antara curah hujan dengan besarnya limpasan dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 5. Neraca air DTA Singkarak berdasarkan stasiun curah hujan di Kabupaten Solok dan Tanah Datar

Lokasi	Bulan												Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agus	Sep	Okt	Nov	Des	
Kab. Solok													
Lembang Jaya	285	267	157	180	158	1	-77	382	362	382	190	372	2659
Bukit Sundi	57	146	-7	83	49	-87	11	71	222	154	165	260	1124
IX Koto Slasi	45	-42	32	19	40	-95	-116	20	92	119	254	165	533
Alahan P	121	73	125	85	72	-31	-65	19	61	123	142	126	851
Solok	130	75	99	100	28	-40	-76	3	22	95	88	117	641
Singkarak	64	-27	8	66	-31	-78	-98	-50	-2	46	32	85	15
													5823
Kab.Tanah Datar													
Paninjauan	271	202	540	428	159	68	3	288	239	236	775	431	3640
Koto Baru	37	35	66	100	7	-57	-87	-42	33	117	150	70	429
Pd Panjang	80	29	70	165	42	-63	-43	23	39	67	168	201	778
Tebu Berair	218	198	407	303	184	11	16	192	268	253	468	345	2863
Sumpur	70	41	38	60	5	-85	-94	-52	22	55	70	97	227
													7937

Tabel 6. Jumlah Curah hujan pada stasiun Solok

Kab. Solok	Curah Hujan	Run off	
Lembang Jaya	3147	2659	
Bukit Sundi	1809	1124	
IX Koto Slasi	2093	533	
Alahan Panjang	2084	851	
Solok	2141	641	
Singkarak	1665	15	
Total	12939	5823	45%

Tabel 7. Jumlah Curah hujan pada stasiun Tanah Datar

Tanah Datar	Curah Hujan	Run off	
Paninjauan	4130	3640	
Koto Baru	1959	429	
Pd Panjang	2498	778	
Tebu Berair	4363	2863	
Sumpur	1757	227	
Total	14707	7937	54%

Memperhatikan data pada Tabel 6 dan Tabel 7, dari lima stasiun di Kabupaten Solok dan 5 Stasiun di kabupaten Tanah Datar, terlihat bahwa jumlah curah hujan di kabupaten solok adalah 12939 mm dan di kabupaten Tanah Datar 14707 mm hal itu berarti bahwa persentase *run off* di kabupaten Solok adalah 45 % dan di daerah Tanah Datar 54%. Kondisi ini disebabkan bahwa DTA Singkarak yang berada di kabupaten Tanah Datar adalah lereng bawah vulkanik, sedangkan yang berada di kabupaten solok adalah daerah aluvial dan daerah perbukitan serta daerah lereng bawah volkan.

Tabel di atas menunjukkan bahwa limpasan terbesar yang menyuplai air ke DTA Singkarak berasal dari Kabupaten Tanah Datar terutama dari stasiun Paninjauan dan Tebu berair, dengan total aliran

permukaan dari Tanah Datar adalah 7937 mm dan dari Kabupaten Solok yaitu dari Danau di Atas dan sekitarnya berjumlah 5823 mm. Berdasarkan perhitungan persen *run off* 45 % dari kabupaten Solok dan 54% dari kabupaten Tanah Datar atau rata rata 51.5% . Nilai inilah yang memberikan debit rata rata batang Ombilin 43.9 m³/det (Laporan JICA 1989, *cit* Nurdin 1990). Itu berarti untuk keseimbangan ekosistem danau maka air yang keluar dari Danau adalah 49.5% dari total curah hujan.

Kondisi air limpasan ini dibandingkan dengan kebutuhan air irigasi pada DTA Singkarak dapat disimpulkan bahwa DTA singkarak memberikan jumlah air yang berlebih. Kelebihan air atau curah hujan yang tinggi berada pada hulu DAS sedangkan pada daerah yang dekat ke muara atau dekat ke Danau ditemukan jumlah curah hujan yang kecil data stasiun Singkarak dan Sumpur. Bila kebutuhan air irigasi untuk satu musim tanam berada pada nilai 1200 mm- 1400 mm atau rata rata 1300 mm untuk satu musim tanam, maka persawahan di DTA Singkarak berdasarkan nilai kebutuhan airnya dapat ditanami 3 kali dalam satu tahun dengan nilai kelebihan air untuk DAS yang berasal dari kabupaten Tanah Datar atau dari daerah Paninjauan dan Padang Panjang masih memiliki kelebihan air 4037mm pertahun dengan nilai rata rata perbulan 336 mm perbulan. Bila kebutuhan air untuk satu musim tanam adalah 1200 mm/MT/Ha, maka DAS yang berasal dari kabupaten Tanah Datar, dapat melakukan penanaman 3 kali dalam setahun dan masih memiliki kelebihan air 437 mm dan untuk DAS yang berada di Kabupaten Solok atau yang berhulu di Alahan Panjang memiliki kelebihan air 1923 mm dengan nilai rata rata perbulan adalah 160 mm. Dengan menggunakan patokan kebutuhan air adalah 1200 mm/MT/ha, maka DAS yang berada di kabupaten Solok hanya dapat ditanami 1 kali setahun. tapi bila diperhatikan kasus per kasus pada masing-masing DAS akan kelihatan bahwa daerah Lembang Jaya dan Bukit Sundi lebih basah dan memiliki limpahan air yang memungkinkan ditanami dua kali dalam setahun.

III. KONDISI TANAH SAWAH

Sebahagian besar daerah persawahan yang berada di utara dan selatan terdiri dari dataran vulkanik. Tanah di wilayah ini berkembang ke arah inceptisol dan andisol. Kondisi tanah yang berada di wilayah kabupaten Tanah Datar dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah ini.

Dari Tabel 8 dapat terlihat bahwa tanah tergolong subur dengan nilai persentase kejenuhan basa $>50\%$ di lapisan atas, dan tanah juga memiliki basa K, Ca, Mg dengan nilai >10 meq/100 gram tanah. Dengan nilai pH yang berada pada level netral, dan memiliki Kapasitas tukar kation yang sedang. Berdasarkan kepada Syss 1993 tanah sawah yang memiliki persentase KB $> 50\%$ berada dalam kelas sangat sesuai untuk tanaman padi, ditinjau dari jumlah kation basa yang > 10 meq/100 gr tanah adalah sangat sesuai. Dengan nilai pH >5 adalah kondisi sangat sesuai. Jumlah karbon per meter bujur sangkar memang lebih rendah dari rata rata karbon pada tanah vulkanik sebesar 17kgC/m^2 (Rasyidin, 2015). Hal ini disebabkan karena daerah ini telah lama diolah untuk lahan persawahan, dan petani di daerah ini hampir tidak punya kebiasaan menggunakan pupuk organik, dan petani punya kebiasaan membakar jerami. Jumlah cadangan hara dapat dilihat pada Tabel 9.

Data dari Tabel 9 memperlihatkan bahwa tanah sawah di lereng Marapi memiliki cadangan hara yang cukup. Daerah Jaho dan Tambangan di dominasi oleh mineral Mika, daerah lereng atas dan lereng bawah di dominasi oleh mineral feldspar yaitu daerah paninjauan dan Sumpur. Daerah Paninjauan memiliki jumlah mineral gelap yang banyak seperti augit, olivine dan hornblende.

IV. KESESUAIAN LAHAN UNTUK LAHAN BASAH.

Dengan menggunakan beberapa faktor penilai seperti faktor topografi yang didasarkan kepada persentase lereng, faktor kelembaban yang didasarkan kepada banjir dan drainase. Berdasarkan faktor penilai tersebut dilakukan analisis kesesuaian lahan sawah seperti tertera pada Tabel 10.

Tabel 8. Kondisi tanah DTA Singkarak di bagian Kabupaten Tanah Datar

Lokasi	Elevasi (m)	Horizon	depth (cm)		pH		KTK	%KB	C (kg.m ⁻²)	K,Ca,Mg meq/100
					H ₂ O	KCl				
Paninjaun	900	A	0-25		5.93	5.01	22.16	56.09	4.48	10.3
Paninjaun	900	B	25-59		6.39	5.7	13.53	83.3	4.635	9.6
Paninjaun	800	A	0-42		6.08	5.42	20.72	70.37	4.687	12.52
Paninjaun	800	B	42-76		6.36	5.81	19.06	74.4	3.256	12.08
Jaho	700	A	0-40		5.22	4.24	24.71	54.39	6.707	11.27
Jaho	700	B	40-65		6.34	5.79	17.2	72.73	2.513	10.58
Tambangan	650	A	0-29		5.48	4.36	26.04	47.35	5.392	10.36
Tambangan	650	B	29-49		5.59	4.41	18.02	58.66	2.462	9.15
Sumpur	400	A	0-15		5.29	4.47	24.54	56.97	2.564	12.09
Sumpur	400		15-26		6.13	5.61	11.99	70.56	0.733	7.27

Tabel 9. Jumlah mineral primer pada daerah lereng Marapi

Lokasi	Elevasi (m)	Horizon	kg/ha			
			K ₂ O	MgO	CaO	nitrat
Paninjauan	900	A	1196.91	1341.88	1879.22	221.03
Paninjauan	900	B	1561.72	1109.82	2286.2	329.27
Paninjauan	800	A	1207.44	1590.17	2314.2	374.98
Paninjauan	800	B	1199.02	1338.57	2570.54	270.03
Jaho	700	A	1235.52	1359.51	2410.24	285.7
Jaho	700	B	1285.6	1419.88	2208.99	311.55
Tambangan	650	A	989.35	1116.63	1909.04	191.31
Tambangan	650	B	1423.66	1096.59	2227.68	149.99
Sumpur	400	A	1406.93	1608.71	2411.5	114.86
Sumpur	400	B	1336.61	742.68	1623.16	148.4
		rata-rata	1284.27	1272.44	2184.08	239.71
		SD	157.88	261.37	291.61	87.67

Tabel 10. Kelas kesesuaian lahan DAS Singkarak di wilayah Tanah Datar

Fisiografi	Lokasi	Aktual	Potensial
Lereng atas 900 m	Paninjauan	S _{2s}	S ₂
Lereng tengah 800 m	Paninjauan	S _{2ws}	S ₂
Lereng tengah 700 m	Jaho	S _{3w}	S ₂
Lereng tenah 600 m	Tambangan	S _{3ws}	S _{3s}
Lereng bawah 400m	Sumpur	S _{3ws}	S _{3s}

Dari Tabel 10 di atas terlihat bahwa hambatan pada kesesuaian lahan adalah drainase tanah, karena pada penggalian profil sudah ditemukan warna *gray* mulai dari kedalaman 6 cm atau pada horizon A di Jaho, dan di daerah Tambangan ditemukan warna *gray* mulai dari kedalaman 0 cm atau mulai dari permukaan tanah. Kondisi ini sama dengan yang ditemukan di daerah sumpur. Hambatan drainase dapat diatur dengan membuat saluran drainase pada areal persawahan. Dengan pengaturan antara saluran pembawa dan pembuang, maka di harapkan kondisi drainase di wilayah ini dapat diatasi. Secara kelas kesesuaian lahan, maka wilayah ini sesuai untuk pertanaman padi (S₂), hal ini di sokong oleh sifat kimia berupa nilai pH, keberadaan bahan organik, Kapasitas Tukar Kation (KTK), dan nilai persentase Kejenuhan Basa (KB) yang pada umumnya berada dalam kondisi sangat sesuai (S₁)

Selain menggunakan pendekatan dengan cara *matching*, maka penilaian kapabilitas lahan juga dinilai secara parametrik (Ruquir, *et al.*, 1970) yang disajikan pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Nilai wilayah DAS Sumpur berdasarkan indeks kapabilitas Lahan

Fisiografi	H	D	P	T	N	S	O	A	M	indek	kelas
Lereng atas 900 m	100	100	100	100	80	90	90	95	100	68.4	I
Lereng tengah 800 m	100	85	100	100	80	90	90	95	100	58.4 65	II I
Lereng tengah 700 m	100	60	80	90	80	90	90	95	100	29.55 5.13	III V
Lereng tenah 600 m	100	20	50	90	60	90	100	95	100	5.13 7.70	V IV
Lereng bawah 400m	100	60	20	90	80	90	90	95	100	7.39 8.31	V IV

H= Kelembaban, D = Drainase, P= Kedalaman efektif, T= Tekstur dan struktur, N= Kejenuhan Basa, S= Persentase garam
garam terlarut, O= Bahan organik, A Pertukaran kation dan mineral liat, M= Cadangan mineral *Productivity indeks* =
HxDxPxTxNatau SxOxAxM.

Productivity Index dari Riquier (1970) didapat dengan mengadakan perkalian langsung antara faktor drainase, kedalaman efektif, tekstur dan struktur, kejenuhan basa, persentase garam terlarut, bahan organik, pertukaran kation dan mineral liat, dan cadangan mineral. Tabel 11 memperlihatkan bahwa pembatas di daerah ini adalah drainase dan kedalaman efektif. Sedangkan cadangan mineral dan kompleks pertukaran memiliki nilai bagus.

Nilai H memiliki nilai 100 karena tanah selama setahun selalu lembab, artinya tidak ada bulan yang berada pada titik layu permanen. Hal itu dapat di hubungkan dengan tabel neraca air dimana daerah ini memiliki kelebihan air yang melimpah sebanyak 7937 mm, dengan kelebihan air yang terbanyak berada pada lereng atas yaitu 3640 mm. Kelebihan air pada lereng atas vulkanik akan mempengaruhi kondisi air bawah permukaan pada lereng yang berada dibawahnya. Hal ini yang menyebabkan kondisi drainase pada lereng bawah yaitu di daerah sumpur sangat jelek. Keadaan kelebihan air ini yang mempengaruhi kedalaman efektif tanah dan pengaruhnya pada drainase mulai dari lereng tengah sampai ke lereng bawah. Kondisi cadangan mineral tanah masih sangat bagus dengan nilai 100 hal ini menunjukkan daerah ini adalah daerah yang masih berumur quarter dan terlihat bahwa pengaruh gunung api mempengaruhi cadangan mineral tanah.

V. KONDISI TANAH DTA SINGKARAK DARI DAS BATANG LEMBANG

Untuk melihat bagaimana kondisi areal persawahan di daerah Tangkapan air Singkarak dari Sebelah Selatan, maka digunakan data tanah dari DAS Batang Lembang. Kondisi tanah di DAS Lembang tidak berbeda jauh dengan kondisi di DAS sumpur. Tanah yang berada dari lereng selatan yaitu dari DAS Lembang, juga tergolong ke dalam tanah yang subur yang dicirikan dengan nilai Persentase kejenuhan Basa yang tinggi terutama pada lereng Vulkanik yaitu mulai dari Batu banyak, Ubo Atas, Ubo tengah dan Ubo bawah, dan daerah Pasinggrahan memiliki nilai KB > 29 % dan nilai KTKnya > 22 meq/100

gram tanah. Berbeda dengan daerah lereng bawah Vulkanik yaitu Gantung Ciri, Kubang Nan Duo dan Sirukam dengan nilai Persentase KB yang rendah. Silayo Tanang, Balai Nan Duo serta P2SW memperlihatkan tingginya kadar karbon per meter bujur sangkar dengan nilai 10,98, 13,31, dan 16,45 untuk Silayo Tanang, Balai Nan Duo dan Silas. Daerah dengan nilai karbon rendah seperti Gantung Ciri, Kubang Nan Duo, Sirukam, Pasingrahan, Batu Banyak, Ubo Hilir dan Ubo Tengah adalah daerah yang intensif digunakan untuk pertanian, dan pada umumnya petani kurang sekali memanfaatkan pupuk organik. Pada lereng vulkanik mulai dari Batu Banyak, Ubo Hilir, Ubo Tengah, Silas dan Pasangrahan terlihat tanah memiliki persentase kejenuhan basa yang tinggi > 50 % nilai yang sangat sesuai untuk tanaman padi sawah (Syss, 1993), demikian juga tanah pada lereng vulkanik memiliki K,Ca,Mg > 12 meq/100 gram, kecuali daerah Gantung Ciri, Kubang nan Duo, yang memiliki nilai K,Ca, Mg < 4 dan persentase kejenuhan Basa < 20%

Kondisi daerah Sumani di wakili oleh data dari Sukarami. Nilai rata rata persentase kejenuhan basa untuk 9 titik pengamatan di daerah Sukarami menunjukkan nilai 50 persen artinya berdasarkan nilai persentase kejenuhan Basa maka daerah ini sangat sesuai untuk tanaman padi, kecuali pada beberapa titik pengamatan yang menunjukkan nilai lebih rendah dari 35 %. Total basa K,Ca, Mg bernilai besar dari 10 meq/100gr kecuali ada beberapa yang memiliki nilai rendah tapi nilai tersebut >3.

VI. POTENSI PRODUKSI BERDASARKAN CADANGAN HARA DAN HARA TERANGKUT TANAMAN

Produksi Biomassa atau produksi akar batang, daun bunga dan buah ditentukan oleh jumlah serapan hara yang diambil tanaman dari media tumbuhnya yaitu tanah. Serapan hara ditentukan oleh panjang akar, konsentrasi zat di daerah perakaran dan kadar air dalam persen volume (Foth, 1990). Pada produksi padi sawah, jerami dan akar tinggal di sawah dan yang diangkut hanyalah buah berupa gabah,

maka hara yang terbawa tanaman di identikkan dengan hara yang terbawa gabah.

Tabel 12. Jumlah hara terangkut tanaman padi setiap musim tanam

Unsur hara	biji+jerami t/ha (a)	6t/ha (a)	3.4t/ha (b)	2.4t/ha (c)	jerami (c)	8t/ha (d)	jerami (f)
K ₂ O kg.ha ⁻¹	19.36-20.57	150	60	12	52	141	126
P ₂ O ₅ kg.ha ⁻¹	6.87-25.19	45	55	12	11	129	18
N kg.ha ⁻¹	16-24	120	54	25	23	127	45
CaO	8.4-9.8	56		2	13	75	28
MgO	8.31	50		4	6	67	53
SO ₄ ²⁻	3.9	24				31	
SiO ₂				149	94	496	514

a) Goswami and Banerjee 1978, b) Syss et. All 1993, c) Wisaksono 1953
d) perhitungan kehilangan bila berdasarkan data yang ada, f) Patnaik 1978

Dari Tabel 12 di atas terlihat bahwa data dari Syss (1993) menunjukkan bahwa tanaman padi membutuhkan kalium lebih banyak dari phosphor dan nitrogen. Hal tersebut terlihat pada hampir semua data dari peneliti Goswami & Barnejee (1978), Patnaik (1978), kecuali data dari Wisaksono yang memperlihatkan bahwa padi membawa lebih banyak nitrogen dibandingkan dengan kalium dan fosfor. Analisis lengkap menunjukkan bahwa tanaman padi selain membawa unsur N, P, dan K juga membawa silika, sulfat, magnesium, dan kalsium dalam jumlah yang cukup besar. Pelepasan unsur kalsium, magnesium, sulfat dan silika lebih banyak ditemui di daerah fisiografi vulkanik dengan batuan induk tuff andesitic dan basaltik.

Data dari DAS Sumpur pada Tabel 11 memperlihatkan bahwa tanah memiliki hara tersedia untuk tanaman dalam jumlah yang besar, terdiri dari Magnesium, Kalium, Kalsium, Sulfat, dan Nitrat. Kondisi ini berlaku umum pada fisiografi vulkanik dari zaman kuarter.

Tabel 9 memperlihatkan hasil analisis mineral primer, tabel tersebut memperlihatkan bahwa tanah masih memiliki cadangan mineral primer yang banyak. Hasil pelarutan mineral primer tersebut akan menghasilkan zat terlarut di sungai berupa K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , dan Si (Rasyidin, 1994). Karena itu kebutuhan silika dapat terpenuhi dari air irigasi yang berasal dari aliran sungai pada dataran vulkanik.

Berdasarkan karakteristik sifat tanah yang mempengaruhi masalah kesuburan tanah, seperti faktor persentase kejenuhan basa yang >50% nilai pH yang mendekati netral dan tingginya persentase karbon organik, serta nilai ketersediaan hara utama, K, Ca, Mg, N, P serta ketersediaan hara lainnya seperti sulfat, dan silika serta adanya pengelolaan yang baik maka lereng vulkanik di DTA Singkarak yang terletak di utara dan Selatan dari daerah tersebut di prediksi mampu menghasilkan produksi > 10t/ha/MT. Bila pengelolaan kurang sempurna maka akan menghasilkan produksi minimal yaitu 6t/ha/Mt . Dengan luas lahan sawah 16796ha, maka produksi minimum adalah 302328t/thn sampai 503880t/thn gabah atau daerah tersebut dapat menghasilkan 196,513,200 sampai 327,522,000 t /thn beras. Dengan kata lain DTA Singkarak dapat memberi makan 1,637,610 orang sampai 2,729,350 orang selama satu tahun

Selain memiliki potensi pangan utama berupa beras, DTA Singkarak juga memiliki potensi sumber protein berupa ikan. Salah satunya adalah ikan bilih (*Mystacoleus padangensis* BlKr) yaitu ikan yang spesifik danau Singkarak. Ikan tersebut selain ditemukan di danau juga ditemukan pada muara sungai yang mengalir ke danau, misalnya hiliran Batang Sumpur, dan beberapa anak sungai kecil yang bermuara ke danau. Ikan bilih memijah pada kawasan *mangrove* danau atau dalam bahasa lokal disebut dalu dalu. Ikan tersebut akan bergerak ke hulu sungai seakan akan ikan tersebut mengejar unsur terlarut di sungai yang berasal dari hulu.

Selain Bilih (*Mystacoleus padangensis* BlKr) ada 18 jenis ikan lain yang hidup di ekosistem danau semuanya adalah sumber pangan karena merupakan sumber protein hewani, yaitu: Asang (*Osteochilus*

brachmoides), Rinuak, Turiak (*Cyclocheilichthys vittatus*), Sasau (*Hampala Macrolepidota*), Gariang (*Tor tamroides*), Kapiék (*Punctius Shwanefeldi*), Balinka (*Punctius Belinka*), Baung (*Macrones planiceps*), Kalang (*Clarias batracus*), Jabuih (*Tetradon mappu*), Kalai (*Osphronemus gurami* lac), Puyu (*Anabas testudeneus*), Sapek (*Trichogaster trichopterus*), Tilan (*Mastacembelus unicolor*), Jumbo (*Chana striatus*), Kiuang (*Chana pleurothalmus*), Mujai (*Tilapia pleurothalmus*) (Syandri 2008).

Untuk menjaga potensi ikan tersebut agar tidak punah, hal yang perlu di perhatikan adalah menjaga fluktuasi air danau tidak terlalu ekstrim sehingga tidak merusak pertumbuhan *mangrove* danau, sehingga ikan bilih masih memiliki tempat untuk memijah. Persoalan hidrologi yang ditemukan di Singkarak adalah karena air dari DAS tidak dikembalikan ke dalam DAS tersebut ketika air digunakan untuk pembangkit Listrik. Danau Singkarak adalah hulu dari DAS Indragiri, air Singkarak keluar ke Batang Ombilin dan mengalir ke pantai timur Sumatra setelah Batang Ombilin bergabung dengan batang Selo.

Penghutanan kembali daerah sekitar danau sepertinya adalah suatu kebutuhan lingkungan. Data Tabel 3 yang memperlihatkan bahwa hutan adalah 22,83 persen sangatlah tidak seimbang bila dibandingkan dengan data Tabel 4 yang memperlihatkan daerah datar sampai bergelombang adalah sebesar 47,97 persen. Artinya adalah berdasarkan bentuk wilayah dan persentase hutan maka seharusnya kawasan hutan adalah 52 persen. Bila daerah semak belukar dan ladang yang berjumlah 21 persen dihutankan, maka persentase hutan akan menjadi 43,38 Persen. Karena itu sebahagian daerah dengan penggunaan lahan Kebun campuran perlu di konversi menjadi lahan hutan, yaitu daerah kebun campuran yang berlereng curam.

Selain penghasil ikan spesifik danau, juga ditemukan potensi sumber protein lainnya yaitu kerang kecil atau pensi. Pensi ini memiliki nilai ekonomis tersendiri bagi nelayan danau Singkarak. Pensi ini sangat tergantung dari kondisi air danau, karena pensi membutuhkan air danau yang bersih, air danau yang kotor dapat membuat pensi tercemar dan makanan menjadi tidak sehat. 19 jenis

ikan yang ada di danau ditambah dengan pensi dan beberapa jenis benthos semuanya adalah jenis makhluk hidup air tawar yang membutuhkan kondisi khusus secara alamiah. Bila ada unsur lain yang masuk ke danau hal itu akan mengubah kondisi alamiah air danau dan mengancam makhluk hidup yang ada. Untuk menjaga kemurnian air maka danau Singkarak membutuhkan perlindungan hukum lingkungan terhadap pencemaran dan gangguan fisik sumber daya danau.

Potensi danau Singkarak sebagai penghasil sumber protein hewani terkait dengan luas kawasan danau yang mencakup 107.8 km² dengan volume air 16,1 km³, danau dihuni oleh 19 jenis ikan dan satu jenis kerang (pensi). Salah satu ikan yang terkenal adalah Bilih dengan produksi antara 1207 ton sampai 900 ton/thn yaitu produksi antara tahun 2009 – 2002 (Berkademi, 2011). Data tersebut adalah hasil analisis data dari berbagai alat tangkap dan jumlah nelayan pada daerah dua kabupaten yang berada dalam lingkungan danau. Walaupun produksi menurun dari tahun 2002 sampai 2009 tapi ini menunjukkan bahwa danau punya potensi besar dalam menghasilkan sumber protein hewani.

Potensi perikanan danau tersebut merupakan sumber pendapatan dari 4131 Nelayan yang tersebar pada empat kecamatan dua di Kabupaten Tanah Datar yaitu Batipuh Selatan, dan Rambatan, dan dua di kabupaten Solok yaitu X koto Singkarak, Junjung Sirih (Berkademi 2011)

VII.PENUTUP

Sebagai daerah yang dikenal memiliki lahan kritis terluas di Sumatra Barat. Daerah Tangkapan air Singkarak mempunyai luas sawah 16796 ha atau 28 % dari luas daerah, daerah sebelah utara pada DAS Sumpur memiliki potensi hidrologi yang baik daerah itu dapat ditanami padi 3x setahun dengan perkiraan produksi >10t/ha/MT., dan daerah selatan yaitu DAS Lembang mempunyai kemampuan 2x musim tanam.

Perkiraan Produksi padi pada DTA Singkarak berada dalam interval 302328t/thn sampai 503880t/thn gabah atau daerah tersebut dapat menghasilkan 196,513,200 sampai 327,522,000 t /thn beras. Dengan kata lain DTA Singkarak dapat memberi makan 1,637,610 orang sampai 2,729,350 orang selama satu tahun. DTA ini mampu memberi makan separoh penduduk Sumatra Barat yang berjumlah 5.6 jt jiwa. Selain memiliki potensi sumber daya nabati danau Singkarak juga memiliki potensi Sumber daya hewani yang mampu memberi kehidupan pada 4131 Nelayan.

1. Untuk menjaga potensi perikanan danau, perlu dilindungi danau dari gangguan fisik berupa penurunan muka air dan pencemaran air danau.
2. Pemerintah perlu menata pemukiman di pinggir danau agar tidak mencemari danau.
3. Penghijauan perlu dilakukan untuk menjaga persentase luas hutan guna menjaga aliran air menuju danau.
4. Pengelolaan lahan sawah perlu dilakukan dengan baik untuk mencapai tingkat produksi sesuai dengan kemampuan lahan dan indeks produktivitas lahan.

REFERENSI

- Berkademi W. 2011, Pengelolaan sumber daya ikan Bilih (*Mystacoleucus padangensis* BLkr) di danau Singkarak, Sumatera Barat. Skripsi Departemen Ekonomi Sumber Daya dan Lingkungan. Fakultas Ekonomi dan Management Institute Pertanian. Bogor
- Faisal N. 1990. The role and probability of orchard plantation around the singkarak lake. Proceeding of seminar on scientific communication of the small holder plantation for commercial and orchard plantation at critical land of Singkarak surrounding areas
- Foth HD. 1990. Fundamental of soil science. John Wiley and Son. New York

- Goswami dan Banerjee. 1978. Phosphorus, potassium and other macroelement. *In* Brady NC. Soil and rice. The International Rice Research Institute. Los Banos Laguna, Philippines, Philippines
- Ismail, G, 1996. Land Rehabilitation and Development of Upland Ecosystem, dalam Anase Makoto, Mandang Tinneke, Lasco Rodel, 1996 Rehabilitation of Upland and Highland Ecosystem, Tokyo University of Agriculture Press, Japan
- Patnaik S. 1978. Natural source of nutrient in rice soils *In* Brady NC. Soil and rice. The International Rice Research Institute. Los Banos Laguna, Philippines, Philippines
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor. 1990. Peta Satuan Lahan dan Tanah Lembar Solok Sumatera. Bogor
- Rasyidin A. 2015. Klasifikasi kesesuaian lahan menuju pertanian organik. Andalas University Press. Padang
- Rasyidin A. 1994. The method for measuring rate of weathering and soil formation in watershed. Dissertation. Tottory University
- Riquier J, Bramao DL & Cornet JP. 1970. A new system of soil appraisal in term of actual and potensial productivity. FAO Soil Resources, Development and Conservation Service. Land and Water Development Division, FAO.Rome
- Saidi A. 1994. Colloidal material on the River water of Sumani watershed. Andalas University Research Center. Padang
- Syandri H. 2008. Ancaman terhadap plasma nutfah ikan Bilih *Mystacoleucus padangensis* Blkr dan upaya pelestariannya di danau Singkarak. Universitas Bung Hatta
- Syss *et al.*, 1993. Land evaluation part III. Crop requirements, Agricultural Publication no 7, General administration for Development Cooperation Place Du Champ de Mars: 57-1050 Brussels -Belgium
- Verstappen. 1973. A geomorphological reconnaissance of Sumatra and adjacent island (Indonesia, International Institute for Aerial Survey and earth Science (ITC), Noordorff Publishing Gronigen

Wahyuni I. 2018. Evaluasi kesesuaian lahan sawah di sub DAS Batang Sumpur Kabupaten Tanah Datar. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang

Wisaksono M. 1953. Ilmu tubuh tanah. Nordokolff. Jakarta

II

Teknologi Dasar untuk Pertanian Tropika Basah

- 2.1. Strategi Pengembangan Lahan Gambut di Masa
Datang untuk Mendukung Pangan Nasional
- 2.2. Tanah Berbahan Induk Batu Apung dan
Pengelolaannya
- 2.3. Potensi Pengembangan Budidaya Padi Sistem
Ratun
- 2.4. Teknologi Perakitan Varietas dan Peningkatan
Produksi Jagung di Lahan Masam

Strategi Pengembangan Lahan Gambut di Masa Datang untuk Mendukung Pangan Nasional

Teguh Budi Prasetyo

*Dosen Bidang Kimia Tanah pada Jurusan Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang
e-mail: teguhbudiprasetyo@agr.unand.ac.id; teguhbp270560@gmail.com*

I. PENDAHULUAN

Peningkatan populasi penduduk yang cukup pesat mendorong peningkatan kebutuhan terhadap bahan pangan, khususnya beras agar dapat memenuhi kebutuhan pangan nasional. Namun sebaliknya, telah terjadi konversi lahan-lahan subur terutama di Jawa untuk keperluan pembangunan di bidang non-pertanian, seperti, pemukiman, jalan raya dan industri yang mencapai sekitar 40.000 hektar setiap tahun atau kurang lebih setara dengan 200.000 hektar lahan-lahan marginal di luar Jawa. Sehingga, pengembangan di bidang pertanian perlu diarahkan pada lahan-lahan marginal di luar Jawa, seperti lahan rawa yang salah satunya adalah daerah pasang surut. Adapun tanah-tanah yang terdapat pada daerah rawa pasang surut ini antara lain adalah tanah gambut, tanah sulfat masam dan tanah salin. Tanah gambut di Indonesia terutama terkonsentrasi di sekitar daratan Sunda dan Sahul dan terbentuk di bawah pengaruh genangan air. Sebagian besar penyebarannya terdapat di Kalimantan, Irian Jaya dan Sumatera yang luasnya berturut-turut kurang lebih 9.3 juta hektar, 4.6 juta hektar dan 4.3 juta hektar (Soekardi & Hidayat, 1994).

Secara umum tanah gambut adalah tanah yang berlapisan gambut atau sepuk yang cukup tebal, yang merupakan hasil

pengendapan bahan organik setempat, yang terutama terdiri atas sisa jaringan tumbuhan yang menumbuhkan dataran rawa (Notohadiprawiro, 1986). Menurut klasifikasi sistem Pusat Penelitian Tanah Bogor (1983) tanah gambut disebut juga Organosol (organa = bahan organik, sola = tanah), merupakan tanah yang mempunyai horison organik setebal 50 cm atau lebih atau kumulatif 50 cm di dalam 80 cm dari lapisan atas, atau kurang bila terdapat lapisan batu atau fragmen batuan yang berisi bahan organik di antaranya. Sedangkan menurut Soil Survey Staff (1990) tanah gambut disebut juga Histosol (histos = jaringan, sola = tanah) merupakan tanah yang mengandung bahan organik lebih dari 20 persen (bila tanah tidak mengandung liat) atau lebih dari 30 persen (bila tanah mengandung liat 60 persen atau lebih) dan tebalnya lebih dari 40 cm.

Tanah gambut di Indonesia menurut Darmawijaya (1980) terdiri dari *Tropofolist*, *Tropofibrist*, *Tropohemist* dan *Troposaprist*, yang dibedakan atas dasar taraf dekomposisi gambut, serta *Sulfihemist* dan *Sulfohemist* yang dibedakan atas dasar pH (H_2O_2) atau kandungan piritnya. Perbedaan ini menunjukkan status kesuburan yang rendah lebih dominan pada *Tropofolist* dan *Tropofibrist*, sedangkan kemasaman dan kandungan sulfat yang tinggi lebih dominan pada *Sulfihemist* dan *Sulfohemist*. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa secara alami tanah gambut yang relatif lebih baik adalah *Tropohemist* dan *Troposaprist*.

Pemanfaatan tanah gambut untuk usaha pertanian dan perkebunan di masa datang sangat potensial, karena didukung oleh bentuk daerah yang datar, penguasaan tanah sebagian dikuasai oleh negara, kandungan bahan organik tinggi dan sifat menahan air yang tinggi. Lahan gambut dapat dimanfaatkan sebagai lahan pertanian apabila dikelola dengan benar.

II. PERMASALAHAN LAHAN GAMBUT

Pemanfaatan lahan gambut akan menghadapi beberapa kendala yakni: (1) ketebalan dan taraf dekomposisi, (2) jumlah hara makro dan mikro rendah, (3) kemasaman tanah dan kandungan asam-

asam organik meracun tinggi, (4) adanya intursi garam, (5) terdapat lapisan pirit dan (6) tata air yang buruk. Namun dengan pengelolaan yang tepat, tanah ini dapat menjadi lahan yang produktif untuk bidang pertanian.

Ketebalan gambut yang semakin tebal cenderung bersifat makin mentah (Notohadiprawiro, 1986). Hal ini didasarkan pada pengamatan di Kalimantan yang menunjukkan bahwa kelas gambut berketebalan di atas 200 cm didominasi oleh gambut fibrik (53 %) dan gambut saprik mendominasi ketebalan 25-100 cm (62 %). Sedangkan gambut hemik mendominasi lebih dari 50 % kelas ketebalan 151-200 cm. Berdasarkan keadaan ini, dapat dikatakan bahwa batas kritis ketebalan gambut secara umum adalah 150 cm, jika lebih tipis dianggap baik dan jika lebih tebal dianggap kurang atau tidak baik bagi budidaya pertanian. Apabila dihitung rata-rata nisbah C/N nya, maka makin tebal gambut makin tinggi pula nisbah C/N.

Pertumbuhan tanaman padi akan tumbuh baik pada gambut berketebalan di bawah 100 cm, seperti diamati di Siak-Riau, Air Sugihan-Sumatera Selatan dan Pangkoh-Kalimantan Tengah. Sedangkan tanaman jagung, kedelai, kacang tanah dan ketela pohon akan tumbuh baik pada ketebalan gambut 20-150 cm, dan pada ketebalan di atas 150 cm hanya tanaman tahunan seperti kelapa dan tanaman semusim seperti nenas yang dapat tumbuh baik. Namun demikian di Lunang, Sumatera Barat terlihat bahwa tanaman padi dan tanaman dataran tinggi dapat tumbuh baik pada ketebalan 200-250 cm (Suwardjo *et al.*, 1986).

Kemasaman tanah gambut didominasi pada nilai pH yang rendah. Dimana semakin meningkat taraf dekomposisi gambut cenderung menyebabkan makin rendah pH (Notohadiprawiro, 1986). Hal ini didasarkan pada pengamatan terhadap 132 contoh tanah gambut Kalimantan, yang menunjukkan bahwa taraf dekomposisi gambut fibrik, hemik dan saprik mempunyai rata-rata (dan kisaran) pH (H_2O) 4.4 (3.50-5.05), 3.1 (3.00-5.05) dan (3.9-5.80). Sedangkan nilai rata-rata pH (H_2O), pH (KCl) dan pH (H_2O_2) berturut-turut 4.0: 3.5:

dan 2.4. Hal ini berarti bahwa tanah gambut mengandung banyak ion H-bebas dan ion H-potensial, yang berbahaya bagi tanaman.

Kandungan asam-asam organik meracun adalah tinggi, terutama dalam kondisi tergenang. Asam-asam organik tersebut meliputi asam-asam fenolat dan asam-asam karboksilat. Bahaya yang ditimbulkan asam-asam organik tergantung pada jenis dan konsentrasi asam tersebut. Dimana asam-asam fenolat mempunyai toksisitas lebih tinggi daripada asam-asam karboksilat.

Permasalahan yang tidak boleh diabaikan, yang sangat erat hubungannya dengan kemasaman tanah adalah adanya lapisan sulfat masam atau horison tionik di bawahnya. Horison tionik adalah horison yang mempunyai pH (H_2O) dibawah 3.5, sedangkan yang mempunyai pH (H_2O) diatas 3.5 tetapi mempunyai pH (H_2O_2) dibawah 2.5 disebut horison tionik potensial. Menurut Matondang *et al.* (1986), tanah gambut yang dianggap sesuai untuk tanaman padi apabila mempunyai kedalam horison tionik potensial dibawah 50 cm dengan ketebalan gambut antara 40-90 cm, dan untuk tanaman lahan kering apabila kedalamannya tersebut antara 50-100 cm dengan ketebalan gambut antara 90-200 cm.

Intrusi garam terjadi melalui proses difusi dan peluapan air laut ke daratan. Intrusi garam di musim kemarau dapat mencapai 50-60 km dari muara sungai, yang ditandai oleh kadar garam 1 g/l air. Sebagai akibat proses difusi dan peluapan tersebut, sejumlah besar ion-ion dalam air laut seperti Na, Mg, Ca, Cl dan sulfat tersebar ke daerah pedalaman.

Bahaya keracunan Na dapat diduga dengan nilai ESP (*Exchangeable Sodium Percentage*), dimana padi akan keracunan jika nilai ESP di atas 40 dan gandum jika ESP di atas 60. Kadar garam terlarut dapat dinyatakan dengan DHL (Daya Hantar Listrik), di mana batas kritis DHL untuk kedelai 3.3, untuk padi 2.0, untuk jagung dan kacang-kacangan sekitar 1.0 mmhos/cm. Bahaya keracunan Cl akan terjadi bila air mengandung lebih dari 75 ppm.

Tanah gambut memiliki tingkat kesuburan yang beragam, mulai dari sangat subur (kaya unsur hara) sampai sangat miskin

(miskin unsur hara). Berdasarkan tingkat kesuburannya, tanah gambut dibedakan menjadi: (1) gambut *eutropik* (subur), (2) gambut *mesotropik* (sedang), dan (3) gambut *oligotropik* (miskin). Gambut pantai yang tidak terlalu tebal umumnya subur, karena tanah gambut ini terbentuk dari sisa-sisa tanaman yang menyerap unsur hara dari tanah mineral yang ada di bawahnya ataupun dari bahan-bahan yang dibawa oleh luapan air sungai. Di daerah yang jauh dari sungai dan gambutnya sangat tebal maka gambut tersebut umumnya miskin unsur hara karena satu-satunya sumber unsur hara adalah air hujan. Demikian pula gambut pedalaman yang jauh dari pantai umumnya miskin unsur hara terutama bila tanah mineral dibawahnya terdiri dari tanah yang miskin unsur hara sehingga air hujan merupakan sumber utama.

Kandungan C-organik dan N-total tanah gambut tersebut termasuk tinggi serta nisbah C/N nya termasuk sedang hingga tinggi. Jumlah N-total yang tinggi pada tanah gambut, tidak menunjukkan bahwa ketersediaan unsur N berhubungan erat dengan tingkat dekomposisi gambut tersebut (C/N). Jika nisbah C/N tinggi maka ketersediaan N tanah rendah. Hal ini karena sebagian N tersedia dimanfaatkan oleh mikroorganisme dalam proses dekomposisi bahan organik. Unsur P dalam tanah gambut pada umumnya dapat ditemui dalam bentuk P-organik. Dibandingkan dengan tanah mineral, tanah gambut mempunyai kapasitas fiksasi P yang rendah, karena itu ketersediaan P pada tanah gambut dapat lebih baik daripada tanah mineral. Kapasitas tukar kation (KTK) tanah gambut umumnya sangat tinggi (90-200 me/100 g) tetapi kejenuhan basa sangat rendah. Gambut pedalaman Kalimantan Tengah mempunyai kejenuhan basa kurang dari 10 persen (Tim Fakultas Pertanian IPB, 1974). Keadaan ini menghambat penyediaan hara yang baik bagi tanaman terutama K, Mg dan Ca.

Pada tanah gambut, tanaman sering mengalami kahat hara mikro terutama Cu. Ini disebabkan oleh rendahnya kadar Cu dalam tanah mineral serta kuatnya ikatan kompleks Cu-organik sehingga tidak akan tersedia untuk tanaman. Kecuali itu sering terjadi pula

kekahatan unsur mikro lain seperti Zn, Fe, dan Zn. Tanah gambut pantai sering mengandung lapisan sulfat masam yang dapat membahayakan pertumbuhan tanaman bila terdapat daerah perakaran.

III. STRATEGI PENGEMBANGAN LAHAN GAMBUT MASA KINI

Strategi pengembangan lahan gambut yang telah banyak dilakukan meliputi beberapa upaya perbaikan untuk mengatasi permasalahan di atas yaitu: (1) pencucian bahan-bahan meracun, (2) pengapuran dan penambahan bahan mineral, (3) pemberian unsur hara makro dan unsur hara mikro dan (4) penggunaan jenis dan varietas tanaman yang toleran terhadap kemasaman tanah yang tinggi.

Pencucian pada tanah gambut dimaksudkan untuk mencuci bahan-bahan meracun tanaman seperti Cl, sulfat dan asam-asam organik terutama asam karboksilat dan fenolat. Pencucian merupakan salah satu usaha untuk mereklamasi tanah gambut di beberapa negara dan menunjukkan hasil dan kualitas air untuk mencuci. Pencucian yang terus menerus dengan air segar maupun air sungai dapat menurunkan kandungan sulfat, Cl, dan asam-asam karboksilat dan fenolat (Drissen & Suhardjo, 1976; Prasetyo, 1989). Namun pencucian yang berlebihan pada tanah gambut melalui pembuatan saluran-saluran drainase harus dihindarkan. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya penurunan permukaan tanah atau subdensi yang berlebihan dan terungkapnya lapisan sulfat masam bila terdapat di bawahnya. Dengan terungkapnya lapisan sulfat masam tersebut menyebabkan terjadinya oksidasi pirit, sehingga kemasaman, kandungan Fe-bebas dan sulfat meningkat, yang dapat menyebabkan tanaman menderita keracunan. Sehingga untuk mengatasinya masalah ini dapat dilakukan dengan membatasi oksidasi pirit dan menetralkan kemasaman dengan mempertahankan muka air tanah setinggi mungkin. Rekomendasi untuk tanah berketebalan gambut di atas 100 cm yang di bawahnya terdapat lapisan sulfat masam, muka air tanah

sebaiknya tidak boleh turun lebih rendah dari 60-80 cm dari muka tanah, agar lapisan sulfat masamnya tetap jenuh air (Gayasih, 1977). Sedangkan hasil penelitian di Lunang dan Siak menunjukkan produksi jagung dan kedelai tertinggi pada tanah gambut masing-masing diperoleh pada kedalaman muka air tanah 20 cm dan 32 cm (Ahmad, 1986).

Upaya pengapuran dan pencampuran bahan mineral lebih ditujukan untuk mencapai pH ideal tanah gambut (5.0-5.5) dan kejenuhan basa (KB) kritis bagi kebanyakan tanaman (30 %). Dari penelitian pengaruh penggunaan abu gambut, pasir kuarsa, tanah mineral ber-KTK rendah, Ca-silikat, kalsit dan dolomit yang dicampur ke dalam tanah gambut terhadap tanaman padi, jagung, kedelai, kacang tanah dan berbagai sayur-sayuran diperoleh hasil bahwa persen KB terbaik diperoleh dengan pemberian abu gambut dan dolomit, yang menghasilkan produksi terbaik. Tetapi dari segi penerapan dan efisiensi yang lebih lama, maka pencampuran tanah ber-KTK rendah dan dolomit terlihat merupakan cara paling baik (Soepardi *et al.*, 1987). Halim & Soepardi (1987) memperoleh produksi maksimum kedelai pada perlakuan 8 ton tanah mineral ber-KTK rendah, 3 ton kapur, dan 80 kg FeSO_4 /ha dengan pupuk dasar N, P, K, Mn, Zn dan Cu, yang semuanya dicampur ke dalam tanah gambut hingga kedalaman 20 cm. Sedangkan hasil penelitian Taryo & Bachtiar (1987) memperlihatkan bahwa pemberian kapur secara berlebihan mempunyai pengaruh yang merugikan, karena dapat mendorong pelindian hara N, K, dan Mg. Pada pemberian 100 g CaCO_3 /kg bahan gambut setara kering mutlak dengan pupuk dasar 46 mg N, 25 mg K dan 8 mg Mg/kg gambut terjadi peningkatan pencucian N dari 30 menjadi 205, mg K dari 12 menjadi 188 mg dan Mg dari 2 menjadi 32 mg/kg gambut setara kering mutlak.

Adapun cara untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara makro dan mikro di dalam tanah gambut adalah dengan cara pemupukan. Penelitian tentang pengaruh pupuk N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mo, Si dan Cu terhadap padi sawah pada tanah gambut (*Troposaprist*) dari Karang Agung Sumatera Selatan menunjukkan bahwa pemberian Cu dan Ca mempunyai respon nyata dan respon terendah diperoleh

pada perlakuan N (Ardi & Adhi, 1987). Penelitian lain menunjukkan bahwa pada gambut dalam (200 cm), tanpa pemupukan, padi tidak dapat tumbuh. Kapur (Ca), unsur mikro (Cu dan Zn) dan unsur N, P, dan Mg merupakan unsur-unsur hara yang perlu ditambahkan pada gambut tersebut (Kosasih *et al.*, 1989). Demikian juga dengan tanaman jagung dan kedelai, dimana dengan pengapuran dan pemupukan yang cukup dapat tumbuh dengan baik pada tanah gambut di daerah Karang Agung. Jagung varietas Arjuna dengan pemberian 500 kg dolomit, 90 kg K_2O , 5 kg $CuSO_4$ dan 10 kg $ZnSO_4$ dapat menghasilkan 4.47 ton/ha pipilan kering. Sedangkan tanaman kedelai dengan pemberian 1 ton dolomit, 22.5 kg N, 30 kg P, 2.5 kg $ZnSO_4$ dan $CuSO_4$ /ha dapat menghasilkan 1.8 ton/ha (Asikin *et al.*, 1992). Dari hasil penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pemupukan N, P, K dan unsur mikro yang dibarengi dengan pemberian kapur pada tanah gambut untuk memperoleh hasil yang memuaskan mutlak dilakukan.

Pemanfaatan lahan gambut dalam kenyataan cukup banyak diusahakan pada gambut yang dalam. Mengingat batas kritis ketebalan lapisan gambut adalah 150 cm, maka pembakaran gambut untuk pertanian sebaiknya hanya dilakukan pada tanah gambut yang berketebalan gambut lebih dari 150 cm. Pembakaran gambut tersebut harus dilakukan secara terkontrol dan dilokalisasi dalam areal yang sempit, sehingga kebakaran lahan yang meluas dapat dihindari. Pengaruh abu gambut yang dikombinasi dengan pupuk-pupuk organik dapat meningkatkan hasil tanaman pangan, sayur-sayuran dan buah-buahan. Namun karena pengaruh abu gambut terhadap perbaikan kesuburan tanah hanya bersifat sementara, maka abu gambut ini hanya baik untuk tanaman semusim dan kurang baik untuk tanaman tahunan (Rachman & Sudarmo, 1987). Sedangkan pemanfaatan pada gambut tipis maka upaya pengawetan gambut diperlukan agar lapisan sulfat masam yang terletak di bawahnya tidak muncul ke permukaan atau setidaknya tidak terjangkau oleh perakaran tanaman dan tidak teroksidasi secara insentif, sehingga tidak membahayakan tanaman. Sebagian besar tanaman pertanian tumbuh baik pada ketebalan

gambut 20-150 cm. Hal ini berarti pengawetan gambut makin mutlak diperlukan apabila ketebalannya makin mendekati 20 cm.

Guna mencegah hilangnya lapisan gambut tipis dianjurkan agar: (1) jangan membakar sisa-sisa tanaman atau gulma, (2) melakukan pengolahan tanah secara minimum atau tanpa pengolahan tanah, (3) melakukan pemulsaan, (4) mengadakan pergiliran tanaman, mengusahakan jalur hijau di sekitar areal pertanian, (6) mengatur kedalaman air tanah untuk mempertahankan lapisan sulfat masam tetap jenuh, serta (7) melakukan drainase dan pencucian seminimum mungkin.

Selain upaya-upaya di atas kiranya perlu dilakukan upaya melalui penggunaan jenis dan varietas tanaman yang sesuai untuk tanah gambut. Hal ini penting dilakukan karena jenis dan varietas tanaman mempunyai tingkat toleransi yang berbeda-beda terhadap suatu tanah atau lingkungan tertentu. Dari hasil penelitian yang dilakukan pada tanah gambut Barambai, Kalimantan Selatan, varietas padi yang beradaptasi baik meliputi varietas lokal lemo dan pangambau, serta varietas unggul C4-63 (Notohadiprawiro, 1986). Di daerah Kalimantan Selatan lainnya mencakup varietas lokal duku, kuatik dan nugi, serta varietas unggul Kapuas dan Cisanggarung (Suhartina *et al.*, 1987). Varietas padi unggul lainnya meliputi IR-34, -36, -42, -54 (Quijano & Neue, 1987). Melalui percobaan jangka lama terlihat bahwa padi IR-32 merupakan varietas yang berproduksi paling stabil di tanah gambut Delta Upang, yaitu 3.4-4.8 ton per hektar dan varietas Barito serta Mahakam di Lampung yaitu rata-rata 6 ton per hektar.

Tanaman palawija yang dapat dianjurkan untuk ditanam Barambai-Kalimantan Selatan, Tamban luar-Kalimantan Tengah, dan Rassau Jaya- Kalimantan Barat adalah jagung (Genjah Kertas dan BC II), kedelai (Orba dan Taichung), kacang tanah (Banteng dan Kidang), kacang hijau (Bhakti), sorghum (UPCA S2 dan KD4) dan ubi jalar (Pangkur) (Isbandi *et al.*, 1979).

IV. STRATEGI PENGEMBANGAN GAMBUT MASA DATANG

Strategi pengembangan lahan gambut yang telah dilakukan melalui upaya-upaya tersebut di atas dinilai cukup memuaskan. Namun bila dicermati prinsip pemecahan masalah pada tanah gambut ini adalah dengan memperbaiki kondisi tanah yaitu dengan menaikkan pH tanah dan meningkatkan ketersediaan hara tanaman. Dengan kata lain pendekatan yang dilakukan hampir sama dengan pendekatan untuk tanah mineral. Peningkatan pH dengan pengapuran untuk mencapai pH optimal yang sesuai dengan pertumbuhan tanaman memerlukan jumlah kapur yang cukup banyak. Meningkatnya pH tanah gambut maka kapasitas tukar kation menjadi meningkat tinggi karena pada tanah gambut didominasi oleh muatan tergantung pH. Dengan demikian pemberian pupuk makro dan pupuk mikro lebih banyak memenuhi kebutuhan hara bagi tanaman. Demikian juga untuk meningkatkan kejenuhan basa hingga tingkat yang cukup baik dan sesuai dengan pertumbuhan tanaman maka diperlukan penambahan bahan mineral sekitar 30 persen, untuk setiap hektarnya diperlukan bahan yang cukup banyak. Oleh karena itu upaya yang terakhir ini dinilai kurang praktis dalam pelaksanaannya.

Pemupukan pada tanah gambut dapat memberikan pengaruh yang sangat bervariasi atau hasil yang didapatkan tidak konsisten. Hal ini diduga karena penambahan unsur hara pada tanah yang memiliki kondisi sifat kimia yang kurang baik akan mengakibatkan unsur hara tersebut tidak tersedia bagi tanaman. Hara yang berasal dari pupuk tersebut dapat mengalami pencucian atau terbentuk kompleks khelat. Selain itu dalam penggunaan jenis dan varietas yang toleran pada tanah gambut masih terbatas pada jenis dan varietas yang digunakan pada tanah mineral. Dengan kata lain bahwa upaya-upaya yang ditempuh kadang-kadang dinilai kurang praktis dan kurang diarahkan untuk mengatasi permasalahan utama pada tanah gambut. Dari uraian tersebut, nampaknya masih ada peluang untuk meningkatkan produktivitas tanah gambut melalui pendekatan yang lebih tepat.

Permasalahan utama pada tanah gambut untuk pengembangan lahan pertanian terutama tanaman padi adalah kandungan asam-asam

organik meracun yang cukup tinggi. Hal ini didukung oleh penelitian Prasetyo (1996) yang memperoleh hasil bahwa tingkat kemasaman yang tinggi atau nilai pH yang rendah, nampaknya kurang begitu mempengaruhi produksi gabah selama kadar asam-asam fenolat dan asam-asam karboksilat berada dalam batas yang dapat ditoleransi oleh tanaman padi. Hal ini dapat dilihat dari besarnya pH tanah gambut setelah diberi perlakuan CuSO_4 secara umum sedikit menurun. Nilai pH untuk gambut fibrik, gambut hemik, dan gambut saprik berturut-turut berkisar antara 3.27-3.42; 3.41-3.48 dan 3.50-3.62. Dengan demikian masalah yang harus diatasi terlebih dahulu sebelum tanah gambut dijadikan tempat budidaya tanaman padi adalah asam-asam fenolat terutama asam ferulat, asam p-kumarat dan asam p-hidroksibenzoat. Upaya selanjutnya dapat dilakukan penambahan unsur hara esensial baik unsur hara makro maupun mikro yang dibutuhkan oleh tanaman.

Penelitian yang cukup mendalam tentang jenis dan perilaku asam-asam organik tersebut di Indonesia belum banyak dilakukan. Maka dari itu guna menyusun strategi pengembangan gambut di masa datang, maka salah satunya yang perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam dan terarah tentang perilaku asam-asam organik meracun pada tanah gambut.

Sebagai dasar pengembangan lahan gambut di masa datang telah dilakukan penelitian pendahuluan tentang perilaku asam-asam organik meracun pada tanah gambut (Prasetyo, 1996). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penggenangan tanah gambut selama 12 minggu menghasilkan asam-asam fenolat (asam p-hidroksibenzoat, asam p-kumarat, asam ferulat, dan asam vanilat) dan asam-asam karboksilat (asam asetat, asam propionat, asam butirrat dan asam suksinat) dalam jumlah yang berbeda-beda. Jumlah asam-asam tersebut selalu berubah dari waktu ke waktu. Kandungan asam fenolat total (yang terdeteksi oleh alat HPLC) pada penelitian di laboratorium paling tinggi adalah pada gambut hemik (169.81 ppm) diikuti oleh gambut fibrik (113.61 ppm) dan gambut saprik (95.49 ppm). Kandungan asam fenolat ini sebagian besar tergantung dari jumlah lignin yang

terkandung dalam bahan gambut tersebut. Kandungan asam-asam karboksilat total pada gambut fibrik, hemik dan saprik adalah relatif sama yaitu berturut-turut sebesar 46.27 ppm, 49.14 ppm dan 49.36 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan pembentukan asam-asam karboksilat pada ketiga tingkat dekomposisi gambut tersebut relatif sama. Kemungkinan besar ada kaitan yang erat dengan kandungan selulosa dan protein pada ketiga gambut tersebut relatif sama.

Dari hasil-hasil penelitian di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa kandungan asam fenolat pada ketiga gambut tersebut lebih besar daripada kandungan asam-asam karboksilat. Hal ini karena bahan gambut didominasi oleh lignin (32.79-57.38 %) dibandingkan kandungan selulosa (10.59-13.15 %). Seperti telah yang diketahui bahwa lignin dapat dirombak secara biodegradasi oleh mikroorganisme menjadi asam-asam karboksilat yang merupakan senyawa alifatik lebih mudah dirombak dibandingkan dengan asam-asam fenolat yang termasuk senyawa aromatik.

Untuk menetapkan jenis asam-asam organik meracun yang dianggap berbahaya untuk pertumbuhan tanaman dapat dilihat dari jumlah dan tingkat meracun asam-asam organik tersebut. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa urutan tingkat meracun asam-asam karboksilat adalah asam butirat relatif sama dengan asam propionat dan diikuti asam suksinat dan asam asetat, sedangkan untuk asam fenolat adalah asam ferulat dan diikuti asam p-kumarat, asam p-hidroksibenzoat dan asam vanilat (Prasetyo, 1996). Berdasarkan hasil penelitian perilaku asam-asam organik meracun nampaknya jenis asam fenolat yang paling berbahaya pada gambut fibrik, hemik dan saprik adalah asam ferulat berturut-turut sebesar 72.76 ppm, 69.03 ppm dan 55.82 ppm. Selain asam ferulat, nampaknya asam p-kumarat juga berbahaya terutama setelah 12 minggu penggenangan. Kadar asam tersebut pada gambut fibrik, hemik dan saprik berturut-turut sebesar 45.85 ppm, 32.45 ppm dan 30.39 ppm. Di antara jenis asam-asam karboksilat yang terdapat dalam tanah gambut, nampaknya asam butirat merupakan salah satu asam yang perlu diperhatikan. Hal ini

disebabkan selain jumlahnya yang jauh lebih besar daripada asam-asam karboksilat lainnya dan juga mempunyai tingkat meracun yang lebih tinggi. Dibandingkan dengan asam-asam fenolat, nampaknya bahaya yang ditimbulkan oleh asam-asam karboksilat yaitu asam asetat (8.45 ppm), asam propionat (4.52 ppm), asam suksinat (18.27 ppm) dan asam butirat (38.95 ppm) yang relatif kecil dibandingkan asam-asam fenolat. Berdasarkan fakta tersebut nampaknya asam-asam fenolat terutama asam ferulat, asam p-kumarat dan asam p-hidroksibenzoat lebih berbahaya dibandingkan asam-asam fenolat (Prasetyo, 1996).

Dengan menempatkan masalah asam-asam organik meracun pada masalah utama, maka akan dapat dikembangkan penelitian-penelitian yang mengarah pada pengendalian asam-asam organik meracun tersebut. Penelitian-penelitian yang dapat dilakukan meliputi bidang kajian kimia-kesuburan tanah, biologi tanah dan pemuliaan tanaman.

Penelitian dalam bidang kajian kimia-kesuburan tanah dititik beratkan pada pengendalian asam-asam organik meracun pada tanah gambut dengan berbagai amelioran. Hal ini didasarkan bahwa asam-asam organik mampu melakukan berbagai macam reaksi kimia, seperti erapan kation, pembentukan kompleks atau pengkhelatan logam dan interaksi dengan liat (Tan, 1994). Penelitian dasar yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pemberian Cu (50 mg/kg), Zn (50 mg/kg) dan garam NaCl (250 mg/kg tanah setara kering mutlak) pada tanah gambut Air Sugihan, Sumatera Selatan, dapat menurunkan kadar asam-asam fenolat dalam larutan gambut, baik asam p-hidroksibenzoat (72-92 %), asam p-kumarat (45-70 %), asam vanilat (50-67%) dan asam ferulat (50-86 %). Penurunan kandungan asam-asam fenolat tersebut diduga berhubungan dengan adanya reaksi pembentukan senyawa kompleks atau khelat antara ion logam Cu dan Zn yang berikatan dengan asam-asam tersebut (Prasetyo, 1996).

Penelitian yang dilakukan dengan tanaman menunjukkan hasil bahwa pemberian Na dan Cu sebagai bahan amelioran sampai takaran tertentu yang dapat mengakibatkan penurunan kandungan asam-asam

fenolat dan karboksilat mampu meningkatkan berat kering gabah, kemudian menurun setelah mencapai hasil maksimum. Takaran Na yang memberikan hasil maksimum berat gabah kering pada gambut saprik adalah 80 ppm Na, sedangkan untuk Cu adalah 210 ppm Cu (Prasetyo, 1996). Penelitian yang lain dengan pemberian dolomit dan Cu (sebagai ameliorant) pada tanah gambut rawa Anai diperoleh hasil bahwa pemberian Cu sebesar 100 ppm (setara kurang lebih 200 kg $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}/\text{ha}$) dapat mengganti penggunaan dolomit sebesar 2.5 ton/ha (Prasetyo, 1998).

Dari uraian di atas dapat dikembangkan penelitian-penelitian perilaku asam-asam meracun pada tanah gambut yang berbeda beda baik perbedaan vegetasi penyusunnya maupun perbedaan proses pembentukannya (gambut ombrogen dan gambut topogen) dengan menggunakan berbagai amelioran baik kation-kation (seperti Cu, Zn, Fe, Al, Na) maupun bahan amelioran lainnya (seperti tanah mineral, batuan fosfat yang kaya Al dan/Fe, limbah semen cair dan lain-lain). Selain itu perlu dilakukan penelitian tentang waktu pemberian amelioran yang tepat dan lama inkubasinya guna meningkatkan efektivitas bahan tersebut dalam menekan asam-asam organik meracun. Dengan demikian, akan diperoleh teknologi pengendalian asam-asam organik meracun yang efektif dan efisien pada tanah gambut.

Penelitian dalam bidang kajian biologi tanah juga sangat penting dan perlu diarahkan pada upaya peningkatan proses dekomposisi gambut mentah dan pengendalian asam-asam organik meracun dengan pemanfaatan organisme tanah yang toleran pada kondisi tanah gambut tersebut dan mampu melakukan fungsinya dalam perombakan-perombakan bahan gambut mentah ataupun asam organik meracun.

Penelitian yang tidak kalah pentingnya adalah penelitian dalam bidang kajian pemuliaan tanaman. Penelitian ini perlu diarahkan pada penciptaan varietas-varietas tanaman yang toleran terhadap kondisi tanah gambut tersebut baik terhadap kondisi pH yang rendah maupun kandungan asam-asam organik yang tinggi.

Tentunya juga dapat terwujudnya pemikiran-pemikiran ini diperlukan kerja keras dan kerja sama antar disiplin ilmu disamping fasilitas-fasilitas penelitian yang dibutuhkan cukup memadai. Diharapkan dengan strategi pengembangan lahan gambut melalui serangkaian penelitian-penelitian yang terarah dan terpadu seperti yang telah dikemukakan di atas maka akan tercipta teknologi-teknologi yang tepat, efektif dan efisien. Dengan demikian, dapat diharapkan pengembangan lahan gambut di masa datang untuk usaha dalam bidang pertanian mampu mendukung pengadaan pangan nasional.

V. PENGELOLAN LAHAN GAMBUT SECARA BERKELANJUTAN

Ekosistem gambut merupakan penyangga hidrologi dan penyumbang cadangan karbon yang sangat tinggi bagi lingkungan hidup. Oleh karena itu, ekosistem ini perlu dilindungi agar fungsinya dapat dipertahankan hingga generasi selanjutnya. Aspek legal mengenai konservasi lahan gambut diatur dalam Keputusan Presiden No. 32 tahun 1990 tentang kawasan lindung. Perlindungan terhadap kawasan gambut dimaksudkan untuk mengendalikan hidrologi wilayah, yang berfungsi sebagai penyimpan air dan pencegah banjir, serta melindungi ekosistem yang khas di kawasan yang bersangkutan. Konservasi lahan gambut juga dimaksudkan untuk meminimalkan teremisinya karbon tersimpan yang jumlahnya sangat besar.

Pengembangan pertanian lahan gambut merupakan langkah strategis dalam menjawab tantangan peningkatan produksi pertanian yang makin kompleks. Dengan pengelolaan yang tepat melalui penerapan iptek yang benar, lahan gambut memiliki prospek besar untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian produktif terutama dalam rangka pelestarian swasembada pangan, diversifikasi produksi, peningkatan pendapatan dan lapangan kerja, serta pengembangan agribisnis dan wilayah (Abdurachman & Ananto, 2000).

Di samping memiliki prospek yang baik, pengembangan lahan gambut untuk pertanian juga mempunyai berbagai kendala, baik aspek biofisik maupun sosial ekonomi dan kelembagaan. Untuk menjamin keberlanjutan pemanfaatan dan pelestarian sumber daya alam, pengembangan pertanian lahan gambut dalam satu kawasan luas, memerlukan perencanaan dan penanganan yang cermat dan hati-hati. Kekeliruan dalam membuka dan mengelola lahan ini membutuhkan biaya besar untuk merehabilitasinya dan sulit untuk memulihkan kondisi semula (Widjaja-Adhi *et al.*, 1992).

Teknologi pengelolaan lahan gambut dan tata air gambut berdasarkan hasil dari berbagai penelitian masih perlu dikembangkan secara luas. Selain teknologi ini, keberhasilan dan keberlanjutan pengembangan pertanian lahan gambut juga ditentukan oleh kemampuan sumber daya manusia dan rekayasa kelembagaan yang efektif dan efisien, terutama kelompok tani dan P3A, lembaga penyuluhan, serta lembaga penyediaan sarana produksi dan pemasaran hasil. Selanjutnya, koordinasi, keterpaduan dan keterkaitan serta kesungguhan kerja semua pihak terkait sangat diperlukan dalam penerapan teknologi pengelolaan lahan dan tata air (Ananto *et al.*, 2000). Penerapan teknologi yang kurang tepat tanpa memperhatikan karakteristik lahannya dan tanpa adanya dukungan faktor-faktor di atas akan memperluas timbulnya lahan tidur bermasalah.

Mengatasi permasalahan lahan gambut, memerlukan pengolahan secara hati-hati karena akan menghadapi banyak kendala diantaranya yaitu kematangan gambut dan ketebalan bahan organik gambut yang bervariasi, penurunan permukaan gambut, rendahnya daya tahan gambut, kesuburan gambut yang rendah, ditemukannya lapisan pirit dan pasir, kemasaman tanah yang sangat tinggi, kondisi lahannya yang jenuh air pada musim hujan dan mengalami kekeringan pada musim kemarau, serta memiliki sifat yang mudah terbakar. Kunci keberhasilan bercocok tanam di lahan gambut adalah bertani secara bijak dan memperhatikan faktor-faktor pembatasnya. Ada 10 langkah bijak dalam mencapai keberhasilan bertani di lahan gambut, yaitu: 1) Mengenali dan memahami tipe dan perilaku lahan; 2) Memanfaatkan

dan menata lahan sesuai dengan tipologinya dengan tidak mengubah lingkungan secara drastis; 3) Menerapkan sistem tata air yang dapat menjamin kelembaban tanah/menghindari kekeringan di musim kemarau dan mencegah banjir di musim hujan; 4) Tidak melakukan pembukaan lahan dengan cara bakar; 5) Bertani secara terpadu dengan mengombinasikan tanaman semusim dan tanaman tahunan, ternak, dan ikan; 6) Memilih jenis dan varietas tanaman yang sesuai dengan kondisi lahan dan permintaan pasar; 7) Menggunakan bahan amelioran seperti kompos dan pupuk kandang untuk memperbaiki kualitas lahan; 8) Mengolah tanah secara minimum (*minimum tillage*) dalam kondisi tanah yang berair atau lembab; 9) Menggunakan pupuk mikro bagi budi daya tanaman semusim; dan 10) Melakukan penanaman tanaman tahunan di lahan gambut tebal didahului dengan pemadatan dan penanaman tanaman semusim untuk meningkatkan daya dukung tanah.

VI. SUMBANGAN LAHAN GAMBUT DALAM KETAHANAN PANGAN NASIONAL

Lahan gambut tidak hanya memiliki fungsi di lingkungan dan produksi saja, akan tetapi juga di bidang sosial ekonomi masyarakat, pemerintah dan juga negara. Lahan gambut merupakan sumber pendapatan bagi masyarakat yang ada dan bertempat tinggal di sekitar areal lahan gambut, berkontribusi dan memberikan sumbangan devisa negara khususnya di bidang perkebunan.

Masyarakat yang menetap di sekitar areal lahan gambut pada umumnya sudah mengetahui cara-cara baik dalam pengolahan lahan gambut untuk usaha pertanian, baik itu tanaman pangan, sayuran, buah-buahan ataupun tanaman perkebunan. Kearifan lokal (*indigenous knowledge*) petani telah membuktikan bahwa lahan gambut dapat diolah untuk tujuan sosial-ekonomi produktif, yakni sebagai penyedia lapangan kerja bagi masyarakat, sumber mata pencarian serta penyedia bahan pangan yang tidak merusak lingkungan.

Sampai saat ini belum ditemui kasus kelaparan atau busung lapar yang menimpa petani yang hidup di sekitar lahan gambut. Ini menunjukkan bahwa lahan gambut dapat menjadi lambung pangan dan sumber kehidupan bagi para petani. Sedangkan di sisi lain, penanaman tanaman bernilai ekspor pada lahan gambut seperti kelapa sawit dan karet dapat menambah peran lahan gambut terhadap perekonomian negara melalui penerimaan devisa.

Haryono *et al.* (2013) menyatakan bahwa lahan gambut merupakan “Lumbung Pangan dan Energi Masa Depan”. Ini disebabkan karena setiap tahunnya lahan gambut dapat ditanami dengan padi minimal seluas 0,5 juta hektar, dengan total jumlah produksi sebesar 1,0 – 1,5 juta ton. Bahkan lahan gambut yang memiliki kedalaman yang kurang dari 2 m yang luasnya mencapai 2,2 juta hektar, jika ditanami oleh padi dengan benih unggul lokal maka potensi untuk menghasilkan produksi padi adalah sekitar 8,8 juta ton gabah kering panen (GKP). Menurut Alihamsyah & Ariza (2006), introduksi dan penggunaan teknologi benih unggul lokal di lahan pasang surut mampu menghasilkan produksi padi sekitar 3 – 6 ton/ha. Peranan potensi produksi ini sangat besar terhadap ketahanan pangan nasional dan ekonomi rumah tangga petani di sekitar kawasan gambut.

Berdasarkan data yang diambil pada tahun 2010, secara nasional luas lahan pertanian kelapa sawit sebesar 3,31 juta hektar dan 42% dari luas ini merupakan kebun kepemilikan rakyat sebagai plasma, dan sebagian besar kebun ini merupakan lahan gambut (Ditjenbun *dalam* Teguh, 2012). Dengan kondisi ini maka dapat dikatakan bahwa kelapa sawit mampu menumpang ekonomi dan pendapatan petani di sekitar lahan gambut.

Kebijakan pengolahan lahan gambut di masa depan adalah perlu lebih memperluas akses petani dan masyarakat sekitar, sehingga kontribusinya terhadap pembangunan perekonomian masyarakat wilayah setempat akan meningkat. Hal ini sekaligus diharapkan akan berdampak terhadap pemecahan masalah arus urbanisasi, pemerataan pembangunan, menjaga kelestarian lingkungan dan menjamin kesejahteraan masyarakat serta kepentingan nasional.

VII.PENUTUP

Peluang untuk lebih meningkatkan produktivitas lahan gambut di masa datang nampaknya masih cukup terbuka, melalui strategi pengembangan lahan gambut yang lebih cepat, terarah dan terpadu, dengan menempatkan masalah asam-asam organik meracun sebagai masalah utama.

Penelitian-penelitian yang akan dilakukan melalui bidang kajian kimia-kesuburan tanah dan mikrobiologi tanah perlu diarahkan pada perilaku dan pengendalian asam-asam organik meracun. Sedangkan untuk bidang kajian pemuliaan tanaman diarahkan pada perakitan varietas-varietas tanaman yang toleran terhadap asam-asam organik beracun yang tinggi dan pH tanah yang rendah.

Pengelolaan lahan gambut yang tepat dapat meminimalisir dampak negatif pada lahan gambut, disamping mampu meningkatkan kesejahteraan petani dan mendukung ketahanan pangan nasional.

REFERENSI

- Abdurachman & EE Ananto. 2000. Konsep pengembangan pertanian berkelanjutan di lahan rawa untuk mendukung ketahanan pangan dan pengembangan agribisnis. Seminar Nasional Penelitian dan Pengembangan Pertanian di Lahan Rawa. Bogor, 25-27 Juli 2000
- Ahmad A. 1986. Case studies on water regulation against the fluctuation of ground waterable and effect to crop yield. In Symposium Lowland Development in Indonesia, Late Supporting Paper, ILRI. Jakarta
- Alihamsyah T & Arriza I. 2006. Teknologi pemanfaatan lahan rawa lebak dalam karakteristik dan pengelolaan lahan rawa. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Bogor
- Ananto EE, A Supriyo, Soentoro, Hermanto Y, Soelaeman IW, Suastika & Nuryanto B. 2000. Pengembangan usaha pertanian lahan pasang surut Sumatera Selatan: Mendukung ketahanan pangan

dan pengembangan agribisnis. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta

Ardi DS and IPG W Adhi. 1987. The effect of calcium and copper on growth and dry weight of the IR-36 paddy rice in Hemic-troposaprist. *In Tropical Peat and Peatlands for Development Abstract Int. Peat Soc. Symposium. Yogyakarta. Indonesia*

Darmawijaya MI. 1980. Klasifikasi tanah. BPTK Gambung. Bandung

Driessen PM & Suhardjo I. 1976. On the defective grain formation of sawah rice on peat. in peat and podzolic soils and their potential for agriculture in Indonesia. *Proc. ATA 106 Midterm Seminar. Soil Research Institute. Bogor*

Tim Fakultas Pertanian IPB. 1986. Gambut pedalaman untuk lahan pertanian. Kerjasama Dinas Pertanian Tanaman Pangan Provinsi Dati I Kalimantan Tengah dengan Fakultas Pertanian IPB. Bogor

Gayasih S. 1977. Usaha-usaha reklamasi tanah rawa pasang surut di Indonesia. Fakultas Pertanian Unsri. Palembang

Halim A. & Soepardi G. 1987. Soybean response to iron applied to inland peat amended with mineral soil and lime. *In Tropical Peat and Peatlands for Development Abstract Int. Peat Soc. Symposium, Yogyakarta*

Haryono M, Noor H, Syahbuddin & M Sarwani. 2013. Lahan rawa. Lumbung pangan masa depan Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. IAARD Press. Jakarta

Kosasih S, Rafinda Z, Abidin & Basyarudin. 1989. Pengaruh pengapuran tanah gambut terhadap pertumbuhan dan produksi padi sawah. *Pros. Seminar Tanah Gambut untuk Perluasan Pertanian. UISU. Medan*

Matondang SD, Kusnadi & Sutardjo. 1986. Lowland for agriculture development: Soil condition and water management. *In*

- Symposium Lowland Development in Indonesia, Research Paper, ILRI. Jakarta
- Leiwakabessy FM & Wahjudin M. 1979. Ketebalan gambut dan produksi padi. Prosiding Simposium III Pengembangan Daerah Pasang Surut di Indonesia. Palembang
- Notohadiprawiro T. 1986. Tanah estuarine: Watak, sifat, kelakuan dan kesuburuannya. Ghalia. Jakarta
- Pusat Penelitian Tanah. 1983. Jenis dan macam tanah di Indonesia untuk keperluan survey dan pemetaan tanah daerah transmigrasi. Terms of Reference Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi. Pusat Penelitian Tanah. Bogor
- Prasetyo TB. 1989. Kajian tanggapan tanaman jagung terhadap pemberian kapur setelah pelindihan bahan-bahan meracun pada tanah gambut. Tesis. Fakultas Pascasarjana UGM. Yogyakarta
- Prasetyo TB. 1996. Perilaku asam-asam organik meracun pada tanah gambut yang diberi garam Na dan beberapa unsur mikro dalam kaitannya dengan hasil padi. Disertasi. Program Pascasarjana IPB. Bogor
- Prasetyo TB. 1998. Kajian pemberian dolomit dan unsur mikro Cu pada tanah gambut terhadap pertumbuhan dan hasil padi. Seminar Hasil-hasil penelitian Dosen Bidang Ilmu-ilmu Pertanian BKS-PTN Barat. Universitas Riau. Pekanbaru
- Quijano CC & HU Neue. 1987. Role of varietal tolerance in rice production on peat soil. In Symposium Tropical Peat and Peatlands for Development, Abstract, Int. Peat Soc. Yogyakarta
- Rachman AK & Sudarmo P. 1987. The tropical ombrogenous peat soil management system by the Chinese farmer in Pontianak city, West Kalimantan Province. In Symposium Tropical Peat and Peatlands for Development. Abstract Int. Peat Soc. Yogyakarta

- Soekardi M & Hidayat A. 1994. Extent, distribution, and potentiality of peat soil of Indonesia. Indonesian Agric. Research and Development J. 16: 14-18
- Soepardi GS, Surowinoto & Djajakirana G. 1987. Inland peat as agriculture land. In Symposium Tropical Peat and Peatlands for Development. Abstract Int. Peat Soc. Yogyakarta
- Soil Survey Staff. 1990. Keys to Soil Taxonomy. Agency for International Development United State, Department of Agriculture, Soil Management Support Services. Washington DC
- Suhartini T, Silitonga TS & Harahap. 1987. Prospect of varietal improvement for peaty soil. In Symposium Tropical Peat and Peatlands for Development, Abstract. Int. Peat Soc. Yogyakarta
- Suwardjo H, Abas AI & Sukmana S. 1986. Some problems on the soil and environment of tidal swamp transmigration areas. In Symposium Lowland Development in Indonesia, Research Paper, ILRI, Jakarta
- Taryo AY & Bachtiar. 1987. Leaching of N, K, and Mg from peat and peatlands for Development, Abstract, Int. Peat Soc
- Tan KH. 1994. Environmental soil science. Marcel Dekker, Inc. New York
- Widjaja-Adhi IPG, Nugroho K, Suriadikarta DA & Karama DS. 1992. Sumber daya lahan rawa: potensi, keterbatasan dan pemanfaatannya. hal. 19-38. Dalam Partohardhono dan M. Syam (Ed.) pengembangan terpadu pertanian lahan rawa pasang surut dan lebak. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor

Tanah Berbahan Induk Batu Apung dan Pengelolaannya

Amrizal Saidi

*Guru Besar Fisika dan Konservasi Tanah pada Jurusan Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang
e-mail: saidiamrizal@gmail.com*

I. PENDAHULUAN

Sejak dua dekade lalu, berita bencana alam sudah menjadi pembicaraan hangat disampaikan baik di media cetak, televisi, dan media lainnya. Adanya tsunami di Aceh yang telah menelan korban manusia sebanyak 230 ribu jiwa, diikuti oleh bencana gempa di Yogyakarta menelan korban jiwa 3000 jiwa. Kemudian banyak lagi bencana alam berupa tanah longsor di Tawangmangu, di Mandailing Natal, bobolnya tanggul waduk Situgintung, gempa di Solok, Tanah Datar dan Bukittinggi tahun 2007, gempa di Tasikmalaya juga menelan korban jiwa, dan gempa dahsyat (7,9 SR) tanggal 30 September 2009 di Sumatera Barat. Pada bulan Maret 2010, terjadi lagi longsor di Lembah Anai sehingga mengakibatkan putusnya jalan Padang - Bukittinggi.

Akhir-akhir ini gempa di Lombok (Agustus, 2018), gempa di Palu (September 2018), tanah longsor di Madina Sumatra Utara (Oktober, 2018), terakhir Tsunami di Banten (November, 2018), Gempa di Solok Selatan pada bulan Januari 2019. Gempa gempa ini merupakan pemicu terjadinya longsor di beberapa daerah di Indonesia seperti gempa di kabupaten Padang Pariaman memicu longsor di Tandikek yang menimbun kampung Lubuk Laweh, Kepalo Koto, dan kampung Cumanak dan sekarang menjadi kuburan massal untuk 200 orang penduduk setempat. Kemudian gempa di Palu memicu terjadinya tanah bergerak yang berliquifaksi di Petobo yang menelan korban jiwa

sebanyak satu kampung, dan banyak lagi daerah daerah lain yang umumnya terpicu oleh gempa gempa tersebut.

Beberapa jenis batuan gunung api yang terdapat di Sumatera Barat antara lain adalah basaltik, andesit, tufa breksi , breksi lahar, dan tufa batu apung. Kegiatan magma Tersier terjadi secara sporadis, ditandai oleh endapan tufa batu apung bersusunan asam, batuan terobosan, dan lava yang bersusunan riolit sampai dasit yang tersebar hampir di sepanjang zona Sesar Besar Sumatera. Batuan yang terpenting di antaranya adalah tuf riolit dari Kaldera Toba dan tufa batu apung dari dataran tinggi Padang. Keberadaan aliran piroklastika yang terdapat di daerah Et al. Padang berkaitan dengan kegiatan vulkanik Kaldera Maninjau yang terletak pada zona Sesar Besar Sumatera (Van bemmelen, 1949; Westerveld, 1953 *cit* Pribadi, 2007).

Letak geografis Sumatera pada umumnya dan Sumatra Barat khususnya yang berada pada daerah pergunungan dan perbukitan Barisan yang memanjang dari Barat laut ke Tenggara yang mempunyai banyak gunung api dan juga merupakan daerah daerah yang rawan terhadap longsor. Disamping itu juga terdapat daerah rawan longsor yaitu di sekitar kaldera Gunung Tinjau (Maninjau), Sekitar Gunung Marapi, Singgalang dan Tandikek, gunung Sago, gunung Talang, gunung Kerinci, dan Gunung Mas.

Letak secara administratif daerah tufa batu apung Sumatera Barat meliputi kecamatan kabupaten Padang Pariaman), kabupaten Agam, Lima puluh Kota, kabupaten Solok, . kabupaten Tanah Datar. Jenis tanah yang dijumpai di Sumatera Barat sebahagian berasal dari hasil pelapukan batuan berasal dari letusan atau erupsi gunung api merupakan Inceptisol, Andisol dan Entisol serta Ultisol.

II. TANAH BERBAHAN INDUK TUFA BATU APUNG

2.1. Pengertian Tufa Batu Apung

Tufa batu apung adalah batuan dengan ciri berwarna terang serta sangat berpori. Batuan ini termasuk jenis batuan beku yang terbentuk dari hasil letusan gunung berapi. Ketika panas dan tekanan sangat tinggi, batuan itu dikeluarkan oleh gunung api secara serentak dan cepat mendingin sehingga meledak. Peledakan ini menghasilkan gelembung yang menurunkan larutan gas termasuk air dan CO₂ yang terlarut dalam lava untuk berusaha meletup dengan cepat. Bila erupsi vulkanik terjadi di bawah permukaan air, maka batuan akan cepat mendingin dan menghasilkan tufa batu apung berukuran besar. Tufa batu apung juga disebut batuan gelas vulkanik silikat karena mengandung buih yang terdiri dari gelembung berdinding gelas vulkanik. Tufa batu apung mempunyai sifat vesikular dan mengandung banyak sel yang berstruktur selluler akibat ekspansi buih gas yang terkandung di dalamnya.

Batuan ini mempunyai banyak ruang pori (vesikel) yang dibatasi oleh dinding tipis sehingga batuan ini mempunyai bobot jenis kecil dari 1 sehingga batuan ini mengapung di atas air dan mudah dihanyutkan (Gambar 8)

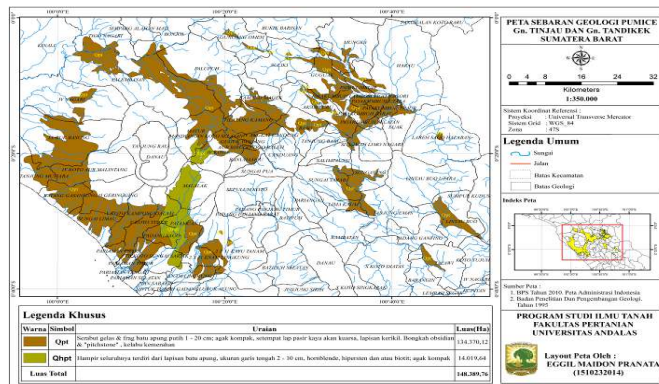


Gambar 8. Tufa batu apung (Foto Amrizal Saidi, 2018)

2.2. Penyebaran Tanah Berbahan Induk Tufa Batu Apung

Berdasarkan peta geologi lembar Padang (Kastowo *et.al* 1996)an Lembar Solok (Silitonga dan Kastowo, 1995), bahan induk tufa batu apung di Sumatera Barat berasal dari bahan induk vulkanik

berupa tufa batu apung yang rapuh dan ringan (Qpt) dan tufa batu apung dengan mineral hyperstine dan hornblende (Qhpt) (Gambar 9).



Gambar 9. Peta Geologi tufa batu apung (Qpt, dan Qhpt) (Kastowo *et al.*, 1996 ; Silitonga & Kastowo, 1995)

Penyebaran bahan induk tufa batu apung di Sumatera Barat meliputi luas 148.389 ha yang tersebar di hampir seluruh kabupaten Padang Pariaman, kabupaten Agam (Palupuh, Malalak, Maninjau, Matur), kabupaten Pasaman (kecamatan Kumpulan, kecamatan tiga Nagari), Disamping itu juga terdapat tufa batu apung seperti di kabupaten Lima puluh kota (daerah kecamatan Payakumbuh, Bukit Barisan, Kecamatan Gunung Mas. Kecamatan Koto Tinggi), kabupaten Solok (kecamatan Lembah Gumanti yakni Nagari Air Dingin), kabupaten Tanah Datar (kecamatan Lintau Buo, kecamatan Lima Kaum, Sungai Tarab, kecamatan Salimpaung).

2.3. Potensi Tanah Berbahan Induk Batu Apung

Tanah adalah campuran kompleks dari partikel mineral dari berbagai bentuk dan ukuran, hidup dan mati bahan organik termasuk mikroorganisme, akar, dan tanaman dan residu hewan, udara, dan air. Di tanah, reaksi kimia fisika, dan biologi terjadi terus-menerus dan saling berkaitan erat, seperti halnya yang kita sebut kesuburan tanah.

2.3.1. Kondisi Fisik Tanah

Kesuburan tanah ditentukan oleh kondisi fisik, kimia dan biologi tanah. Kondisi fisik dari tanah berperan besar dalam mempengaruhi kimia dan reaksi biologi tanah. Pertumbuhan tanaman optimal bergantung kepada seberapa banyak lingkungan fisik yang menguntungkan yang tersedia bagi pertumbuhan tanaman seperti ruang pori yang tersedia bagi air dan udara dalam tanah serta kemampuan tanah untuk berjangkar tanaman di atasnya. Pada beberapa tahap dalam proses pelapukan, partikel mineral menjadi media yang menguntungkan untuk pertumbuhan tanaman, yaitu, mereka mampu menyediakan penyimpanan air, udara, dan nutrisi mineral, serta ruang di mana akar dapat tumbuh. Kondisi fisik tanah yang sangat penting dalam tanah terutama ditentukan oleh tekstur dan struktur tanah. Kondisi fisik tanah berbahan induk batu apung dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13 memperlihatkan bahwa tanah dari bahan induk batu apung mempunyai tekstur lempung sampai lempung berliat. Selanjutnya struktur tanah umumnya granuler baik lapisan atas maupun lapisan bawah. Struktur granuler umumnya mempunyai sifat fisik yang ideal untuk pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan struktur tanah lain dengan kadar liat atau pasir yang tinggi. Jadi tanah berstruktur granuler berpotensi untuk pengembangan berbagai macam tanaman. Sebenarnya struktur ini menyediakan lingkungan yang cukup bagi penyediaan air dan udara bagi pertumbuhan tanaman, kecuali pada musim kemarau. Kerapatan isi tanah berasal dari tufa batu apung baik pada lapisan atas maupun pada lapisan bawah tergolong sangat rendah. Sesuai dengan pendapat Cavaleri *et al.* (2003) bahwa tufa batu apung mempunyai kerapatan isi rendah ($0,35 \text{ gcm}^{-3}$ –

Tabel 13. Kondisi fisik tanah berbahan induk tufa batu apung Padang Pariaman dan sumber lain

Lokasi	0 - 20	20 -40	Iceland ^{*)}	Sicilia ^{*)}	Yunani ^{*)}
Pasir (%)	45	40			
Debu (%)	31	31			
Liat (%)	25	30			
Kelas Tekstur	Lempung	Lempung berliat			
Struktur tanah	Granuler	Granuler			
Kerapatan Isi (g/cm ⁻³)	0,35	0,37	0,40	0,70	0,60
Porositas (%)	83	82	85	70	75
Porositas Udara	61	59	40	27	41
Air Tersedia (%)	11	12	5	4	2
Konduktivitas Hidrolik	5	7		4	6

Sumber: Saidi *et al.* (2016)^{*)}; Papapoulus *et al.* (2008)

0,65 gcm⁻³) dan 0,40 - 0,80 gcm⁻³ tergolong rendah sampai sedang (Papapoulus, 2018) . Sebaliknya total ruang pori pada tufa batu apung sangat tinggi 70 - 80 %. Kemudian Sepehr *et al.* (2013) menyatakan bahwa total ruang pori dari tufa batu apung tinggi (rata rata 90 %). Kandungan bahan organik dari tanah berbahan induk tufa batu apung berkisar dari 5,02 % pada lapisan atas tergolong sedang dan 4,50 % pada lapisan bawah tergolong rendah. Karakteristik fisik tanah dari tufa batu apung adalah agregat ringan tergantung pada asalnya dan proses pengayakan / penggilingan. Tufa batu apung memiliki pori-pori besar dan akibatnya kadar air volumetriknya menurun tajam ketika ketegangan air meningkat (Raviv *et al.*, 1999). Kapasitas pemegang air batu apung relatif rendah dibandingkan dengan wol batu, perlit atau substrat organik dan dapat membatasi penyerapan air dan nutrisi oleh tanaman, terutama di Indonesia iklim panas.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa kondisi sifat fisik tanah ini cukup baik untuk pertumbuhan tanaman berbagai macam tanaman pangan, tanaman perkebunan. Namun, perbandingan ruang pori makro diisi udara dengan ruang pori mikro yang diisi air tidak seimbang (2:1), karena ruang pori tanah didominasi oleh ruang pori makro. Hal ini akan memudahkan air masuk ke dalam tanah sebagai perkolasi, sehingga air yang tertahan dalam tanah menjadi sedikit, walaupun jumlah air yang tersedia cukup tetapi kondisinya akan mudah menghilang sebagai perkolasi ke luar profil tanah.

Dengan demikian tanah kurang cocok untuk dijadikan untuk persawahan karena efisiensi air sangat rendah. Namun tanah ini sesuai untuk tanaman palawija atau tanaman tua seperti kelapa, kelapa sawit dan juga sesuai untuk tanaman hortikultura seperti buah-buahan (pepaya, buah naga, jeruk, dan lain-lain).

2.3.2.Kondisi Kimia Tanah

Kondisi kimia tanah ini berkaitan dengan ketersediaan unsur hara bagi pertumbuhan tanaman. Kondisi kimia ini ditentukan oleh sifat tanah berhubungan dengan kapasitas pertukaran kation dan jumlah kation-kation yang tersedia dan dapat dipertukarkan, serta ketersediaan unsur hara di dalam tanah terutama unsur hara makro dan mikro. Komposisi kimia bahan induk batu apung terutama terdiri dari SiO_2 (silikat) mencirikan tanah masam. Komposisi kimianya dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Komposisi Kimia berbagai tufa batu apung

Oksida	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	CaO (%)	Mg O (%)	Fe_2O_3 (%)	Na_2O (%)	K_2O (%)	P_2O_5 (%)
Batu apung	70-75	12-14	1-3	0,1-0,6	0,8-2,0	3-6	4-5	-
Batu apung Arizona*	70,65	14,52	1,86	0,72	2,07	4,11	-	0,09
Pumicite*	70,38	15,82	1,56	0,48	2,92	3,70	-	Tidak ada

Sumber Papadopoulos *et al.* (2018).

Tabel 14 memperlihatkan bahwa kandungan SiO_2 dan Al_2O_3 sangat tinggi. Kandungan SiO_2 berkisar antara 54 hingga 77,6% dengan rata-rata sebanyak 71,3%. Menurut Schirber (2012) letusan gunung berapi walaupun dapat membawa kematian dan kehancuran, tetapi dari abu dan batu apung baik untuk kehidupan karena akan menghasilkan tanah subur. Bentuk kehidupan pertama mungkin telah menemukan tanah subur pada pori-pori batuan vulkanik. Karakteristik Kimia - Pumice adalah bahan aluminosilikat yang tersusun terutama dari silika dan Al-oksida, tetapi dapat juga mengandung logam oksida, kalsit atau garam. Berdasarkan analisis kimia dari 80 sampel batu

apung diperoleh hasil SiO_2 rata-rata sekitar 70,4%. Biasanya, bahan batu apung mengandung dari 65 hingga 75% SiO_2 . Senyawa paling melimpah kedua adalah Al_2O_3 , diikuti oleh alkali oksida yakni kalium dan natrium oksida.

2.4. Permasalahan Tanah Berbahan Induk Batu Apung untuk Pertanian

Masalah utama tanah ini untuk penggunaan lahan pertanian ditentukan oleh sifat fisik tanah dan kerawannya terhadap erosi dan longsor.

2.4.1. Masalah Kondisi Fisik Tanah

Kondisi fisik dan kimia tanah dalam penggunaan lahan untuk pertanian secara umum mempunyai kemampuan yang baik untuk pertumbuhan tanaman terutama untuk tanaman palawija, tanaman perkebunan seperti kelapa, kelapa sawit dan serta tanaman lain lain. Pertanian lahan basah seperti untuk tanaman padi membutuhkan jumlah air yang banyak agak terkendala karena tanahnya sangat porous dan perkolasi atau permeabilitas tanahnya yang agak tinggi, walaupun curah hujan tergolong tinggi, namun pada musim kemarau masih terdapat ketidakcukupan air bagi pertumbuhan tanaman padi. Selanjutnya tanah dengan bahan induk tufa batu apung mempunyai sifat fisik yang rentan terhadap erosi dan longsor. Sifat Fisik yang berkaitan dengan erosi dan kerawanan longsor adalah tekstur tanah yang agak kasar sampai sedang, kerapatan isi sangat rendah sehingga tanah muda mengapung dalam air, total ruang pori, struktur tanah mudah menjadi padat, kandungan air tanah, permeabilitas tanah, dan kandungan bahan organik yang rendah serta kekuatan geser tanah serta kepadatan tanah akan tinggi terutama pada lapisan bawah. Berdasarkan kondisi sifat fisik tanah ini, maka pengelolaan tanah perlu hati-hati terhadap erosi parit dan memungkinkan untuk terjadi longsor bila kandungan airnya banyak. Menurut Mugangga *et al.* (2012) kandungan liat lebih dari 32 % yang diidentifikasi pada lokasi Nemetsi ada longsor. Hal ini mengimplikasikan potensial ekspansi tanah yang

tinggi. Kemudian batas cair yang tinggi di Kitati (53 %) berarti bahwa tanah dikualifikasikan sebagai Vertisol yang peka terhadap longsor. Batu apung tidak memiliki kapasitas buffering dan memiliki muatan permukaan yang sangat rendah terutama dari kandungan karbonat dan logam. Itu bahan stabil bahkan pada pH 2,5. Namun, hati-hati direkomendasikan ketika menggunakan bahan apung baru karena konsentrasi Na yang tinggi yang akan dicuci pada awal penggunaan.

2.4.2 Indeks Erodibilitas Tanah

Erodibilitas adalah hasil dari berbagai kekuatan ikatan mekanik, perekat dan kohesif yang bekerja dalam matriks tanah dan harus dianggap sebagai penjumlahan dari pola respons yang sangat kompleks, sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah intrinsik dan variabel ekstrinsik. Respon erosi dapat dipengaruhi oleh sifat tanah apa pun, tetapi akan didominasi oleh kekuatan geser, stabilitas agregat dan fungsi hidrolik. Indeks erodibilitas tanah dari bahan induk tufa batu apung Partamuan dan andesit Malalak dapat pada Tabel 15.

Tabel 15. Indeks erodibilitas tanah dari bahan induk tufa batu apung Partamuan dan andesit Malalak

Lokasi Sampel	Bahan Induk	Kedalaman Tanah (cm)	(K)	Kelas
Patamuan	Batu apung	0 - 20	0.23	sedang
Patamuan	Batu apung	40 - 60	0.19	sedang
Koto Timur	Batu apung	0 - 20	0.2	sedang
Koto Timur	Batu apung	40 - 60	0.2	sedang
Malalak	Andesit	0 - 20	0.07	rendah
Malalak	Andesit	20 - 40	0.11	rendah

Sumber : Saidi *et al.* (2016)

Tabel 15 dapat memperlihatkan bahwa indeks erodibilitas tanah dari bahan tufa batu apung lebih tinggi daripada tanah yang berasal dari bahan andesit. Jadi tanah yang berasal dari bahan tufa batu apung lebih peka terhadap erosi dibandingkan dengan tanah yang berasal

dari bahan andesit. Hal ini disebabkan karena kandungan liat tanah berasal dari tufa batu apung lebih rendah dari pada tanah yang berasal dari andesit.

2.4. 3. Masalah Tingkat Bahaya Longsor

Menurut Zuidam (1979), longsor terjadi disebabkan oleh faktor karakteristik tanah dan karakteristik lahan. Faktor karakteristik tanah yang terkait adalah kedalaman solum tanah, kandungan bahan organik tanah, tekstur dan struktur tanah, bobot isi dan permeabilitas tanah. Karakteristik lahan mencakup jumlah curah hujan, kemiringan dan panjang lereng, singkapan batuan, ke dalam muka air tanah, dan jenis penggunaan lahan. Lopez & Zinck (1991) menyatakan bahwa penyebab terjadinya tanah longsor adalah sebagai berikut; a) hujan yaitu ketika hujan, air akan menyusup ke bagian yang retak sehingga tanah dengan cepat mengembang kembali. Pada awal musim hujan, intensitas hujan yang tinggi biasanya sering terjadi, sehingga kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu singkat; b) lereng terjal yaitu lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong; c) tanah yang kurang padat dan tebal umumnya tanah liat dengan ketebalan lebih besar dari 2,5 m dan sudut lereng lebih besar dari 40° akan berpotensi terjadinya longsor terutama ketika hujan; d) batuan yang kurang kuat umumnya batuan gunung api dan batuan sedimen berukuran pasir dan campuran pasir, kerikil, dan liat yang kurang kuat; e) penggundulan hutan menyebabkan menyebabkan pengikatan air tanah berkurang sehingga tanah akan mudah terbawa oleh air; f) tata guna lahan; lahan sawah yang mempunyai akar yang kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor. Kemudian Suryono (2000) menyatakan bahwa pola penggunaan lahan berpengaruh besar terhadap terjadinya longsor, karena akibat adanya aktivitas manusia dalam mengelola lahan terutama pada daerah-daerah berlereng curam dengan tidak memperhatikan kaidah- kaidah konservasi sumber daya lahan, sehingga akan menimbulkan kerusakan pada lahan dan keseimbangan lahan akan terganggu dan rentan terhadap longsor.

Karakteristik lahan yang dominan mempengaruhi kerawanan longsor adalah kemiringan dan panjang lahan, muka air tanah yang dangkal < 100 m, dan curah hujan yang sangat tinggi (> 90 mm/bulan) tanpa bulan kering. Dengan demikian daerah-daerah dengan lereng yang curam sampai dengan sangat curam dan tidak bervegetasi, erosi dan longsor menjadi persoalan yang perlu mendapatkan perhatian yang besar karakteristik tanah terutama ditentukan oleh asal bahan bahan induk tanah, bahwa bahan induk tanah batu apung menghasilkan tanah yang mudah menyerap air dan mudah pula melepaskannya, jika kandungan bahan organiknya rendah, kemudian kedalaman solum tanah yang dangkal, tekstur tanah yang tergolong lempung berpasir sampai liat pada lapisan atas dan pasir pada lapisan bawah yang bersifat ringan, struktur tanah berbutir tunggal, kandungan bahan organik, bobot isi, dan permeabilitas rendah maka tanah ini mudah hancur akibat pukulan butir hujan dan mengakibatkan erosi yang besar dan rawan terhadap longsor (Saidi *et al.*, 2011) (Gambar 10).



Gambar 10. Tanah berbahan induk batu apung yang mudah longsor di dekat Kantor Bupati Padang Pariaman (Foto Amrizal Saidi).

Tingkat bahaya longsor di kabupaten Padang Pariaman karena daerah ini berbahan induk tuff pumice (tufa batu apung) (Saidi, Fiantis, dan Berd, 2011) (lihat Tabel 16).

Tabel 16. Tingkat Bahaya longsor di kabupaten Padang Pariaman.

Kode Profil	Karakteristik Tanah	Karakteristik Lahan	Tingkat Bahaya Longsor
P ₁ (Kepalo Koto)	20	20	40 (Tinggi)
P ₂ (Lubuk Laweh)	22	19	41 (Tinggi)
P ₃ (Lubuh Laweh Atas)	20	21	41 (Tinggi)
P ₄ (Lereh nan Panjang)	19	21	40 (Tinggi)
P ₆ (Koto Mambang)	17	21	38 (Agak Tinggi)
P ₅ (SG) Sarang Gagak	19	22	41 (Tinggi)
P ₇ (Simpang Ganting)	20	22	42 (Tinggi)
P ₈ (Padang Alai)	19	22	41 (Tinggi)
P ₉ (Padang Olo).	17	18	35 (Agak Tinggi)
P ₁₀ (Ambacang Gadang)	17	18	35 (Agak Tinggi)

Sumber: Saidi, Fiantis & Berd (2011)

Berdasarkan hasil penilaian terhadap karakteristik lahan dan tanah dan penjumlahan harkat karakteristik tanah dan karakteristik lahan diperoleh indeks bahaya longsor yang berkisar dari nilai 35 - 38 (tergolong agak tinggi) dan 40 - 42 (tergolong tinggi) (Tabel 16).

1. Tingkat Bahaya Longsor agak tinggi

Daerah ini tersebar pada daerah Koto Mambang (Kecamatan Sungai Sarik), Padang Olo (Kecamatan Sungai Limau), dan Daerah Ambacang Gadang (kecamatan Sungai Geringging). Kondisi ini dicirikan oleh kemiringan berkisar dari 25 sampai 38 % (harkat 3), jenis penggunaan lahan umumnya kebun kelapa dan kebun campuran

(2), sedangkan faktor lain seperti curah hujan sama sama tinggi dan kedalaman muka air tanah dangkal. (Gambar 11).



Gambar 11. Daerah dengan tingkat bahaya longsor agak tinggi

2. Tingkat Bahaya Longsor Tinggi

Tingkat bahaya longsor tinggi tersebar di daerah kapalo Koto, Lubuk Laweh, Lubuh Laweh Atas dan sarang Gagak, kampung Paneh Lareh nan Panjang (kecamatan Partamuan), daerah Kudu Ganting, dan Padang Alai (Kecamatan V Koto Timur). Faktor yang dominan mempengaruhinya adalah kemiringan lahan besar dari 40 %, tekstur lapisan tanah lapisan atas lempung dan pasir rapuh pada lapisan bawah dari bahan tufa batu apung hornblende hyperstine (Qhpt) dan struktur tanah gumpal pada lapisan atas dan berbutir tunggal pada lapisan bawah kemudian diikuti oleh rendahnya kandungan bahan organik tanah, curah hujan sangat tinggi (388,5 mm/bulan) dan kedalaman air tanah dangkal serta penggunaan lahan kebun campuran dan pemukiman (Gambar 12).

Gambar 12 menjelaskan bahwa tanah di daerah longsor sangat rapuh sekali, sehingga aliran air dengan mudah menghanyutkan tanah pada samping parit, sehingga parit dengan mudah bertambah dalam hanya dengan waktu dua minggu sekarang erosi paritnya sudah menjadi dalam 100 cm. Oleh sebab itu keadaan ini dikuatirkan akan mengakibatkan longsor lain lagi jika paritnya bertambah dalam dengan waktu singkat. Kalau dilihat keadaan tanah di bagian samping

parit terlihat bertekstur halus sampai sedang, sedangkan pada dasar parit tekstur lebih kasar karena bahan induk dibagian bawah yang lebih kasar dan ringan (berupa batu apung) dimana bahan ini mudah dihanyutkan oleh aliran air.



Gambar 12. Daerah dengan tingkat bahaya longsor tinggi

III. UPAYA PENANGANAN MASALAH EROSI DAN LONGSOR

3.1. Upaya Penanganan Masalah Erosi dan Longsor

Upaya penanganan erosi dan longsor serta upaya dalam pencegahan kerusakan tanah akibat erosi dapat dilakukan dengan menerapkan metode konservasi tanah yakni metode mekanis (sipil teknis), metode vegetatif dan metode kimia. Kemudian Suryatmojo (2000), BBSLDP (2007), dan Panguriseng (2017) menyatakan bahwa upaya pengendalian longsor lahan saat ini dikelompokkan dalam 2 bentuk, yaitu metode sipil teknis dan metode vegetatif (Tabel 17). Tabel 17, memperlihatkan bahwa metoda vegetatif lebih mudah dilaksanakan oleh petani dibandingkan dengan metoda sipil teknis, karena butuh biaya yang besar dan pemeliharaan yang intensif.

Tabel 17. Perbandingan karakteristik pengendalian longsor lahan antara metode sipil teknis dan metode vegetatif

No	Uraian	Sipil Teknis	Vegetatif
1	Besaran investasi	Investasi tinggi untuk pembangunannya	Investasi rendah untuk penanamannya
2	Manfaat ekonomi	Tidak memiliki manfaat ekonomi	Memberikan manfaat ekonomi dari hasil kayu dan non kayunya
3	Dampak terhadap pengendalian longsor	Langsung	Tidak langsung (jangka panjang)
4	Pemeliharaan	Butuh pemeliharaan yang rutin dan intensif	Tidak banyak membutuhkan pemeliharaan yang intensif

Sumber : Suryatmojo (2000)

3.2. Mekanis/Sipil Teknis

Pengendalian erosi dan longsor lahan dengan metode sipil teknis biasanya dilakukan dengan membuat bangunan-bangunan sipil berupa Dam pengendali, Dam penahan, saluran pembuangan air, penguat tebing dan terasering (Suryatmojo, 2000). Kemudian Panguriseng (2017), menyatakan bahwa ada beberapa tindakan pencegahan bencana longsor secara mekanis antara lain; 1) perbaikan saluran drainase tanah akan menambah materi-materi yang bisa menyerap air; 2) modifikasi lereng meliputi pengurangan sudut kemiringan lereng sebelum membangun dan/atau pengamanan lereng; 3) sistem perkuatan lereng untuk menambah gaya penahan gerakan tanah pada lereng menggunakan Tembok/Dinding Penahan, Angkor, Paku Batuan (Rock Bolt), Tiang Pancang, Jaring Kawat Penahan Jatuhan Batuan, Shotcrete, batu bronjong, dll); 4) meminimalkan pembebanan pada lereng; 5) mengupas material gembur yang tidak

stabil pada lereng; 6) penanaman vegetasi dengan jenis dan pola tanam yang tepat; 7) perlu diterapkan sistem terasering dan drainase yang tepat pada lereng; dan 8) mengosongkan lereng dari kegiatan manusia (tindakan terakhir).

Truong (2011), menyatakan bahwa penanganan erosi dan longsor dengan memanfaatkan tanaman sangat efektif mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan teknik konservasi secara mekanik dan kimia, antara lain karena penerapannya relatif mudah, biaya yang dibutuhkan relatif murah dan mampu menyediakan hara bagi pertumbuhan tanaman serta lebih berpotensi untuk diterima oleh masyarakat.

3.3. Metoda Vegetatif

Balai Besar Sumber daya Lahan Pertanian (BBSLDP) (2007) mengemukakan teknologi pengendalian longsor secara vegetatif sebagai berikut;

1. Menanam pepohonan/tanaman tahunan.

Menanam pepohonan/tanaman tahunan berfungsi sebagai ; berfungsi sebagai ; a) Media intersepsi hujan strata/lapis pertama; b) Membentuk sistem perakaran yang dalam dan menyebar, sehingga mengikat massa tanah; c) Guguran daun, ranting dan cabang dapat melindungi permukaan tanah dari pukulan langsung butir-butir hujan; d) Menyalurkan air ke sekitar perakaran dan merembeskannya ke lapisan yang lebih dalam serta melepasnya secara perlahan-lahan. Pemilihan jenis tanaman agar supaya mudah beradaptasi dengan lingkungan setempat, relatif cepat tumbuh, perakarannya rapat dan dalam. Contoh: sonokeling, bambu, mahoni, kaliandra, lamtoro, gamal, akasia, angkana, kayu manis, kemiri, petai, jengkol, melinjo, nangka, coklat, kopi, dan lengkung. Cara penanamannya ditanam menggunakan biji agar perakarannya dalam dan kuat, menggunakan jarak yang rapat sehingga kanopi tanaman rapat menutupi permukaan tanah.

2. Menanam semak

Menanam semak berfungsi sebagai; a) media intersepsi hujan strata/lapisan kedua setelah pepohonan; b) mengikat massa tanah di lapisan yang lebih dangkal; c) menghasilkan guguran daun, ranting dan cabang yang dapat melindungi permukaan tanah dari pukulan langsung butir-butir hujan; d) menyalurkan air ke sekitar perakaran dan melepaskannya secara perlahan-lahan.

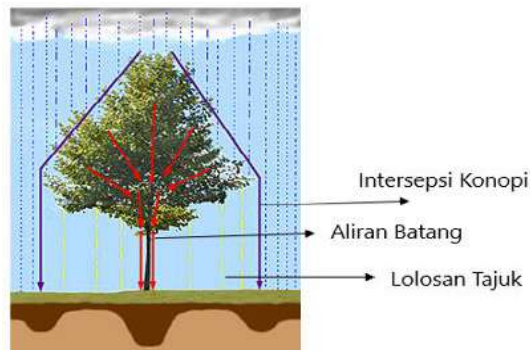
3. Menanam rumputan

Menanam rumput berfungsi sebagai; a) media intersepsi hujan strata/lapisan ketiga setelah pepohonan dan semak, b) menghasilkan eksudat akar sebagai pemantap agregat tanah; c) melindungi permukaan tanah dari pukulan langsung butir-butir hujan; d) menyalurkan air ke sekitar perakarannya dan kemudian melepas air secara perlahan-lahan. Pemilihan jenis rumput agar mudah tumbuh pada tanah yang kurang subur, tumbuh rapat, merayap dan atau mempunyai perakaran yang rapat dan dalam, tahan terhadap pemangkasan, dan menghasilkan hijauan yang banyak. Contoh: vetiver (*Vetiveria zizanoides*), rumput bermuda (*Cynodon dactylon*), atau bahia (*Phaspalum notatum*), gelagah dan bambu juga efektif dalam menanggulangi longsor. Cara penanaman adalah ditanam dengan setek, pools atau sobekan secara zig-zag dan rapat mengikuti garis kontur.

Vannoppen (2014) menyatakan bahwa efek dari vegetasi pada pengurangan erosi tanah seperti tanaman mencegat hujan; beberapa disimpan pada kanopi dengan sisanya menguap atau mencapai permukaan tanah baik secara jatuhan langsung, atau secara tidak langsung melalui aliran batang atau drainase daun. Jangkauan air permukaan tanah dapat disimpan dalam depresi kecil pada permukaan tanah atau menginfiltrasi ke dalam tanah. Sisanya mungkin bergerak menuruni bukit ketika mengalir melalui daratan, menumbuhkan partikel-partikel tanah dan mengangkutnya, dan mungkin juga berkonsentrasi untuk membentuk selokan dan selokan. Bagaimana peranan vegetasi dalam mengurangi aliran permukaan, erosi, dan longsor dapat diuraikan melalui proses berikut.

3.3.1. Proses penutupan Kanopi dalam Mengurangi Aliran Permukaan dan Erosi

Vannoppen (2014) menyatakan bahwa vegetasi sering memodifikasi intensitas dan distribusi curah hujan jatuh pada tanah dan melalui daun dan struktur kayu. Efek tanaman yang paling jelas terhadap jatuh curah hujan adalah intersepsi. Intersepsi dapat didefinisikan sebagai penangkapan curah hujan oleh kanopi tanaman dan selanjutnya kembali ke atmosfer melalui penguapan atau sublimasi. Jumlah curah hujan yang dicegat atau diintersepsi oleh tanaman bervariasi dengan jenis daun, arsitektur kanopi, kecepatan angin, radiasi matahari yang tersedia, suhu, dan kelembaban atmosfer. Curah hujan yang tidak dicegat dapat dipengaruhi oleh prosesnya (Gambar 13).



Gambar 13. Peranan kanopi tanaman dalam mengurangi pukulan butir hujan ke tanah (Pidwirny, 2006)

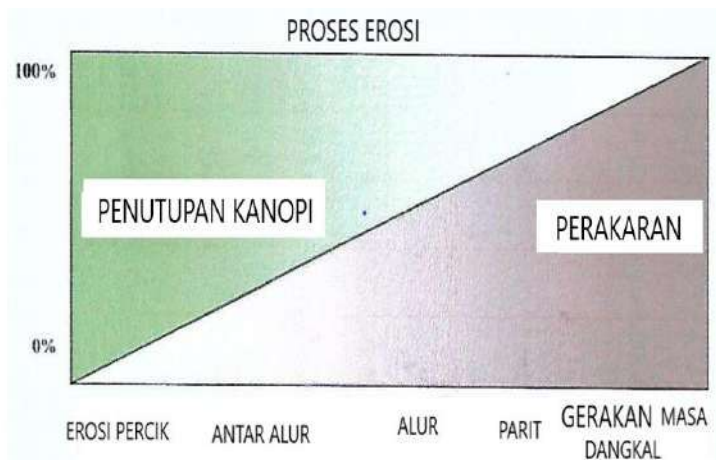
1. Aliran batang (*Stemflow*) adalah proses yang mengarahkan hujan menuruni cabang dan batang tanaman (panah merah dalam Gambar 13). Jumlah air aliran batang ditentukan oleh bentuk daun dan batang dan arsitektur cabang pohon. Secara umum, pohon berdaun jarum (*deciduous*) memiliki stemflow lebih besar daripada vegetasi jenis konifera (berdaun lebar).
2. Lolosan Tajuk (*troughfall*)- menjelaskan proses presipitasi melewati kanopi tanaman (garis putus-putus kuning pada Gambar 13) Proses ini

dikendalikan oleh faktor-faktor seperti: daun tanaman dan kerapatan batang, jenis curah hujan tersebut, intensitas curah hujan, dan durasi dari presipitasi. Jumlah curah hujan yang melewati sangat bervariasi dengan tipe vegetasi. Tetesan kanopi - beberapa tanaman memiliki arsitektur yang mengarahkan curah hujan sepanjang tepi kanopi tanaman (panah ungu dalam Gambar 13).

3. Intersepsi = Presipitasi – Aliran batang – lolosan tajuk

Data nilai intersepsi curah hujan oleh berbagai jenis tanaman dikemukakan oleh Damayanti dan Fiqa (2016) yang menunjukkan bahwa *D. blancoi* memiliki nilai intersepsi tertinggi, yaitu 53%, diikuti oleh *C. Vulgare* 47,4%, *S. oleosa* 46,9%, *M. longifolia* 38,6%, dan *S polyanthum* 35,6%. Sedangkan jatuhnya langsung yang tertinggi dijumpai pada tanaman *S polyanthum* 62,87 %, diikuti oleh *S longifolia* 61,3 %, *S oleace* 52,94 %, *C vulgarea* 52,39 %, dan *D blancoi* 41,17 %. Curah hujan yang jatuhnya langsung akan dapat memperbesar erosi percik pada tanah.

Gyssels *et al.*, 2005) membandingkan potensi akar dan tutupan kanopi tanaman dalam mengurangi erosi seperti dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Bandingan model struktural potensi pengurangan erosi dari penutupan kanopi tanaman dan perakaran.

Gambar 14 menunjukkan akar tanaman lebih efektif dalam mengendalikan laju erosi alur dan parit, dan gerakan masa dangkal, sedangkan tutupan kanopi tanaman lebih efektif dalam mengendalikan pelepasan partikel dari erosi percikan dan tingkat erosi antar alur. Jadi dengan demikian tanaman yang digunakan untuk konservasi dan pengendalian longsor, maka kedua jenis tanaman dapat digabungkan antara pepohonan yang mempunyai penutupan kanopi lebih besar dengan tanaman rumputan atau tanaman semak yang mempunyai perakaran yang lebih banyak terutama perakaran halus agar memperoleh pemanfaatan lebih efisien.

Beberapa hasil penelitian di daerah tropis basah tentang peranan berbagai jenis tanaman konservasi terhadap penutupan kanopi, aliran permukaan dan erosi dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18. Pengaruh beberapa tanaman konservasi terhadap tutupan kanopi tanaman, aliran permukaan dan erosi

No	Perlakuan	Tutupan Kanopi (%)	Aliran Permukaan ($L\ m^{-2}$)	Erosi ($kg.m^{-2}$)
1	Kontrol ⁽¹⁾	00	93.78	1.03
2	Vetiver ⁽¹⁾	41	89.33	0.47
3	Rumput Raja ⁽¹⁾	45	75.56	0.41
4	Tithonia ⁽¹⁾	45	73.78	0.28
5	Rumput Gajah ⁽¹⁾	57	70.67	0.17
6	Vetiver ⁽²⁾	32	30.79	0.99
7	Rumput Gajah ⁽²⁾	60	15,04	0.14
8	Kalopo ⁽²⁾	63	18,20	0.19
9	Pegagan ⁽²⁾	67	13,25	0,11

Sumber : ⁽¹⁾Saidi *et al.* (2016) dan ⁽²⁾Finanda (2019).

Tabel 18 memperlihatkan bahwa tutupan kanopi dari berbagai tanaman konservasi bahwa anaman rumput Gajah, kalopo, dan pegagan mempunyai penutupan kanopi yang lebih baik. Hal ini akan

mempengaruhi terhadap aliran permukaan dan erosi. Data sesuai dengan peran luas tutupan kanopi masing-masing; 57 % untuk rumput gajah, rumput raja sebanyak 45 %, semak tithonia 45% , dan untuk akar wangi 41%.

Peran tanaman konservasi ini dapat mengurangi erosi tanah secara berurutan yaitu rumput gajah 84 % (1.032 sampai $0,17 \text{ g cm}^{-2}$), rumput raja 72 % (dari $1,032$ sampai $0,284 \text{ g cm}^{-2}$), vetiver 60 % (dari $1,032$ sampai $0,48 \text{ g cm}^{-2}$), Semak Tithonia 54 % (dari 1.032 sampai 0.471 g cm^{-2}). Tetapi menurut Xu Liyu *et al.* (2004) rumput vetiver dapat menurunkan limpasan air sebanyak 60 % dan erosi tanah sebanyak 92 %. Selanjutnya Hairiah (2007) menyatakan bahwa tanaman rumput Raja memang lebih baik pertumbuhannya daripada tanaman rumput vetiver, sehingga dia menganjurkan untuk menggabungkan tanaman vetiver ini dengan tanaman rumput raja atau rumput Gajah dalam mengurangi erosi. Sedangkan tithonia memberikan pengaruh yang paling rendah dari berbagai macam tanaman ini, pertumbuhan tinggi tanaman yang paling rendah, aliran permukaan, dan erosi yang tinggi selain kontrol. Menurut Philips & Marden (2006) kanopi, batang dan akar tanaman berinteraksi dengan proses erosi dari pelepasan partikel dan transpor tanah. Kanopi mengubah distribusi ukuran tetesan hujan dan mengurangi kecepatan pukulan butir hujan, sehingga mengurangi energi kinetik pada permukaan tanah sehingga mengurangi erosi.

Kusminingrum (2011) menyatakan bahwa peran rumput vetiver dan rumput bahia dengan penutupan kanopi minimal 60% akan memberikan rata-rata penurunan tingkat erosi tanah yang sudah lebih besar dari 96%. Yacob *et al.* (2015) menyatakan bahwa rumput vetiver, rumput desho, dan rumput Gajah dapat mengurangi kehilangan tanah, menstabilkan ikatan, ketahanan kekeringan bila dibandingkan pada kontrol. Oleh karena itu, semua tanaman menunjukkan adanya pengaruh pada limpasan permukaan dan tanah yang terkikis, namun masing-masing tanaman tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda, kecuali rumput gajah. Sedangkan di antara rumput raja, semak tithonia dan rumput vetiver tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

3.3.2. Peranan akar dalam mengurangi erosi dan longsor

Vannoppen *et al.* (2015) menyatakan bahwa potensi pengurangan erosi oleh akar ditentukan berdasarkan jenis tanaman, arsitektur tanaman dan akar tanaman. Variabilitas yang besar diamati sifat-sifat morfologi akar dan variabel erosi. Kepadatan akar (KA, kg m³) dan kepadatan panjang akar (KPA, km m⁻³) adalah karakteristik akar yang paling umum digunakan, mewakili masing-masing tanaman hidup dalam volume tanah tertentu. Sigunga *et al.* (2015) menunjukkan bahwa akar pohon kayu putih dapat menyatu dengan tanah membentuk jaringan massa padat yang terjalin erat akar yang memegang sejumlah besar tanah sehingga mengendalikan erosi tanah oleh air dan perkembangan parit. Perbandingan antara pengaruh kanopi dan karakteristik akar tanaman dapat dilihat pada Gambar 15.

Saidi *et al.* (2016) dan Zalukhu, (2019) menyatakan bahwa berbagai jenis tanaman konservasi memperlihatkan karakteristik akar yang berbeda seperti yang dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19 dapat dilihat bahwa kerapatan akar tertinggi adalah pada rumput raja 4,24 kg m⁻³, kemudian diikuti vetiver yaitu 3,62 kg m⁻³, rumput gajah yakni ; 2,39 kg m⁻³ dan terendah adalah Tithonia yakni 0.99 kg m⁻³. Kemudian Zalukhu (2019) juga menyatakan bahwa urutan kerapatan akar mulai yang terbesar sampai yang terkecil adalah sebagai berikut; rumput raja > vetiver > kalopo > pegagan. KPA yang lebih tinggi meningkatkan agregasi tanah pada spesies tanaman. Selanjutnya, KPA dan RLA dari rumput raja lebih tinggi dari pada rumput gajah, akar wangi dan semak tithonia. Kerapatan panjang dan rasio luas akar paling tinggi mengikuti urutan sebagai berikut rumput raja> rumput gajah> akar wangi > semak tithonia. Jadi perbandingan perkembangan pertumbuhan akar menunjukkan bahwa rumput raja memberi nilai lebih baik daripada rumput lainnya, dan tanaman tithonia.



Gambar 15. Faktor-faktor yang terlibat dalam pengaruh akar tanaman dalam pengurangan erosi terhadap erodibilitas tanah (Vannopen *et al.*, 2015).

Rasio luas akar telah digunakan sebagai indikator kerapatan akar, dan juga disebutkan bahwa penguatan akar tanaman terhadap tanah dari daya perusak erosi tanah dan longsor (Lateh *et al.*, 2013). Dengan demikian, kemampuan rumput raja untuk memperkuat tanah lebih baik daripada rumput lainnya. Sementara, nilai LPPTR mencirikan kemampuan akar tanaman dalam melepaskan partikel tanah atau setara dengan indeks erodibilitas tanah. Nilai ini berbanding terbalik dengan nilai kerapatan akar tanaman dan kerapatan panjang akar, serta nilai rasio luas akar. Jadi, makin kecil nilai LPPTR, maka semakin baik akar dalam menstabilkan tanah dan dapat mengurangi aliran permukaan, erosi dan tanah longsor. Mwango *et al.* (2014)

menyatakan bahwa nilai LPPTR dapat digunakan untuk penentuan tanaman yang paling efektif untuk pengendalian erosi dan longsor.

Tabel 19. Karakteristik akar dari berbagai jenis tanaman konservasi

No	Jenis Tanaman	KA (kg m ⁻³)	KPA (km m ⁻³)	RLA (%)	LPPTR	Sumber
1	Rumput Vetiver	3.62	5.28	0.08	0.022	Saidi <i>et al.</i> (2016)
2	Rumput Raja	4.24	26.26	0.32	0.006	Saidi <i>et al.</i> (2016)
3	Tithonia	0.99	2.45	0.03	0.288	Saidi <i>et al.</i> (2016)
4	Rumput Gajah	2.39	14.78	0.19	0.033	Saidi <i>et al.</i> (2016)
5	Vetiver	0,36	0,71	0,02	0,595	Saidi <i>et al.</i> (2016)
6	Kalopo	0,22	0,50	0,02	0,722	Zalukhu (2019)
7	Rumput Gajah	0,45	0,91	0,03	0,520	Zalukhu (2019)
8	Pegagan	0,15	0,33	0,01	0,785	Zalukhu, (2019)
9	Rumput Gajah	38,4	34,8	-	9,9 x 10 ⁻¹⁷	Mwango <i>et al.</i> (2014)
10	Rumput Guatemala	55,4	39,7	-	2,54 x 10 ⁻²⁴	Mwango <i>et al.</i> (2014)
11	Tithonia	24,6	12,6	-	1,15 x 10 ⁻⁹	Mwango <i>et al.</i> (2014)

Keterangan : KA = Kerapatan akar ; KPA = kerapatan panjang akar; RLA = Rasio Luas Akar; dan LPPTR = Laju Pelepasan Partikel Tanah Relatif.

Nilai LPPTR berhubungan langsung dengan kemampuan akar tanaman untuk memantapkan agregat tanah atau indek erodibilitas tanah dan pada gilirannya mengurangi erosi tanah dan longsor. Rumput raja memiliki efek yang besar dalam mengurangi erosi

daripada tanaman akar wangi, rumput gajah dan Tithonia. Nilai ini sesuai dengan pendapat Mwango *et al.* (2014) di Tanzania. Mereka menyatakan bahwa nilai LPPTR umumnya terendah di tanah lapisan atas dan meningkat dengan meningkatnya kedalaman tanah (dan dengan penurunan KA). Laju LPPTR yang lebih rendah dapat dikaitkan dengan adanya kondisi lingkungan yang lebih baik yang bertanggung jawab lebih besar untuk pertumbuhan akar tanaman.

IV. PENUTUP

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa sifat fisik tanah tufa batu apung ini umumnya sangat porous sekali, sehingga mudah melewati air, disamping itu bobot isinya sangat rendah sehingga mudah hanyutkan oleh air. Pengendalian aliran permukaan, erosi dan longsor dapat menggunakan tanaman konservasi namun antara masing-masing tanaman rumput vetiver, rumput Raja, rumput Gajah, dan tithonia memperlihatkan pengaruh yang sama. Upaya pengendalian erosi dan longsor ini dapat dilakukan dengan menggabungkan antara metode mekanis dengan pembuatan teras bangku, saluran drainase, dan lain dengan dengan penggunaan gabungan tanaman vetiver dengan rumput gajah atau rumput Raja terutama pada lahan berkemiringan $> 25\%$ atau lebih atau lahan yang rawan longsor. Oleh karena itu penggunaan tanah yang berasal dari tufa batu apung harus hati hati dan dianjurkan menggunakan tanaman konservasi seperti tanaman rumput Raja, rumput gajah dan vetiver dan gabungan dengan pembuatan teras yang dipinggir tebing teras ditanami dengan rumput rumput tersebut di atas atau pada tebing saluran drainase.

REFERENSI

- Arsyad, S. 2006. Konservasi Tanah dan Air. Bogor: IPB Press.
- BBSLP. 2007. Petunjuk Teknis Teknologi Pengendalian Longsor. Balai Besar Litbang Sumber daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian Indonesia.

- Cavaleri L, Miraglia N & Papai M. 2003. Pumice concret for structural wall panels. *Engineering Structures* 25 (2003). 115 – 125.
- Cruden, DM. 1993. *The Multilingual Landslide Glossary*, Bitech Publishers, Richmond., British Columbia, for the UNESCO Working Party on World Landslide Inventory in 1993.
- Darmayanti AS & Fiqa AP. 2016. The canopy structure and its impact on hydrological performance of five local trees species grown in the purwodadi botanic garden. *the journal of tropical life science open access*, 7(1):40 – 47.
- Foster GR, & Meyer LD. 1972. Mathematical simulation of upland erosion by fundamental erosion mechanics. In *Proceedings, Sediment-Yield Workshop*. U.S. Department of Agriculture, Oxford, Mississippi.
- Frinanda, I. 2019. Pengaruh Tanaman Penutup tanah terhadap aliran permukaan dan erosi di Rumah Kaca. *Skripsi Fakultas Pertanian. Universitas Andalas Padang*.
- Geist, JM & Cochran PM. 1990. *Influences of Volcanic Ash and Pumice Deposition on Productivity of Western Interior Forest Soils*. SOLO Publication . Rocky Mountain Research Station.
- Gyssels G, Poesen J, Bochet E & Li Y. 2005. Impact of plant root characteristics on the resistance of soils to erosion by water: a review. *Progress in Physical Geography* 29 (2): 189-217.
- Hairiah K, Widiyanto D, Suprajogo ND, Lestari, Kurniasari V, Santoso A, Verbist B & Noordwijk MV. 2006. Root effects on slope stability in Sumberjaya, Lampung (Indonesia). *International Symposium Towards Sustainable Livelihoods and Ecosystem in Mountainous Regions*. 7-9 March 2006, Chiang Mai, Thailand
- Kastowo GW, Gafour LS & Amin TC. 1996. *Geologic map of the Padang Quadrangle, Sumatra*. Geological Research Development Centre. Bandung.
- Kusminingrum, N. 2011. Peranan Rumput Vetiver dan Bahia Dalam Meminimasi Terjadinya Erosi Lereng (The Role of Vetiver and Bahia Grass in Minimizing Slope Erosion). *Pusat Litbang Jalan dan Jembatan*. 11 Hal.

- Lateh H, Avani N & Bibalani GH. 2013. Effect of *Acacia mangium* root properties on shallow landslide and slope stability. *Journal of Life Science and Technologies* 1(2):
- Mugangga F, Kakembo V & Buyinza M. 2012. A Characterisation of the physical properties of soil and the implication for landslide occurrence on slope of Mount Elgon, Eastern Uganda. *Natural Hazards*. 60(3):1113-1131.
- Mwango SB, Msanya, Mtakwa BM, Kimaro DN, Deckers J, Poesen J, Massawe & Bethul I. 2014. Root properties of plants used for soil erosion control in the Usambara Mountains, Tanzania. *Inter. J. of Plants and Soil Sci.* 3 (12): 1567-1580.
- Panguriseng, D. 2017. Mitigasi longsoran dalam perspektif rekayasawan geoteknik. Seminar “Peranan Perekraya Geoteknik dalam Pembangunan Infrastruktur” Fakultas Teknik Sipil, Universitas Bosowa Makasar Tanggal 30 Maret 2017.
- Papadopoulos AP, Barta AP, Silber A, Saha UK & Raviv M. 2008. Inorganic and synthetic organic components of soilless culture and potting mixes. *In Soilless culture;: Theory and practice*. Academic Press. San Diego.
- Philips C & Marden M. 2006. Use of plants for ground Bioengineering and erosion and sediment control in New Zealand. *Landcare Research*. philipsc@landcare research.co.id.nz.
- Saidi A, Adrial, Fiantis D & Loanisa L. 2016. Kajian upaya pengurangan bahaya longsor dengan penggunaan rekayasa bioteknik pada tanah rawan longsor berbahan induk tufa batu apung di Kecamatan Partanuan Kabupaten Padang Pariaman, Sumatera Barat.
- Saidi, A, Fiantis D, & Berd I. 2011. The study of landslide analysis induced earthquake in Padang Pariaman District West Sumatra Province, by using geographic information system. Makalah pada Kongress HITI 2011 Surakarta Tanggal 24-26 Desember 2011.
- Saidi A. 2010. Aspek vegetasi dan penggunaan lahan dalam hubungannya dengan degradasi dan peningkatan produktivitas tanah. Pidato Pengukuhan pada Tanggal 28 Januari 2010 di Rapat Senat Luar Biasa Unand Padang.

- Schirber, M. 2004. Volcanic Rocks Could Have Nurtured Life on Earth & Elsewhere
- Sepehr MN, Sivasankar V, Zarrabi M & Kumar MS. 2013. Surface modification of pumice enhancing its fluoride adsorption capacity. *Chemical Engineering Journal*. 228:, 192-204.
- Shit PK & Maiti R. 2012. Effect plat roots on soil anti-scouribility of topsoil during concentrated flow. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)* 1(4):
- Sigunga DO, Kimura M, Hoshino M, Asanuma S & Onyango JC. 2015. Root-fusion characteristics of eucalyptus trees block gully development. *International Journal of Forest Soil and Erosion* 5 (1): 32-34.
- Silitonga PH & Kastowo. 1995. Peta Geologi Lembar Solok, Sumatra. Geological Research Development Centre. Bandung.
- Suryatmojo H. 2008. Strategy of vegetative selection for landslide hazard Reduction (mayong.staff.ugm.ac.id/.../strategi-rehabilitasi-lahan-rawan-longsor.pdf.)
- Troung P. 2011. Global review on the application of vetiver system for infrastructure protection. *International Seminar on The Green Road Construction*. Bandung: IRE-Agency for Research and Development, Ministry of Public Works. Indonesia.
- Xu L, Henglun L & Troung P. 2004. Vetever system for agriculture Produstion Coordinator, China Vetiver Network, China Academy of Science, Naging China.
- Yakob G, Gebremicheal A, Aklilu A & Melaku E. 2015. Participatory Evaluation Multipurpose Grass Species for Graded Soil Bund Stabilization in Gimbo District, Southwest Ethiopia. *Open Access Journal*, 2:e1627.<http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1101627>.
- Zalukhu RS. 2019. Pengaruh karakteristik akar dari beberapa tanaman penutup tanah dalam mencegah bahaya longsor pada tanah rawan longsor. *Skripsi Fakultas Pertanian. Universitas Andalas Padang*.
- Zuidam RAV & Zuidam FV. 1979. Terrain Analysis and Classification Using Aeral Photograph. A Geomorphological Approach ITC Textbook 23.

Potensi Pengembangan Budidaya Padi Sistem Raturun

Auzar Syarif

*Guru Besar Ekofisiologi pada Jurusan Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang
e-mail: auzar_syarif@agr.unand.ac.id; auzar_syarif@yahoo.com*

I. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk yang cukup pesat menyebabkan kebutuhan pangan juga meningkat, khususnya beras atau padi. Untuk pemenuhan tersebut, perhatian terhadap padi tidak pernah berhenti karena kekurangan pangan dapat mengganggu situasi perekonomian, sosial dan politik nasional. Perjalanan panjang bangsa Indonesia dalam pengadaan beras sangat berliku-liku dalam pemenuhan kebutuhan beras mulai dari upaya pemulia tanaman, usaha intensifikasi dan ekstensifikasi yang pada akhirnya ditujukan untuk pemenuhan kebutuhan pangan rakyat dalam negeri (swasembada beras). Melalui upaya tersebut, Indonesia telah mampu mewujudkan cita-cita itu yang dibuktikan dengan kemampuan Indonesia mencapai swasembada beras pada tahun 1984. Namun pencapaian tersebut tidak bertahan lama. Swasembada beras pada kenyataannya masih jauh dari harapan.

Data BPS menunjukkan bahwa peningkatan produksi padi di Indonesia mengalami akselerasi hanya pada tahun 1980-an, laju pertumbuhan produksi padi rata-rata meningkat dari 1.1 % per tahun pada periode 1970-1979 menjadi 5.32 % per tahun pada periode 1980-1989. Namun, pada periode 1990-1999, terus mengalami penurunan menjadi 1.29 % per tahun dan 0.71 % per tahun pada periode 2000-2011. Hal yang mengembirakan terjadi pada tahun 2012 ketika terjadi peningkatan produksi padi sebesar 5.14 % dibandingkan tahun sebelumnya, namun kemudian menurun lagi sebesar 0.61 % pada tahun 2013 (Badan Pusat Statistik, 2013).

Keberhasilan yang mengembirakan terjadi selama periode 5 tahun terakhir (2014-2018), produksi padi meningkat kembali dengan laju pertumbuhan 3.13 % per tahun. Namun peningkatan tersebut lebih didominasi oleh peningkatan luas tanam 2.97 % dibandingkan dengan peningkatan produktivitas yang hanya sebesar 0.18 % (Badan Pusat Statistik, 2019).

Produksi padi Indonesia pada tahun 2018 adalah sebesar 83,037,150 ton. Produksi tersebut ternyata belum mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri karena data Badan Pusat Statistik (2019) menunjukkan bahwa volume impor beras Indonesia periode Januari-November 2018 sebesar 2.2 juta ton melonjak dibanding periode Januari-Desember 2017 yang hanya mencapai 305.75 ribu ton. Demikian pula nilai impor beras dalam 11 bulan pertama tahun lalu meningkat menjadi US\$ 1.02 miliar dibanding sepanjang tahun 2017 yang hanya sebesar US\$ 143.65 juta.

Beberapa permasalahan dalam peningkatan produksi padi di Indonesia saat ini yang perlu mendapat perhatian adalah 1) total produksi dan laju pertumbuhan produksi mengalami pelandaian (*leveling off*), 2) perluasan areal bukaan baru semakin sulit dan mahal, 3) keuntungan tiap unit input yang diberikan semakin kecil, dan 4) laju pertumbuhan produksi cenderung mengalami perlambatan dan tidak cukup mengimbangi laju permintaan dalam negeri. Semua permasalahan tersebut menuntut adanya terobosan baru dalam peningkatan produksi, produktivitas, dan efisiensi melalui penerapan teknologi dan manajemen sistem produksi.

Manajemen sistem produksi melalui peningkatan indeks pertanaman (IP) dari IP200 menjadi IP300 pada beberapa sistem budidaya yang ada, terbatas hanya pada lahan sawah beririgasi dengan sumber air yang memadai dan varietas padi berumur genjah dengan potensi hasil rendah. Keterbatasan lahan sawah dan varietas yang sesuai dengan kondisi tersebut menyebabkan produksi padi Indonesia tetap saja rendah. Suatu terobosan untuk meningkatkan produksi padi dapat dilakukan dengan perluasan areal panen melalui peningkatan

indeks pertanaman (IP). Salah satu upaya tersebut adalah budidaya padi sistem ratun.

II. PENGERTIAN BUDIDAYA PADI SISTEM RATUN

Ratun berasal dari bahasa latin *retonsus*, yang berarti "menebang" atau retono, yang berarti "mengguntur kembali" atau "menggaung". Dalam bahasa Spanyol, kata dekat *retoño* (*retoñar*) berarti "kecambah" ("*to sprout*") atau "bertunas". Ratun merupakan tunas yang tumbuh dari tunggul batang tanaman yang telah dipanen dan menghasilkan tanaman (tunas/anakan) baru sampai dapat dipanen kembali. Pada budidaya padi sistem ratun, pemanenan dapat dilakukan berulang-ulang dari satu kali penanaman padi secara biasa/konvensional (tanam pindah) dan jumlahnya itu sangat bergantung kepada varietas, kondisi tunggul dan lingkungan.

Beberapa literatur menguraikan bahwa padi ratun berbeda dengan padi salibu. Padi ratun adalah padi yang tumbuh dari batang sisa panen tanpa dilakukan pemangkasan ulang, tunasnya muncul pada buku paling atas dan suplai hara tetap berasal dari batang lama. Padi salibu merupakan padi yang tumbuh lagi setelah batang sisa panen dipangkas ulang, tunasnya muncul dari buku yang ada di dalam atau dekat permukaan tanah dan tunas itu mengeluarkan akar baru sehingga suplai hara tidak lagi bergantung kepada batang lama. Tunas itu bisa membelah atau bertunas lagi seperti pada padi tanaman pindah biasa. Hal inilah yang membuat pertumbuhan dan produksinya sama atau lebih tinggi dibandingkan tanaman utama atau induknya (Erdiman, 2012; Juanda, 2016).

Oleh karena itu menjadi pertanyaan yang sulit dijawab, apakah sistem budidaya padi dengan menumbuhkan kembali dari tunggul padi sisa panen termasuk kepada padi ratun atau padi salibu?

Kesulitan itu muncul dalam prakteknya karena pada saat dilakukan budidaya padi ratun, di samping pada buku di atas permukaan tanah, tunas muncul juga dari buku di dalam tanah dan sebaliknya saat budidaya padi salibu, di samping pada buku di bawah permukaan tanah, tunas muncul juga dari buku di atas permukaan

tanah. Kenyataan ini telah dibuktikan (Syarif *et al.*, 2018; Lida, 2017; Sipayung, 2017) bahwa pemangkasan ulang dengan menyisakan tunggul padi yang tinggi dan rendah ternyata tunasnya tetap muncul dari buku atas atau di bawah permukaan tanah, hanya saja sisa tunggul padi yang tinggi lebih banyak tunas yang muncul di buku atas dibandingkan buku dekat atau di bawah permukaan tanah dan sebaliknya. Dengan demikian, budidaya padi sistem ratun sesungguhnya sama dengan budidaya sistem salibu karena tunas dapat muncul dari buku di atas dan atau bawah permukaan tanah.

Dari uraian tersebut dapat didefinisikan bahwa padi ratun atau salibu merupakan padi (tunas) yang tumbuh dari tunggul batang padi yang telah dipanen baik yang tidak dipangkas ataupun dipangkas ulang yang menghasilkan tunas (anakan) baru yang muncul dari buku di atas atau di bawah permukaan tanah dan tumbuh seperti anakan padi yang berasal dari bibit biasa. Dengan demikian, padi ratun sesungguhnya sama dengan padi salibu, hanya saja **Ratun** merupakan istilah dalam bahasa Indonesia, **Salibu** dalam bahasa minang, **Singgang** dalam bahasa Jawa atau **Turiang** dalam bahasa Sunda, dan **Ratoon** dalam bahasa Inggris.

Ratun dapat diartikan sebagai manajemen budidaya padi dengan memanfaatkan tunas (anakan) yang muncul dari tunggul tanaman sebelumnya yang telah dipanen, baik tunggul yang berasal dari tanam pindah biasa ataupun tunggul yang berasal dari padi ratun). Budidaya padi sistem ratun merupakan suatu praktek pengelolaan tanaman padi dan lingkungan untuk mendapatkan panen kedua dari tunggul tanaman padi yang telah dipanen. Menurut Liu *et al.* (2012), ratun disebut juga dengan tanaman yang dapat berproduksi untuk kedua kalinya dari tunas yang muncul pada tunggul tanaman padi setelah dipanen. Keberhasilan budidaya padi sistem ratun sangat bergantung kepada kemampuan tanaman untuk meregenerasi anakan baru (ratun) dari tunggul tanaman padi yang telah dipanen dan kondisi lingkungan selama pertumbuhan padi ratun itu sendiri.

III. SEJARAH BUDIDAYA PADI SISTEM RATUN

Budidaya padi sistem ratun telah lama dilakukan oleh petani di daerah tropis dan di daerah iklim sedang (Gardner *et al.*, 1991). Budidaya seperti itu pertama kali dilakukan di China (Guo, 1993), sejak dinasti Jin Barat dan mulai dipelajari oleh China tahun 1958, namun hasil yang diperoleh masih rendah dibandingkan tanaman utama karena ditanam hanya terbatas pada lahan sempit (Liu *et al.*, 2012). Padi sistem ratun juga dikembangkan pertama kali di areal persawahan dekat pantai bagian selatan Amerika Serikat awal tahun 1960. Setelah varietas padi keturunan *Oryza longisfaminata* diintroduksi, kegiatan ratunisasi semakin menyebar dan sangat diminati oleh petani di beberapa negara bagian di Amerika Serikat yang memiliki musim tanam terbatas. Budidaya padi sistem ratun merupakan salah satu pilihan penting bagi petani di Bangladesh dalam mencapai ketahanan pangan karena durasinya sangat pendek yang hanya 35%-60% dari waktu yang dibutuhkan tanaman utama (Jones, 1993).

Ratun bukanlah praktek baru bagi petani karena telah banyak dan berhasil diadopsi di banyak negara termasuk India, Jepang, Amerika Serikat, Filipina, Brazil, Thailand, dan Taiwan. Budidaya ini biasa dilakukan oleh petani Indonesia terutama usahatani padi lokal yang berumur panjang dengan memanfaatkan hasil padi ratun setelah panen tanaman utama sambil menunggu musim tanam berikutnya. Dalam periode bera tersebut, petani dapat memanen padi ratun dalam jangka waktu sekitar setengah dari periode tanaman utama dengan hasil 40-60% dari tanaman utamanya (Vergara *et al.*, 1988). Pada saat varietas-varietas unggul ditemukan dengan umur yang lebih genjah, secara perlahan-lahan budidaya padi sistem ratun mulai ditinggalkan, namun belakangan ini padi ratun mulai mendapat perhatian dan diteliti kembali setelah ditemukannya teknologi budidaya padi sistem ratun dengan hasil yang mengembirakan, seperti ratun pangkasan rendah.

Ratun pangkasan rendah ditemukan tanpa sengaja oleh petani di Thailand, petani melakukan pemangkasan ulang yang rendah dengan

tujuan untuk meratakan tunggul ratun, ternyata praktek seperti itu dapat meningkatkan anakan 2-3 kali lipat dengan hasil yang baik. Berikutnya melalui Dinas Pertanian setempat praktek budidaya ratun diteliti dan selanjutnya pemerintah Thailand merekomendasikan pangkasan rendah dalam budidaya padi ratun (Thuamkham, 2003). Kenyataan yang sama juga terjadi di Indonesia, padi ratun pangkasan rendah juga ditemukan tanpa sengaja oleh petani tepatnya di Jorong Bulukasok, Nagari Tabek, Kecamatan Pariangan, Kabupaten Tanah Datar Propinsi, Sumatera Barat tahun 2007. Pada awalnya petani melakukan pemangkasan terhadap padi yang gagal panen karena serangan hama tikus. Suatu hal yang tidak terduga, sisa tunggul yang dipangkas menghasilkan tunas ratun yang mampu memproduksi lebih baik dari tanaman utama. Praktek tersebut ditindaklanjuti oleh BPTP Sumatera Barat yang bermitra dengan petani padi ternyata budidaya sistem ratun itu dapat diterapkan berulang-ulang sampai 6 regenerasi (Erdiman *et al.*, 2012). Budidaya padi sistem ratun dengan pangkasan tunggul rendah mulai direkomendasikan tahun 2002 di Thailand, sementara petani Sumatera Barat memulainya tahun 2007 dan sampai sekarang belum banyak kebijakan pemerintah untuk menindaklanjuti teknologi tersebut.

Memang diakui bahwa kebijakan pemerintah menindaklanjuti program ini masih terbatas karena hasil padi sistem ratun masih belum dapat diandalkan. BPTP Sumbar melaporkan hasil padi ratun sama dengan padi pindah biasa yang menggunakan bibit semai, bahkan meningkat hingga 25% (Erdiman *et al.*, 2012). Dengan sistem itu, hasil padi varietas Cisokan hampir mendekati hasil pada deskripsi varietas tersebut (Syarif *et al.*, 2017). Susilawati *et al.* (2012b) dan Sinaga *et al.* (2015) melaporkan bahwa hasil beberapa galur padi ratun selalu lebih rendah dari tanaman utamanya. Chauhan *et al.* (1985) memperoleh hasil padi ratun 40%-75% dari tanaman utamanya. Peneliti lain memperoleh sebesar 50% (Liu *et al.*, 2012), dan 64 % (Adigbo *et al.*, 2012), 56 % (Chen *et al.*, 2007), 38.1-56.6% (Susilawati *et al.*, 2012b), dan 40%-60% (Susilawati, 2013) dari tanaman utamanya. Hasil yang variatif

tersebut perlu dievaluasi mengingat prospek dan potensi padi sistem ratun cukup menjanjikan.

IV. POTENSI PENGEMBANGAN BUDIDAYA PADI SISTEM RATUN

Budidaya padi sistem ratun berpotensi dikembangkan karena sistem tersebut memberikan banyak manfaat diantaranya 1) meningkatkan Indeks Pertanaman (IP), 2) meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman, 3) menjaga kemurnian genetik (Chauchan *et al.*, 1988), 4) meningkatkan pendapatan petani (Nair & Rosamma, 2002; Hardiyanto, 2012; Juliadi, 2014), 5) berpotensi mengembalikan jerami menuju pertanian organik ramah lingkungan dan produksi padi berkelanjutan di daerah tropis untuk memperoleh produksi maksimum (Faruq *et al.*, 2014), dan 6) dapat mengatasi permasalahan daerah yang kekurangan tenaga kerja. Sistem ratun dapat menambah hasil padi hanya dengan memberikan input minimal (Bond & Bollich 2006), sehingga dapat mengatasi kekurangan modal usaha bagi petani miskin. Teknologi ratun dengan waktu tanam yang tepat dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan petani terhadap perubahan iklim (Food and Agriculture Organization, 2013). Pemanfaatan varietas berdaya hasil tinggi pada budidaya adi sistem ratun meningkatkan produksi padi per musim tanam tanpa menambah luas lahan (Islam *et al.*, 2008). Potensi lainnya adalah umurnya pendek, kebutuhan air sedikit, biaya produksi rendah karena penghematan dalam pengolahan tanah, penanaman, dan penggunaan bibit (Chauchan *et al.*, 1988; Erdiman, 2012). Secara umum potensi tersebut terurai sebagai berikut:

4.1. Peningkatan indeks pertanaman

Telah banyak bukti menunjukkan bahwa budidaya padi sistem ratun dapat meningkatkan indek Pertanaman (IP) karena umurnya lebih pendek (berproduksi lebih cepat) dibandingkan dengan padi tanaman pindah biasa yang berasal dari benih semai. Beberapa periode waktu dalam tahapan teknik budidaya padi sistem ratun dapat

memperpendek periode musim tanam karena petani tidak lagi melakukan kegiatan kultur teknis seperti pengolahan tanah atau lahan, persiapan benih, persemaian, dan tanam pindah bibit. Selain itu, masa bera sebagaimana yang selalu dilakukan pada tanam pindah biasa juga ditiadakan karena tunasnya (ratun) langsung tumbuh dari tunggul sisa panen tanaman utama. Peniadaan masa bera tersebut dapat mempercepat waktu untuk memulai kegiatan budidaya sehingga waktu panen juga dipercepat.

Umur tanaman padi sistem ratun lebih cepat daripada padi tanam pindah biasa merupakan faktor pendukung percepatan pertanaman untuk panen lebih awal. Percepatan tersebut disebabkan oleh tiga hal yaitu: 1) padi sistem ratun tidak mengalami masa perkecambahan biji, tetapi langsung mengalami pertunasan (anakan) dari sisa tunggul tanaman sebelumnya. Tunas itu dapat dinyatakan sebagai tunas sekunder dengan tunas primernya berasal dari tunggul tanaman sebelumnya. 2) padi sistem ratun tidak mengalami stagnasi di awal pertumbuhan sebagaimana terjadi pada tanam pindah biasa karena sistem pindah tanam membuat tanaman mengalami gangguan saat pencabutan dari persemaian, perakaran terputus, dan tanaman mengalami stres setelah di lapangan akibat perbedaan lingkungan tumbuh di persemaian dengan lapangan. 3) budidaya padi sistem ratun mengalami pertumbuhan lebih pesat daripada tanaman pindah biasa karena padi ratun telah mempunyai sistem perakaran sendiri untuk menyuplai kebutuhan nutrisi anakan menjelang terbentuknya sistem perakaran baru. Suatu hal yang menarik adalah pada saat sistem perakaran baru telah terbentuk, perakaran lama masih berperan dalam menyuplai hara sehingga terjadi dua sumber aliran nutrisi. Namun demikian, dari beberapa laporan penelitian memperkirakan akar lama hanya berperan sampai tanaman berumur dua bulan dan selanjutnya akar dan batang lama hancur melapuk dan menjadi sumber bahan organik bagi tanaman berikutnya.

Berdasarkan kelebihan budidaya padi sistem ratun tersebut, tampaknya peningkatan indeks pertanaman menjadi 2 sampai 3 kali bahkan bisa 4 kali panen dalam 1 tahun dapat tercapai sehingga

peningkatan produksi per tahunnya dapat terealisasi dengan budidaya padi sistem tersebut. Hanya saja perlu teknologi terobosan yang mengarah kepada peningkatan produktivitas lahan dan padi karena produktivitas padi sistem ratun secara umum masih rendah dari tanaman utamanya. Dari beberapa laporan penelitian ternyata budidaya padi sistem ratun mampu meningkatkan indek pertanaman sekitar $0.5-1 \times$ panen/tahun dan peningkatan itu ditentukan oleh genotipe, lingkungan, dan sistem budidaya padi sebelum diratunkan dan teknik budidaya padi sistem ratun itu sendiri. Pengelolaan tunggul dengan pangkasan rendah mampu memberikan hasil 7.0 ton/ha. Produksi ini lebih tinggi 15% dari sistem tanaman pindah dengan waktu panen lebih cepat karena tidak ada bea dan tidak ada pengolahan tanah. Dengan demikian IP 400 per tahun dapat tercapai. Sampai regenerasi ke 7 budidaya padi sistem ratun pangkasan rendah masih memberikan hasil yang stabil di Tabek Tanah Datar Sumbar yang berlangsung dari tahun 2012 hingga 2013 (Erdiman, 2012).

4.2. Peningkatan produktivitas lahan dan tanaman

Produktivitas tanaman padi sistem ratun di Indonesia masih rendah. Salah satu penyebabnya adalah produktivitas lahan rendah yang dicirikan dengan terbatasnya kandungan bahan organik dalam tanah. Keterbatasan tersebut menyebabkan agregat tanah kurang baik sehingga daya jerapnya menjadi lemah. Pada umumnya lahan-lahan produktif di Indonesia mempunyai kandungan bahan organik yang sangat rendah yaitu kurang dari 0.5 %, dengan rata-rata berkisar dibawah 0.2 %. Kondisi seperti itu dipicu oleh pengolahan lahan yang sangat intensif yang berakibat agregat tanah menjadi longgar sehingga daya jerap tanah menjadi lemah. Sementara itu pengembalian bahan organik yang terangkut panen jarang dilakukan karena keinginan untuk mempercepat mulai musim tanam. Akibatnya kebiasaan petani adalah melakukan pembakaran terhadap jerami agar tidak menjadi penghalang dalam pengolahan tanah berikutnya. Selain itu, bahan organik jerami padi juga dimanfaatkan untuk keperluan lain seperti pakan ternak dan mulsa tanaman palawija sehingga jerami tidak dikembalikan ke lahan.

Pengolahan lahan dan pembakaran jerami pada budidaya padi sistem ratun tidak dilakukan lagi sehingga jerami sisa panen lebih berpotensi untuk dikembalikan ke lahan sebagai mulsa dan bahan organik. Pengembalian tersebut dapat mempertahankan produktivitas tanah bahkan dapat meningkatkan melalui perbaikan daya jerap tanah. Dengan demikian, produktivitas tanaman juga meningkat karena daya tukar kation meningkat sehingga unsur hara yang dibutuhkan tanaman menjadi lebih tersedia dalam jumlah yang cukup dan pada akhirnya tanaman menjadi lebih sehat dan produktif.

4.3. *Mempertahankan Kemurnian Genetik*

Perbanyakan generatif merupakan perbanyakan dengan menggunakan biji yang kemudian menghasilkan tanaman anakan yang mengalami perubahan sifat yang berbeda dengan induknya baik sifat morfologis maupun sifat fisiologis. Sementara itu perbanyakan vegetatif terjadi sebaliknya, keturunannya hampir tidak mengalami penyimpangan sifat dari induknya. Perbanyakan seperti itu terjadi pada budidaya tanaman padi sistem ratun yang tidak menggunakan biji sebagai bahan perbanyakan, tetapi menggunakan tunggul sebagai organ vegetatif yang dapat terdifferensiasi menjadi tunas adventif. Tunas adventif berkembang menjadi anakan yang mempunyai akar, batang, dan daun baru yang selanjutnya berkembang membentuk tunas-tunas sehingga menjadi satu kesatuan dalam rumpun tanaman padi. Masing-masing anakan pada rumpun tanaman padi tersebut dapat berbunga yang menghasilkan malai atau biji yang mempunyai sifat persis sama dengan induknya.

Pada budidaya padi sistem ratun kemurnian genetik dapat terpelihara karena bahan perbanyakannya tidak menggunakan biji (organ generatif), tetapi organ vegetatif (tunggul padi) yang memunculkan tunas adventif. Hal ini memberi peluang dan potensi yang sangat menguntungkan bagi benih-benih padi hibrida yang memiliki konstitusi genetik heterozigot. Benih hibrida hanya dapat digunakan satu kali karena penyerbukan sendiri tanaman hibrida menghasilkan segregasi genetik. Itulah salah satu penyebab mahalanya harga benih varietas hibrida padi.

Melalui budidaya padi sistem ratun, tunas adventif yang muncul dari tunggul padi hibrida mempunyai sifat yang persis sama dengan induknya. Dengan demikian penerapan budidaya padi sistem ratun merupakan sistem budidaya padi yang mampu mempertahankan kemurnian genetik varietas hibrida padi dari satu generasi ke generasi berikutnya. Sistem ratun memungkinkan petani mendapatkan keunggulan hibrida dan mempertahankannya hingga beberapa generasi.

Selain kemurnian genetik dapat dipertahankan melalui budidaya padi sistem ratun, padi hibrida juga mempunyai vigoritas yang tinggi terhadap ratun daripada padi inbrida. Sebagaimana hasil penelitian Susilawati (2011), varietas hibrida mempunyai vigoritas lebih tinggi dari Inbrida dimana Hipa-5 dan Rokan dengan umur panen 69 hari menghasilkan ratun 75.9 % dan 99.3 %. Chauhan (1988), dari evaluasi yang dilakukan terhadap 57 padi hibrida, diketahui bahwa padi hibrida IR19677-34-2-2-3-3A/IR36 merupakan hibrida yang mampu menghasilkan ratun tertinggi di Filipina.

4.4 Ramah lingkungan dan berkelanjutan

Budidaya padi sistem ratun dapat dinyatakan sebagai budidaya padi yang ramah lingkungan karena tidak melakukan pengolahan lahan secara intensif yang menyebabkan rusaknya agregat tanah. Budidaya padi seperti ini juga tidak menggunakan herbisida karena gulma jarang tumbuh dan tidak menggunakan molocusida karena keong tidak menyukai kondisi agak kering sehingga sistem ini sangat ramah lingkungan.

Melalui budidaya padi sistem ratun, jerami padi tanaman sebelumnya dapat dijadikan sebagai sumber bahan organik tanah karena tidak terdapat kesempatan bagi petani untuk membakarnya. Pembakaran jerami padi oleh petani sudah dipastikan tidak dapat dilakukan karena tunggul-tunggul merupakan sumber atau organ tempat munculnya tunas adventif (bibit) yang berkembang menjadi rumpun padi ratun. Bila pembakaran tetap dilakukan, maka tunggul-tunggul untuk bibit tanaman padi ratun akan mati hangus terbakar

bersamaan dibakarnya jerami tersebut. Pada budidaya padi sistem ratun, kesempatan petani mengangkut jerami keluar dari lahan sawah sawah juga berkurang karena jerami tersebut dibutuhkan untuk keperluan budidaya ratun seperti sebagai mulsa dan bahan organik lainnya. Mulsa jerami secara alami pada budidaya padi sistem ratun dapat bermanfaat sebagai pengendali gulma, menjaga kelembaban tanah dan berfungsi sebagai pupuk organik.

Budidaya padi sistem ratun dapat juga menciptakan sistem budidaya tanaman padi yang berkelanjutan. Selain tidak merusak agregat tanah, meningkatkan bahan organik tanah dan tidak mencemari lingkungan, budidaya padi sistem ratun dapat dilakukan sepanjang musim dan berkali-kali panen dengan hanya satu kali tanam. Sepanjang tidak terjadi endemik hama penyakit tertentu, budidaya padi ratun dapat dilaksanakan berketerusan dan aman terhadap lingkungan.

4.5 Efektif dan Efisien

Suatu teknologi dapat dinyatakan berhasil jika teknologi tersebut mampu meningkatkan produksi, mudah dilaksanakan, menguntungkan secara ekonomis, serta dapat diterima dan diterapkan oleh masyarakat, ramah lingkungan dan berkelanjutan. Budidaya padi sistem ratun dinyatakan efektif karena sistem budidaya itu mudah dilaksanakan. Beberapa langkah agronomi dapat ditiadakan sehingga meningkatkan daya minat masyarakat untuk menerapkannya. Langkah-langkah agronomi yang ditiadakan tersebut adalah 1) pengolahan tanah, 2) penggunaan benih, 3) persemaian, 4) penanaman bibit (tanam pindah), 5) penyiangan, 6) penggunaan herbisida dan 6) pengendalian keong mas dengan menggunakan *molocusida*

Pengolahan lahan tidak dilakukan pada budidaya padi sistem ratun, karena sisa batang (tunggul) tanaman utama setelah dipanen dimanfaatkan dan dipelihara untuk ditumbuhkan ratunnya. Penggunaan benih dalam budidaya ratun juga tidak ada karena sumber bahan yang dijadikan bibit adalah bekas batang (tunggul) dari tanaman utama. Jika tidak menggunakan biji atau benih sebagai

sumber bibit atau bahan perbanyakan, maka persemaian juga tidak dibutuhkan karena tidak ada perkecambahan dan penumbuhan benih. Konsekuensi berikutnya adalah tahap pindah tanam dari pembibitan ke lahan sawah juga ditiadakan.

Pelaksanaan penyiangan gulma jarang dilakukan pada budidaya padi sistem ratun karena keberadaan gulma saat panen tanaman utama terbatas. Keterbatasan tersebut berhubungan langsung dengan pemeliharaan tanaman utama sebelumnya dan persaingan dengan tanaman itu sendiri. Apabila gulma pada tanaman utama masih ditemukan akibat kurang terkendali dengan baik, maka pemanfaatan mulsa jerami sebagai bahan organik dapat mengatasinya. Pada budidaya ratun di Kanagarian Tabek Tanah Datar, pelaksanaan budidaya padi sistem ratun secara terus-menerus (7 kali musim) mengakibatkan gulma menjadi musnah pada lahan tersebut. Hal itu terjadi karena tidak ada kesempatan bagi gulma untuk tumbuh pada lahan diawal sampai akhir pertumbuhan sehingga kehilangan hasil yang diakibatkan kompetisi gulma dapat dihindarkan. Selain pengendalian gulma pada budidaya padi sistem ratun dapat dilakukan dengan mudah sehingga penggunaan herbisida secara otomatis juga tidak diperlukan.

Keong mas sebagai musuh tanaman padi di awal pertumbuhan jarang atau tidak ditemukan pada budidaya padi sistem ratun. Tunas yang tumbuh dari tunggul terhindar dari keong karena penumbuhan tunas dilakukan dalam kondisi air tidak tergenang. Selain itu, tunas yang tumbuh telah kuat dan kokoh, serta tidak lemah seperti bibit dari biji atau tanam pindah. Dengan demikian, padi juga terhindar dari hama keong dan tidak memerlukan tenaga kerja dan bahan kimia untuk mengendalikan hama dengan menggunakan *Moluscasida*.

Berkurangnya beberapa tahap dalam tindakan agronomi pada budidaya padi sistem ratun dapat menghemat beberapa biaya input produksi, sekaligus menghemat tenaga kerja dan waktu. Hardiyanto (2012) menyatakan bahwa teknologi ratun secara ekonomis dapat menghemat 30% biaya produksi setiap panen. Keuntungan lainnya adalah pengembalian bahan organik (jerami) lebih besar terutama dari

sisir potongan batang setelah panen. Pengembangan budidaya padi sistem ratun tampaknya berpotensi besar dalam mendukung ketahanan pangan serta menanggulangi keterbatasan varietas unggul.

Dari beberapa laporan penelitian menyatakan bahwa budidaya padi sistem ratun lebih menguntungkan daripada budidaya padi secara tradisional karena lebih efisien dalam penggunaan input per satuan luas per satuan musim tanam. Program yang perlu ditindaklanjuti pada masa depan adalah mengadopsi praktek manajemen yang tepat sebagaimana pada tanaman utama (Chen *et al.*, 2007). Keuntungan penerapan budidaya padi sistem ratun adalah cepat, mudah, dan murah serta dapat meningkatkan produktivitas padi per unit area dan per unit waktu (Nair dan Rosamma, 2002). Hasil gabah meningkat tanpa meningkatkan luas lahan karena memberi keuntungan dalam efisiensi penggunaan lahan dan waktu (Bond *et al.*, 2005).

4.6 Pengentasan permasalahan kekurangan tenaga kerja

Seperti telah diungkapkan sebelumnya bahwa terdapat beberapa tahapan teknik budidaya padi sistem ratun tidak dilakukan karena dalam budidaya ini menggunakan tunggul padi sisa panen tanaman sebelumnya sebagai bahan perbanyakan. Dari buku yang terdapat pada tunggul tersebut tumbuh tunas yang dapat berkembang menjadi rumpun padi seperti rumpun tanam pindah biasa. Tahapan yang ditiadakan tersebut adalah pembersihan lahan, pengairan, pengolahan tanah, persiapan benih, persemaian, pemupukan, dan tanam pindah bibit. Peniadaan tersebut dapat mengatasi daerah yang mempunyai masalah dalam tenaga kerja seperti daerah yang mempunyai tenaga kerja terbatas dan mahal.

4.7 Peningkatan pendapatan petani

Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari penerapan budidaya sistem ratun antara lain: (a) biaya produksi lebih rendah karena tidak perlu pengolahan tanah dan penanaman ulang, (b) pupuk yang dibutuhkan lebih sedikit, yaitu setengah dari dosis yang diberikan pada tanaman utama, (c) umur panen lebih pendek, dan (d) hasil yang

diperoleh dapat memberikan tambahan produksi dan meningkatkan produktivitas lahan sawah.

Padi sistem ratun meningkatkan indeks pertanaman sebagai akibat dari waktu tanam yang pendek dan hasil tinggi serta hemat biaya operasional penanaman karena tidak lagi memerlukan benih baru dan tidak melalui proses persemaian, pengolahan lahan dan penanaman. Sejalan dengan tujuan budidaya padi ratun tersebut, maka secara ekonomi, budidaya padi sistem ratun memberikan keuntungan lebih baik daripada sistem tanam pindah yang ditunjukkan dengan nilai B/C ratio sebesar 2.36 (Suparwoto & Waluyo, 2016).

Feriedy (2013) pernah menghitung biaya yang dikeluarkan pada budidaya padi sistem ratun di Desa Talang Leak, Kecamatan Bingin Kuning Kabupaten Lebong sebanyak Rp 6.532.653/ha/musim tanam dengan penerimaan sebesar Rp 14.701.852/ha/musim tanam sehingga keuntungan yang diperoleh adalah sebesar Rp. 8.169.198/musim tanam. Dengan demikian, secara ekonomis budidaya padi sistem ratun menghemat biaya untuk pekerjaan persiapan lahan dan penanaman sebesar 60% dan untuk biaya produksi sebesar 30%, dengan penghematan (penekanan) biaya usahatani setara dengan Rp 2 juta sampai 2,5 juta/ha/musim tanam. Produktifitas padi melalui budidaya sistem ratun biasanya sama bahkan ada yang lebih tinggi dari pada tanaman utamanya (tanaman dengan budidaya sistem biasa yang berasal dari benih), sehingga kondisi seperti itu sangat mendukung peningkatan pendapatan petani. Budidaya padi sistem ratun sangat menguntungkan terutama ketika tenaga kerja mahal dan terbatas karena sistem itu lebih ekonomis sekitar 45 % daripada budidaya tanaman pindah biasa (Erdiman, 2012).

Selain memberikan tambahan produksi padi per musim tanam, budidaya padi sistem ratun juga hemat biaya dan tenaga kerja serta mengurangi waktu persiapan lahan (Susilawati *et al.*, 2010). Lebih lanjut Erdiman (2012) mengungkapkan bahwa budidaya padi sistem ratun dapat menghemat biaya operasional penanaman karena tidak lagi memerlukan benih baru dan tidak melalui proses persemaian, pengolahan lahan atau bajak dan penanaman. Biaya produksi dari

budidaya padi sistem ratun sebesar Rp 7.224.000 lebih kecil bila dibandingkan dengan biaya produksi usahatani sistem tanam pindah sebesar Rp 8.800.000. Produksi yang diperoleh dengan budidaya padi sistem ratun lebih besar (6400 kg GKG/ha) dibanding sistem tanam pindah (5500 kg GKG/ha) dengan harga gabah Rp 3800/kg, maka penerimaan yang diperoleh dari budidaya padi sistem ratun juga lebih besar yaitu Rp 24.320.000 dibandingkan sistem tanam pindah yaitu Rp 20.900.000. Berdasarkan selisih antara penerimaan dengan biaya, maka keuntungan yang diperoleh dengan budidaya padi sistem ratun selama satu musim tanam adalah Rp 17.096.000, sementara budidaya padi tanam pindah biasa sebesar Rp 12.100.000.

Dari data tersebut dapat dinyatakan bahwa keuntungan budidaya padi sistem ratun 41.29 % lebih besar daripada budidaya padi tanam pindah biasa. Nilai B/C ratio budidaya padi sistem ratun yaitu sebesar 2.36/musim tanam lebih besar daripada tanam pindah sebesar 1.37/musim tanam. Berdasarkan data B/C ratio tersebut dapat dinyatakan bahwa budidaya padi sistem ratun yang dilakukan layak untuk diterapkan. Nilai B/C ratio ini menggambarkan bahwa setiap 1 rupiah pengeluaran dalam usahatani padi sistem ratun yang dilakukan tersebut menghasilkan 2.36 satuan pendapatan.

V. UPAYA PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PADI SISTEM RATUN

Peneliti telah banyak melaporkan bahwa faktor utama yang berpengaruh terhadap produktivitas padi sistem ratun adalah 1) varietas padi, 2) tunggul padi, dan 3) faktor lingkungan. Pemanfaatan varietas padi yang sesuai dan pengelolaan tunggul yang tepat serta faktor lingkungan yang cocok merupakan faktor yang saling menentukan dalam upaya meningkatkan produktivitas padi sistem ratun. Ketiga faktor tersebut terurai sebagai berikut.

5.1. *Varietas padi*

Produktivitas padi sistem ratun berbeda menurut varietas. Perbedaan itu telah banyak dibuktikan peneliti sebelumnya seperti Chauhan (1988). Hasil pengujian yang dilakukan terhadap 57 padi

hibrida ternyata hibrida IR19677-34-2-2-3-3A/IR36 merupakan hibrida yang mampu menghasilkan ratun tertinggi di Filipina. Hasil penelitian Sinaga *et al.* (2015) membuktikan terdapat tiga genotipe (IPB97-F-13-1-1, IPB 4S, dan IPB 3S) dari sembilan genotipe yang berpotensi dibudidayakan secara ratun yang ditandai dengan hasil yang lebih tinggi daripada genotipe lainnya. Kenyataan yang sama juga ditemukan peneliti lain bahwa varietas Cisokan memberikan hasil yang lebih tinggi daripada varietas Batang Piaman (Amelia, 2018; Fitriani, 2018). Produktivitas varietas Junjuang lebih baik daripada varietas anak daro (Ruswarnida, 2018; Prasetyo, 2018).

BPTP Sumbar melaporkan hasil padi ratun sama dengan padi pindah biasa yang menggunakan bibit semai bahkan meningkat 25% (Erdiman *et al.*, 2012). Dengan sistem itu, hasil padi varietas Cisokan hampir mendekati hasil pada diskripsi varietas tersebut (Syarif *et al.*, 2017). Susilawati *et al.* (2012) dan Sinaga *et al.* (2015) menemukan hasil beberapa galur padi ratun selalu lebih rendah dari tanaman utamanya. Chauhan *et al.* (1985) memperoleh hasil padi ratun 40%-75% dari tanaman utamanya. Kenyataan yang sama ditemukan pula oleh peneliti lain dengan hasil bervariasi dan selalu lebih rendah dari tanaman utamanya Liu *et al.*, 2012; Adigbo *et al.*, 2012; Susilawati *et al.*, 2012; Susilawati, 2013) dari tanaman utamanya.

Perbedaan respon beberapa varietas padi sistem ratun tersebut berhubungan langsung dengan tingkat vigoritas tunggul saat panen tanaman utama. Kemampuan tunggul menumbuhkan tunas semakin tinggi sejalan dengan semakin tingginya tingkat vigoritas tunggul itu sendiri. Secara visual, tingkat vigoritas itu ditandai batang padi saat dilakukan pemanenan masih segar dan hijau. Pendapat itu tampaknya sejalan dengan Susilawati (2011) bahwa vigoritas tunggul varietas hibrida lebih tinggi dibandingkan dengan varietas inbrida. Varietas hibrida Hipa-5 dan Rokan dengan umur panen 69 hari menghasilkan ratun 75.9% dan 99.3% dari hasil tanaman utama. Secara morfologi kedua varietas ini menghasilkan anakan ratun yang banyak sebagai akibat tunas ratun mulai berkembang dari buku bagian atas dengan jumlah anakan lebih dari satu secara bersamaan.

Peneliti lain menyatakan bahwa tidak semua varietas padi (Susilawati *et al.*, 2012; Ritonga, 2015) dan tidak semua lokasi cocok untuk budidaya padi ratun (Liu *et al.*, 2012). Buktinya, tidak semua tunggul padi setiap rumpun membentuk tunas dengan baik, bahkan tidak semua rumpun yang membentuk ratun secara konsisten (Susilawati, 2013). Pembentukan tunas ratun ditentukan oleh kondisi fisiologis tunggul padi sisa panen. Ritonga (2015) memperoleh dari 11 galur yang dicobakan hanya 4 galur (Galur G₁, G₈, dan G₄₅) dapat beradaptasi di Kabupaten Pelalawan, namun tingkat produktivitas galur tersebut masih di bawah potensi genetiknya. Penerapan budidaya padi sistem ratun melalui pemanfaatan varietas berdaya hasil tinggi diperkirakan dapat memberi andil yang cukup besar dalam meningkatkan produktivitas padi nasional, namun demikian pengujian beberapa varietas pada lokasi spesifik masih perlu ditindaklanjuti.

5.2. *Pengelolaan Tunggul Padi*

Faktor penentu keberhasilan budidaya padi sistem ratun lainnya adalah vigoritas tunggul setelah panen tanaman utama, yang erat kaitannya dengan cadangan hasil fotosintesis yang tertinggal pada tunggul padi. Aktivitas fotosintesis selama pertumbuhan tanaman utama merupakan salah satu penentu jumlah energi yang masuk dan tersimpan dalam sistem tanaman yang dapat dimanfaatkan tanaman untuk tumbuh kembali. Penyimpanan hasil fotosintesis ke bagian akar dan batang sangat diperlukan agar batang tanaman padi yang telah dipanen (tunggul) tetap berwarna hijau. Dengan demikian, asimilat yang tertinggal pada tunggul padi dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan tunas ratun (Chauhan *et al.*, 1985; Vergara *et al.*, 1988; Gardner *et al.*, 1991; Wu *et al.*, 1998).

Sisa hasil fotosintesis yang tersimpan pada tunggul dapat dimanfaatkan sebagai energi bagi akar dan batang untuk pertumbuhan anakan ratun yang muncul dari tunggul (Gardner *et al.*, 1991). Penundaan penebaran daun tanaman utama dapat meningkatkan karbohidrat tunggul tanaman utama yang dapat merangsang pertumbuhan dan perkembangan ratun menjadi lebih baik. Jumlah

anakan padi sistem ratun menjadi lebih banyak pada konsentrasi karbohidrat yang tinggi saat panen (Vergara *et al.*, 1988). Waktu pemanenan tanaman utama yang terbaik ketika batang padi belum terlalu kering atau relatif masih hijau sehingga secara fisiologis berkemampuan menghasilkan anakan padi ratun yang cukup baik.

Kondisi fisiologis tunggul berbeda menurut tunggul yang berasal dari padi belum masak fisiologis, masak fisiologis, dan lewat masak fisiologis. Panen padi saat sebelum masak fisiologis, kemungkinan tunas yang muncul dari tunggul padi lebih banyak karena tunggulnya belum mengalami penuaan lebih lanjut dan tunasnya berkurang dengan semakin terlambat waktu panen. Penundaan waktu panen menurunkan jumlah tunas dan anakan produktif (Mobasser *et al.*, 2012). Untuk itu, pengelolaan perlambatan penuaan tunggul padi sisa panen yang berasal dari padi panen masak fisiologis dan lewat masak fisiologis sangat penting dilakukan agar pemunculan tunas ratun dapat berjalan secara maksimal.

Tunas adventif yang dihasilkan dalam budidaya padi sistem ratun sangat bergantung kepada tinggi dan waktu pemangkasan ulang tunggul padi, waktu panen, dan pengaturan air irigasi. Beberapa peneliti menyarankan pemangkasan ulang diperlukan beberapa hari atau minggu setelah panen sebagai periode tenggang untuk menginduksi tunas ratun. Pemangkasan ulang tunggul padi 7 hari setelah panen (HSP) (Vergara, 1995) dan 7-10 hari setelah panen (Erdiman, 2012) lebih baik daripada pemangkasan lebih awal. Erdiman *et al.* (2012), pemangkasan tunggul padi 8-10 hari setelah panen lebih baik daripada 3 dan 15 hari setelah panen. Berbeda dengan laporan Marni *et al.* (2016), waktu pemangkasan tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tunas. Perbedaan itu diduga lebih terkait dengan kondisi fisiologis tunggul padi saat panen tanaman utama.

Pemanenan yang lebih cepat panen beberapa hari sebelum matang fisiologis memberikan pertumbuhan tunas yang lebih baik daripada matang fisiologis dan lewat matang fisiologis (Mobasser *et al.*, 2012). Tingkat penuaan dan vigoritas batang padi sisa panen (tunggul) juga dipengaruhi oleh genetik (varietas), nutrisi, dan fitohormon yang

keberadaannya berkaitan dengan varietas padi, waktu panen, pemangkasan, pengairan, pemupukan, dan lain-lain seperti diungkapkan banyak peneliti (Susilawati *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2012; Adigbo *et al.*, 2012; Susilawati, 2013; Sinaga *et al.*, 2015;).

Penundaan pemangkasan ulang setelah panen sampai periode tertentu dapat menginduksi pertunasan ratun dan tuans yang terbentuk mampu memproduksi protein yang diperlukan dalam proses hidup tunggul padi. Efek seperti itu merupakan penyebab mengapa pertumbuhan tunas ratun lebih baik melalui penundaan pemangkasan ulang setelah panen seperti diungkapkan banyak peneliti sebelumnya (Chauhan *et al.*, 1985; Sinaga *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2012; Adigbo *et al.*, 2012; Susilawati *et al.*, 2012; Susilawati, 2013).

Tinggi pemotongan dapat menentukan jumlah tunas yang tumbuh, namun kondisinya sangat dipengaruhi sisa asimilat sebagai cadangan pada batang yang dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan tunas ratun dan tingkat vigoritas tunggul yang akan dijadikan padi ratun. Pada beberapa genotipe, tunas ratun tumbuh dari ruas yang lebih tinggi, sedangkan tunas ratun yang tumbuh dari ruas yang rendah atau dekat permukaan tanah lebih banyak yang mati daripada yang bertahan hidup (Vergara *et al.*, 1988).

Jumlah tunas yang banyak lebih awal berpengaruh terhadap jumlah anakan maksimum (Marni *et al.*, 2016). Bahar dan de Datta (1977) melaporkan ratun dengan batang direbahkan lebih baik daripada tinggi tunggul 20 cm dari permukaan tanah. Erdiman *et al.*, (2012), pemangkasan ulang tunggul dekat permukaan tanah (3-5 cm) lebih baik daripada 8-10 cm. Faktor lain yang dapat mempengaruhi kemampuan menghasilkan ratun adalah panjang tunggul padi. Tinggi tunggul padi dapat mempengaruhi jumlah anakan (De Datta dan Bernasor 1988). Pemotongan yang lebih tinggi atau jika tanaman utamanya masih tertinggal 2-3 ruas (15-20 cm), dapat mendorong pertumbuhan tunas ratun lebih baik, dan anakan yang lebih banyak (Vergara *et al.*, 1988; Harrel *et al.*, 2009).

Hasil yang diperoleh sejalan dengan BPTP Sumbar yang melakukan pemangkasan ulang dengan menyisakan tinggi tunggul

padi 3–5 cm dari permukaan tanah sama dengan tanam pindah biasa (Erdiman *et al.*, 2012). Syarif *et al.* (2017) menemukan tinggi tunggul padi antara 2–11 cm juga berpengaruh sama terhadap hasil padi ratun. Demikian juga Marni *et al.*, (2016), dengan tinggi tunggul 5 cm diperoleh hasil padi ratun varietas Impari 21 sama dengan IR 42, dan Inpari 12, tetapi lebih tinggi dari varietas HIPA 5. Vergara (1995), hasil padi ratun dengan tunggul padi 2–5 cm yang dilakukan 7 hari setelah panen lebih tinggi daripada tunggul tinggi yang dipangkas lebih awal. Tunggul padi dengan tinggi 20–40 cm lebih baik daripada 10 dan 50 cm terhadap jumlah anakan produktif, bobot gabah per rumpun, produksi per plot, kemampuan ratun tumbuh per plot di lahan pasang surut (Mareza *et al.*, 2016).

5.3. Lingkungan

Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap budidaya padi sistem ratun, tidak jauh berbeda dengan faktor lingkungan tanaman utamanya. Perbedaannya lebih berhubungan dengan kondisi kelembaban tanah sebelum dan sesudah panen tanaman utama yang dapat berpengaruh langsung terhadap pertunasan ratun. Kondisi air macak-macam sebelum dan sesudah panen tanaman utama ternyata sangat mendukung pemunculan tunas ratun. Pengeringan dan penggenangan tanaman utama sebelum dan sesudah panen tanaman utama menyebabkan pembentukan tunas ratun terganggu, bahkan mengalami kematian jika kekeringan dan tergenang dalam jangka waktu yang lama. Diperkirakan pemberian air beberapa hari sebelum panen tanaman utama diduga dapat menjaga agar tanah dan tanaman tidak mengalami kekeringan sehingga kesegaran dan vigoritas tunggul dapat dipertahankan. Thuamkham (2003) pernah merekomendasikan penggenangan lahan kembali mulai dari 20 hari sebelum panen untuk tanaman utama yang akan dibudidayakan tunas ratunnya. Selanjutnya Erdiman (2012) menyarankan untuk budidaya padi sistem ratun dibutuhkan penggenangan lahan 1–2 malam segera setelah panen tanaman utama dan waktu panen lebih dipercepat 1 minggu sebelum waktunya. Selanjutnya penggenangan tidak diperlukan lagi, tetapi

lahan tetap dalam kondisi air macak-macak atau lembab. Peneliti lain seperti Santoso & Madya (2012) melaporkan bahwa lahan sawah setelah tanaman utama dipanen harus segera digenangi setinggi ± 5 cm selama 2-3 hari, dan kemudian air dikeluarkan lagi. Penggenangan tersebut bertujuan untuk menjaga agar tanah tetap lembab sehingga tunggul padi tidak mengalami kekeringan. Lebih lanjut dinyatakan bahwa kondisi air tanah saat panen tanaman utama berada dalam kapasitas lapang, maka lahan tidak perlu lagi digenangi. Hasil penelitian Sipayung (2017) menunjukkan bahwa waktu permulaan penggenangan 4 hari setelah panen tanaman utama ternyata masih memberikan pertumbuhan dan hasil padi ratun yang sama dengan penggenangan segera setelah panen tanaman utama dilakukan.

Waktu penggenangan budidaya padi sistem ratun kurang lebih 7 hari setelah pemangkasan jerami, tunas-tunas baru sudah tumbuh merata menjadi anakan padi. Saat itu lahan sawah sudah dapat diairi seperti halnya pada tanaman biasa (transplanting). Penggenangan dimaksudkan tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan air bagi tanaman padi, tetapi juga untuk menekan pertumbuhan gulma. Pengaturan air pada awal pertumbuhan merupakan kunci keberhasilan untuk penumbuhan tunas dan anakan. Sebelum tunas tumbuh secara merata, tidak boleh dilakukan penggenangan sebab dapat menyebabkan pertumbuhan tunas terlambat dan bahkan tunggul dapat menjadi busuk (Santoso dan Madya, 2012).

Selain keberadaan air, faktor lainnya yang berpengaruh terhadap padi sistem ratun adalah hara. Salah satu unsur hara yang penting dan harus tersedia bagi tanaman dalam jumlah yang cukup adalah nitrogen. Menurut Vergara *et al.* (1988), pemberian N meningkatkan hasil padi sistem ratun. Setiap varietas mempunyai respon yang berbeda terhadap pupuk nitrogen (Balasubramanian & Ali, 1990). Kebutuhan N untuk padi sawah adalah 90-120 kg N/ha (Taslim *et al.*, 1989). Noor (2006) menyebutkan bahwa kebutuhan pupuk padi sistem ratun hanya 75% dari tanaman utama. Menurut De Datta & Bernasor (1988) kebutuhan N optimal untuk padi sistem ratun 60 kg N/ha. Dari hasil percobaan yang dilakukan Marfita (2016) terungkap bahwa dosis

pupuk 300 kg urea/ha (136 kg N/ha) memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan dan hasil padi sistem ratun. Balasubramanian & Ali (1990) melaporkan bahwa hasil padi sistem ratun dengan pemberian pupuk 125 kg N/ha segera setelah panen tanaman utama nyata lebih tinggi daripada 75 kg N/ha.

Hasil penelitian Evatt & Beachell (1969) ternyata pupuk P dan K tidak berpengaruh terhadap hasil padi ratun. Selanjutnya De Datta & Bernasor (1988), melaporkan bahwa pupuk P dan K tidak perlu diberikan bila sudah diberikan pada tanaman padi utama. Sebaliknya Erdiman (2012), pemberian pupuk 100%-125% dari dosis rekomendasi setempat dapat memberikan hasil lebih 100% dari tanaman utama pada padi ratun dataran tinggi. Pemberian pupuk 46 kg P/ha (Hasibuan, 2019) dan 60 kg K₂O (Prasetyo, 2019) adalah dosis terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil padi sistem ratun.

VI. PENUTUP

Budidaya padi sistem ratun berpotensi dikembangkan karena sistem tersebut memberikan banyak manfaat diantaranya meningkatkan indeks pertanaman, meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman, menjaga kemurnian genetik, meningkatkan pendapatan petani, berpotensi mengembalikan jerami sehingga menuju pertanian organik ramah lingkungan dan berkelanjutan, serta dapat mengatasi permasalahan daerah yang kekurangan tenaga kerja dan mahal. Sistem ratun dapat menambah hasil padi hanya dengan memberikan input minimal sehingga dapat mengatasi kekurangan modal usaha bagi petani miskin. Teknologi ratun dengan waktu tanam yang tepat dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan petani terhadap perubahan iklim. Pemanfaatan varietas berdaya hasil tinggi pada budidaya padi sistem ratun meningkatkan produksi padi per musim tanam tanpa menambah luas lahan, umurnya pendek, kebutuhan air sedikit, biaya produksi rendah karena penghematan dalam pengolahan tanah, penanaman, dan penggunaan bibit.

Budidaya padi sistem ratun berpotensi besar untuk dikembangkan, namun potensi tersebut dapat terealisasi dengan baik

jika faktor utama yang berpengaruh terhadap produktivitas padi itu sendiri harus mendapat prioritas utama dalam pengembangannya. Faktor tersebut adalah varietas padi, kondisi tunggul padi, dan lingkungan. Pemanfaatan varietas padi yang sesuai dan pengelolaan tunggul yang tepat serta faktor lingkungan yang cocok merupakan faktor yang saling menentukan dalam upaya meningkatkan produktivitas padi sistem ratun.

Penerapan budidaya padi sistem ratun melalui pemanfaatan varietas berdaya hasil tinggi, pengelolaan tunggul padi yang tepat, dan menciptakan lingkungan yang sesuai diperkirakan dapat memberi andil yang cukup besar dalam meningkatkan produktivitas padi nasional, namun demikian pengujian beberapa varietas padi spesifik lokasi, pengelolaan tunggul padi, dan lingkungan yang cocok pada budidaya sistem ratun masih perlu ditindaklanjuti.

REFERENSI

- Adigbo SO, Olojede MO, Harris PJC & Ajayi O. 2012. Ratuned lowland nERICA rice varieties as an option for triple cropping in inland valleys of derived savannah in Nigeria. *J. Experimental agric.* 48(4):551-562.
- Amelia R. 2018. Respon pertumbuhan dan hasil dua varietas padi (*Oryza sativa* L.) terhadap pengelolaan tinggi tunggul padi sistem ratun. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang.
- Badan Pusat Statistik. 2013. Produksi padi, jagung dan kedelai (Angka Tetap Tahun 2013). Berita Resmi Statistik. No.41/07/Th.XII, 19 Desember 2014.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Proyeksi Penduduk Indonesia 2015–2045. Hasil Supas 2015. Kementerian PPN/Bappenas. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Angka Ramalan I (Hasil Rakor di Solo tanggal 25-27 Juli 2018). Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Bahar FA & De Data SK. 1997. Prospects of increasing total rice production through ratooning. *Agron. J.* 69:536-540.

- Balasubramanian & Ali AM.. 1990. Effect of variety, nitrogen and stubble hight on ratoon rice yield. *Inst. Rice. Res. Newsl.* 15:7.
- Bollich CN, Web BD, and Scott JE. 1988. Breeding and testing for superior ratooning ability of rice in Texas *In* Rice ratooning. IRRI. Manila. Philippines : 47-54.
- Bond JA & Bollich PK. 2006. Ratoon rice response to nitrogen fertilizer. online. *Crop Management* doi:10.1094/CM-2006-0523-02-RS.
- Chauhan JS, Vegara BS & Lopez FSS. 1985. Rice ratooning. The IRRI. Manila Philippines. IRRI research paper series no.102.
- Chauhan JS. 1988. Use of ratooning in hybrid rice *In* Smith WH, Kumble V, Cervantes EP(Eds). *Rice Ratooning*, IRRI, Los Banos. Philippines. hal. 151-154.
- Chen HF, Liang YY, Lin WX, Zhang LD & Liang KJ. 2007. Quality and physiobiochemical characteristics of the main rice crop seedlings under different raising seedling patterns for early rice and its ratoon crop. I. Studies on super high-yield ecophysiology and its regulation technology in hybridize rice. *Chinese Agricultural Sci. Bull.* 23(2): 247-250.
- De Datta SK & Bernasor PC. 1988. Agronomic principles and practices of rice ratooning, P:164-176 in *Rice ratooning*.
- Erdiman. 2012. Teknologi Salibu Meningkatkan Produktivitas Lahan Dan Pendapatan Petani. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat.
- Erdiman, Nieldalina & Misran. 2012. Peningkatan Produktivitas Lahan Melalui Pengembangan Teknologi Padi Salibu. Laporan Akhir Tim Peneliti Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat. 25 Hal.
- Evatt NS & Beachell MH. 1969. Ratoon cropping of short-season rice varieties in texas. *IRC newsl.* 9(3):1-4.
- Faruq G, Taha RM & Prodhan ZH. 2014. Rice ratoon crop: A sustainable rice production system fortropical hill agriculture. sustainability, 6.ISSN 2071-1050.www.mdpi.com/journal/sustainability.

- Feriedy A. 2013. Analisis usahatani padi sawah sistem satu kali tanam dua kali panen di desa Talang Leak Kecamatan Bingin Kuning Kabupaten Lebong, Laporan Akhir Fakultas Pertanian Muhamadiyah Bengkulu.
- Fitrianis. 2018. Pengaruh waktu pemangkasan tunggul padi terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa* L) Sistem Ratun. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang.
- Food and Agriculture Organization. 2013. Revitalizing rice ratooning to reduce risk and impact during hazard-prone months in the Bicol region, the Philippines [Internet]. [diunduh 2013 Okt 7]. Tersedia pada: <http://teca.fao.org/read/7739#sthash.wPet4Pva.dpuf>.
- Gardner PG, Pearce RB & Michell RL. 1991. Fisiologi tanaman budidaya. Alih Bahasa oleh Herawati S. UI Press. 428 Hal.
- Guo, WT. 1993. The studies on the ratoon rice development and history in China. Agricultural history of China, 12(04): 1-6. (in Chinese).
- Hardiyanto, 2012. Padi Salibu Tingkatkan Hasil Produksi petani 10-15 %. <http://www.tanahdatar.go.id/index.php?option=com>.
- Hasibuan, A. 2019. Pengaruh waktu pemangkasan ulang tunggul dan pemberian pupuk TSP terhadap pertumbuhan dan hasil padi sawah (*Oryza sativa* L.) sistem ratun. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang.
- Islam, MS, Hasanzzaman M & Rokonuzzaman M. 2008. Ratooning rice response to different fertilizer doses in irrigated condition. J. Agriculturae conpectus scientificus 7(4):197-202.
- Jones DB. 1993. Rice ratoon response to main crop harvest cutting height. J. Agronomy 85.(6): 1139-1142.
- Juanda BR. 2016. Potensi peningkatan produksi padi dengan meningkatkan IP (indek panen) melalui penerapan teknologi padi salibu. Agrosamudra 3(1):75-81.
- Juliadi N. 2014. Aplikasi budidaya padi salibu dan pengaruhnya terhadap produksi padi sawah (*Oryza sativa* L.) Di Kecamatan Lima Kaum Kabupaten Tanah Datar. Laporan Praktek Mahasiswa. 21 Hal.

- Lida RTN. 2017. Pengaruh tinggi dan waktu pemotongan batang padi sisa panen terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.) sistem ratun. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang.
- Liu K, Qin J, Zhang B and Zhao Y. 2012. Physiological traits, yield and nitrogen translocation of ratoon rice in response to different cultivation and planting periods. *African J. of Agricultural Research* 7(16): 2539-2545.
- Mareza E, Djafar ZR, Suwignyo RA & Wijaya A. 2016. Morfo-fisiologi ratun padi sistem tanam benih langsung di lahan pasang surut. *J. Agron. Indonesia*. 44 (3):228 – 234.
- Marni, Y. 2008. Modifikasi SRI (*The System of Rice Intensification*) dengan jarak tanam dan umur bibit terhadap pertumbuhan dan hasil padi sawah. Tesis Program studi Agronomi Program Pascasarjana Universitas Andalas. Padang. 71 Hal.
- Mobasser HR, Rostaei KH & AM. Qasempour. 2012. The effect of main crop harvesting time on rice-ratoon and berseem clover (*Trifolium alexanderinum* L.) yield as intercropping system. *Intl. J. Agron. Plant. Prod.* 3(10):414-418.
- Nair AS & CA Rosamma. 2002. Character association in ratoon crop of rice (*Oryza Sativa*.L). *J. TropAgric* 40(2):1-3.
- Noor ES. 2006. Pengaruh ratunisasi dan pemupukan nitrogen terhadap beberapa varietas padi di lahan sawah irigasi. *J. Agrivigor* 5 (3):207-222
- Prasetyo H. 2018. Respon Dua varietas padi (*Oryza sativa* L.) unggul sistem ratun pada beberapa dosis pupuk kalium (KCl). Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang.
- Ritonga ES. 2015. Uji adaptasi galur-galur padi ratun di lahan pasang surut kabupaten pelawan provinsi riau. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2015, Palembang 8-9 Oktober 2015.
- Ruswarnida. 2018. Respon Padi (*Oryza Sativa* L.) dua varietas unggul sumatera barat sistem ratun pada beberapa dosis pupuk fosfor (SP-36). Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang.

- Santos AB, Fregeria NK & Prabu AS. 2003. Rice ratooning management practices for higher yield. *commun. Soil Sci. Plant anal.* 34:881-918.
- Santoso B. 2014. Menuju Kemandirian Pangan. 2015-2025. Fungsional Perencana Utama/ Tim Analisa Kebijakan Bappenas, Edisi 01. Tahun XX, Mei 2014.
- Santoso MB & Madya W. 2012. Budidaya padi ratun. BBPP Binuang, Kalimantan Selatan.
- Sinaga PH, Trikoesoemaningtyas, Sopandie D & Aswidinnoor H. 2015. Daya hasil dan stabilitas ratun galur padi pada lahan pasang surut. *J. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan.* 34 (2):97-104.
- Sipayung DS. 2018. Perbaikan produksi padi sawah (*Oryza sativa* L.) sistem ratun melalui pengelolaan tinggi sisa pemangkasan batang padi dan waktu penggenangan air. [Skripsi]. Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang.

Teknologi Perakitan Varietas dan Peningkatan Produksi Jagung di Lahan Masam

P.K. Dewi Hayati

*Dosen bidang Pemuliaan Tanaman pada Jurusan Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang
e-mail: pkdewihayati@agr.unand.ac.id; pkdewihayati@yahoo.com*

I. PENDAHULUAN

Jagung, merupakan salah satu komoditas tanaman pangan utama setelah padi di Indonesia dan merupakan salah satu dari tiga komoditas sereal utama di dunia. Baik sebagai tanaman pangan ataupun hortikultura, jagung memiliki manfaat multiguna sebagai bahan pangan, pakan dan bahan mentah untuk keperluan industri. Jagung memiliki peran penting dan strategis dalam perekonomian nasional. Status produksi dan impor jagung kadang menjadi indikator keberhasilan suatu program pemerintah sehingga upaya untuk peningkatan produksi jagung nasional untuk mencapai swasembada selalu menjadi agenda wajib Kementerian Pertanian dari setiap periode pemerintahan.

Budidaya jagung lebih disukai oleh petani dibandingkan dengan padi oleh petani dari sisi aktivitas kultur teknis yang lebih mudah. Pada beberapa daerah di Indonesia, agribisnis jagung bahkan dianggap lebih menguntungkan dibandingkan dengan padi. Perluasan penanaman jagung sebagai upaya untuk peningkatan produksi jauh lebih menjanjikan, dibandingkan dengan perluasan areal tanam untuk padi terutama padi sawah.

Selama tidak ternaungi dan tanah tidak tergenang, maka tanaman jagung bisa tumbuh hampir pada semua kondisi lahan di Indonesia. Namun untuk produksi yang tinggi tentu dibutuhkan

tingkat kesuburan lahan tertentu. Sebagai negeri dengan iklim tropika basah, masalah kesuburan lahan sering menjadi faktor pembatas bagi produksi.

Perluasan penanaman jagung di lahan-lahan marginal terutama lahan masam yang memiliki potensi yang besar dari sisi keluasannya di Indonesia, menjadi tantangan tersendiri bagi peningkatan produksi jagung nasional. Dibutuhkan berbagai teknologi untuk mencapai tujuan tersebut, baik melalui pendekatan genetika maupun melalui pendekatan agronomis.

II. JAGUNG: TANAMAN KOMUNAL DARI DUNIA BARU

Siapa yang tak kenal jagung? Tanaman semusim yang sering menjadi sebutan dan penanda peristiwa. Umur tanaman jagung dalam satu siklus hidupnya “seumur jagung” diartikan dengan salah sebagai singkatnya masa penajajaan Jepang. Implikasi dari ratusan tahun dijahaj ternyata menghasilkan harapan semu akan singkatnya masa dijahaj oleh orang-orang pendek dari benua yang sama. Di sisi lain, jagung menjadi indikator kemakmuran suatu negeri dengan ungkapan bahasa Minang “Padi manguniang, jaguang maupeh, taranak bakambang biak”.

Karena tak asingnya orang dengan tanaman jagung, kadang membikin kita lupa bahwa jagung bukan tanaman asli Indonesia, namun merupakan tanaman dari Dunia Baru (Amerika). Akan tetapi asal usul mengenai tanaman ini tidak diketahui dengan jelas karena tidak ditemukan adanya kerabat liar tanaman jagung. Kerabat terdekat tanaman jagung adalah teosinte (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) sehingga Meksiko Selatan dan Amerika Tengah dianggap sebagai pusat asal tanaman jagung karena teosinte memperlihatkan keragaman genetik yang besar di daerah ini (Goodman, 1988; Dowsell *et al*, 1996).

Bagaimana dengan asal usul tanaman jagung? Analisis isoenzim membuktikan bahwa progenitor atau tetua dari tanaman jagung adalah teosinte (Doebley, 1990). Analisis molekuler menggunakan SSRs menunjukkan bahwa populasi *Zea mays* ssp. *parviglumis* memiliki akar yang sama dengan *Zea mays* ssp. *mays*. Ini membuktikan bahwa jagung

memang berasal dari teosinte (Matsuoka *et al*, 2002). Namun pertanyaan mendasar tentang bagaimana teosinte sebagai tetua jagung kemudian berevolusi menjadi jagung, masih tak terjawab hingga kini.

Bagaimana kemudian jagung sampai ke Indonesia? Sama halnya dengan penjelajahan dunia baru yang dimotori oleh Portugis dan Spanyol, pedagang merekalah yang kemudian menyebarkan benih tanaman ini ke benua Asia. Di Indonesia jagung dibawa oleh pedagang Portugis ke daerah Ambon kemudian menyebar ke daerah Indonesia lainnya (Wilkes, 2004). Linnaeus di tahun 1737 menamakan tanaman rumput raksasa ini sebagai *Zea mays* L. ssp. *mays*, anggota dari famili *Poaceae* (dulu: *Gramineae*) (Doebley, 2003).

Jagung merupakan tanaman diploid yang memiliki 10 pasang kromosom ($2n=2x=20$) (Fehr, 1987). Namun demikian tanaman haploidnya kadang juga bisa ditemui secara alami walaupun persentase pembentukannya kecil (0.001–0.01%) (Geiger, 2009). Induksi pembentukan tanaman haploid menjadi sangat penting akhir-akhir ini untuk tujuan mendapatkan galur *inbred* (inbrida) dalam waktu singkat. Galur *inbred* merupakan syarat mutlak untuk perakitan varietas hibrida pada jagung.

Sistem pembungaan pada tanaman jagung unik dan berbeda jika dibandingkan dengan tanaman serealea yang lain. Jagung merupakan tanaman monoecious yang memiliki bunga sempurna, akan tetapi memiliki bunga jantan (*staminate flower*) dan betina betina (*pistillate flower*) yang terpisah letaknya dalam satu tanaman. Bunga betinanya adalah tongkol atau *ear shoots*, sedangkan bunga jantannya adalah malai atau *tassels*. Satu tassel tunggal mengandung sekitar 25 juta tepung sari (*pollen grain*) yang mampu dibawa oleh angin hingga jarak 1 km.

Terpisahny letak bunga jantan dan bunga betina dalam satu tanaman disamping terdapatnya masa interval antara bunga jantan pecah dan reseptivitas bunga betina, menyebabkan tanaman jagung melakukan penyerbukan silang (90–95%). Karakteristik dari tanaman menyerbuk silang adalah heterozygositas dan variabilitas genetik yang

tinggi. Jadi, setiap biji (kernel) yang terdapat dalam satu tongkol memiliki genetik yang berbeda akibat sumber pollen yang berbeda.

Oleh karena itu varietas bersari bebas (*open pollinated variety*) merupakan gabungan dari berbagai hibrida namun masih memiliki identitas yang sama untuk mencirikan suatu varietas. Identitas dari suatu varietas bersari bebas dipertahankan dengan selalu menjaga level heterozigositasnya tetap tinggi. Varietas bersari bebas mengalami perombakan gen yang terus menerus (*continual reshuffling of the genes*) untuk setiap generasi, dan inilah yang mempertahankan variabilitas genetiknya tetap tinggi (Poehlman, 1987). Dalam bahasa yang sederhana, jagung adalah tanaman komunal. Apa implikasi dari semua itu?

Umumnya orang menganggap bahwa tidak ada kultivar lokal jagung di Indonesia, berbeda dengan padi yang memiliki banyak kultivar lokal. Biasanya ini dihubungkan dengan anggapan bahwa jagung bukan tanaman asli Indonesia (perlu diingat bahwa padi juga bukan tanaman asli Indonesia). Kenyataannya, penanaman jagung di Nusa Tenggara lebih didominasi oleh kultivar/varietas lokal, antara lain varietas Piet Kuning yang memiliki sifat toleran terhadap kekeringan, lebih tahan dalam penyimpanan serta memiliki rasa yang enak. Ini artinya beberapa daerah di Indonesia memiliki varietas jagung lokal. Namun kultivar lokal tidak banyak ditanam karena karena potensi hasil varietas lokal lebih rendah dibandingkan dengan varietas hibrida ataupun bersari bebas.

Varietas bersari bebas Harapan masih ditanam di daerah Baso, Agam dan sekitarnya di awal tahun 2000-an sejak diadopsi tahun 80-an dengan alasan varietas tersebut bisa dijual untuk panen muda sedangkan varietas hibrida tidak bisa karena memiliki kulit biji yang keras dan rasa yang hambar. Namun varietas Harapan yang diperoleh dari beberapa petani menunjukkan keragaman genetik yang tinggi. Artinya, sudah tidak ada lagi kesamaan identitas genetik yang menjadi ciri dari varietas Harapan. Setiap sumber benih yang diperoleh dari lokasi berbeda, sudah berkembang menjadi kultivar berbeda.

Jika dibandingkan dengan padi, dalam masa yang sama sebenarnya proses terbentuknya kultivar baru pada jagung jauh lebih cepat. Kultivar baru berkembang karena gen-gen untuk karakter-karakter tertentu yang tidak diinginkan menjadi tereliminir dari populasi dalam proses adaptasinya berpuh tahun pada lokasi tersebut.

Dengan demikian, walaupun sering dikatakan bahwa petani dapat menggunakan sumber benih dari pertanaman sebelumnya menjadi kelebihan varietas bersari bebas dibandingkan varietas hibrida, tidak berarti petani bisa menggunakan 5 tongkol jagung miliknya yang berukuran paling besar untuk digunakan dalam pertanaman selanjutnya. Untuk mempertahankan frekuensi gen-gen yang menghasilkan identitas tertentu yang menjadi ciri suatu varietas bersari bebas, maka diperlukan ukuran populasi tertentu sebagaimana yang dilakukan oleh penangkar benih bersari bebas.

Struktur, komposisi dan kualitas pengolahan jagung ditentukan oleh genetik dan kondisi lingkungan tempat penanaman jagung. Genetik jagung pada dasarnya dapat dikontrol melalui pemilihan kultivar, namun kondisi lingkungan dan penanganan pasca panen merupakan faktor yang sulit dikontrol yang akan mempengaruhi struktur, komposisi dan kualitas pengolahan jagung. Pemanfaatan jagung sebagai bahan pangan, pakan ataupun bahan dasar untuk kebutuhan industri disesuaikan dengan tipe atau varietas jagung.

Berdasarkan variasi di dalam spesies *Zea mays* L. kita mengenal ada banyak varietas botani jagung atau tipe jagung di seluruh dunia. Berbagai tipe jagung tersebut bervariasi dalam hal warna, ukuran, bentuk biji dan karakter lainnya. Oleh karena itu pemanfaatannya juga berbeda. Beberapa tipe jagung tersebut dapat dilihat pada Tabel 20 berikut.

Tabel 20. Beberapa tipe atau varietas botani jagung

Tipe atau varietas botani	Nama
<i>Zea mays</i> var. <i>amylacea</i>	Floury corn, jagung tepung
<i>Zea mays</i> var. <i>indentata</i>	Dent corn, jagung dent
<i>Zea mays</i> var. <i>indurata</i>	Flint corn, jagung Mutiara
<i>Zea mays</i> var. <i>everta sturt</i>	Pop corn, jagung berondong
<i>Zea mays</i> var. <i>saccharata</i>	Sweet corn, jagung manis
<i>Zea mays</i> var. <i>ceratina</i>	Waxy corn, jagung ketan
<i>Zea mays</i> var. <i>tunicata</i>	Pod corn, jagung bungkus

Jagung biji atau jagung pipilan berwarna kuning (*yellow corn*) paling banyak ditanam di dunia, termasuk Amerika, Brazil dan Cina. Jagung kuning mendominasi perdagangan jagung internasional. Namun jagung putih lebih disukai di Afrika, Amerika Tengah dan beberapa negara Amerika Selatan karena lebih manis dan penggunaanya yang lebih banyak dalam berbagai produk makanan. Berbagai mutan jagung juga ditemui dan dikembangkan di berbagai penjuru dunia, terutama mutan-mutan yang memiliki nilai guna tertentu. Beberapa mutan tersebut antara lain adalah *sweet corn*, *waxy*, *high-amylose*, *high-oil* dan *opaque* yang kita kenal sebagai jagung QPM (*Quality Protein Maize*). Tipe-tipe jagung selain dari jagung yang biasa diperdagangkan di dunia internasional tersebut dikenal sebagai *specialty corn* (Hallauer, 2004).

Berbagai tipe jagung juga sudah dibudidayakan di Indonesia selain dari jagung bijian (pipilan) yang berwarna kuning. Penelitian pemuliaan jagung telah banyak dilakukan baik pada jagung manis, jagung QPM dan jagung ketan. Balai Penelitian Tanaman Serealea (Balitsereal) telah merilis beberapa varietas jagung QPM seperti varietas Srikandi Kuning dan Srikandi Putih (ICERI, 2008), sedangkan varietas jagung manis banyak dirilis oleh perusahaan multinasional.

Peningkatan produktivitas jagung nasional sangat tergantung pada adopsi petani terhadap penggunaan varietas unggul jagung, baik varietas hibrida (*hybrid variety*) maupun bersari bebas (*open pollinated variety*)

Varietas hibrida adalah keturunan F_1 atau hasil persilangan dari dua galur *inbred* yang memiliki latar belakang genetik berbeda. Sedangkan varietas bersari bebas adalah hasil persilangan dari beberapa galur *inbred* yang saling melakukan persilangan sesamanya, kemudian keturunannya diseleksi berdasarkan karakter tertentu selama beberapa generasi. Dengan demikian bisa dikatakan bahwa pada dasarnya varietas bersari bebas terdiri dari berbagai hibrida juga.

Varietas bersari bebas pada dasarnya ada dua, yaitu varietas komposit dan varietas sintetis. Kedua varietas ini sama-sama berasal dari hasil persilangan dari beberapa galur *inbred*, namun informasi genetik mengenai kemampuan daya gabung (*combining ability*) yang baik dari galur *inbred* masing-masing tetua diperlukan pada varietas sintetis (Dewi-Hayati *et al*, 2013). Hasil persilangan kemudian diseleksi secara fenotipik berdasarkan kriteria seleksi tertentu. Itulah kenapa varietas bersari bebas memiliki penampilan yang seragam untuk karakter penting tertentu, namun karakter lainnya bisa beragam. Yang penting adalah ada karakter utama yang menjadi penciri atau identitas genetik bagi varietas bersari bebas tersebut. Penciri atau identitas genetik merupakan syarat untuk bisa dianggap sebagai varietas. Identitas tersebut juga harus bisa diwariskan (*heritable*) pada keturunannya, dengan kata lain karakter tersebut juga dimiliki oleh keturunannya. Beberapa contoh varietas hibrida dan varietas bersari bebas yang dirilis oleh Balai Penelitian Tanaman Serealia antara lain dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21. Potensi hasil beberapa varietas hibrida dan bersari bebas

Varietas	Tahun rilis	Umur panen (HST)	Potensi hasil (t/ha)	Produktivitas (t/ha)
Bersari Bebas				
Gumarang	2000	82	8	5.0
Lamuru	2000	95	7.6	5.6
Sukmaraga	2003	105	8.5	6.0
Hibrida				
Bima-1	2001	97	9	7.3
Bima-6	2008	100	13.5	9.4
Bima-19 URI	2013	102	12.5	10.6
Bima-20 URI	2013	102	12.8	11

Sumber: ICERI (2008); Atman(2005)

Terdapat kelebihan dan juga kelemahan penggunaan varietas hibrida dan varietas bersari bebas. Ini tentunya menjadi pertimbangan penting ketika usaha agribisnis jagung dilaksanakan. Kelebihan varietas bersari bebas adalah (1) harga benih lebih murah dibandingkan dengan varietas hibrida (Rp @35.000 per kg untuk bersari bebas dan Rp 80.000 per kg untuk varietas hibrida), (2) benih dapat ditanam beberapa kali atau petani tidak selalu harus membeli benih setiap musim tanam, (3) lebih hemat biaya produksi, karena relatif tidak membutuhkan pemberian input pupuk dosis tinggi seperti N sebagaimana varietas hibrida, (4) memiliki variabilitas genetik yang luas dalam populasi sehingga tidak mudah hancur oleh serangan hama penyakit ras tertentu, dan (4) memiliki daya adaptasi yang luas, termasuk pada lahan-lahan marjinal.

Kelemahan dari varietas bersari bebas adalah (1) tingkat keseragaman yang rendah, sehingga menyulitkan dalam penerapan mekanisasi pertanian. Keragaman yang tinggi umumnya bisa dilihat dari karakteristik biji dan tongkol, dan (2) hasil biasanya lebih rendah dari varietas hibrida

Sedangkan varietas hibrida memiliki beberapa kelebihan, antara lain: (1) produksinya 15-20% lebih tinggi dari pada produksi varietas bersari bebas tertinggi yang ada pada masa yang sama, (2) memiliki keseragaman tanaman yang tinggi, (3) keragaan tinggi seperti tahan terhadap penyakit tertentu, (4) umur panen lebih singkat/genjah, dan (5) memiliki kualitas biji lebih baik seperti rasa lebih manis pada jagung manis.

Kelemahan dari varietas hibrida adalah (1) harga benih yang mahal, (2) hanya bisa digunakan satu kali tanam, (3) tidak selalu tersedia sehingga petani menjadi sangat tergantung pada produsen benih, (4) perlu kultur teknis yang intensif dan input yang tinggi untuk mencapai potensi genetik maksimumnya, dan (4) memiliki basis genetik yang sempit, *population buffering* yang dimilikinya lebih rendah dibandingkan dengan varietas bersari bebas.

Hibrida yang umumnya digunakan oleh petani jagung pun bermacam-macam. Karena mahalnya varietas hibrida silang tunggal, umumnya hibrida yang dirilis ke petani jagung adalah hibrida hasil modifikasi silang tunggal, hibrida silang tiga jalur dan hibrida silang ganda. Penanaman varietas hibrida tahun 1985-1986 tercatat hanya sekitar 1.5% kemudian meningkat meningkat menjadi 43.7% tahun 2008, benih bersari bebas 30.0% dan sisanya 26.3% adalah digunakan untuk penanaman varietas lokal (ICERI, 2008). Terjadi indikasi peningkatan adopsi varietas hibrida di kalangan petani. Jika pada tahun 2010 adalah seluas 55% dari luas areal pertanaman jagung nasional, maka tahun 2012 meningkat menjadi 66% (Haryono, 2012). Tingkat adopsi hibrida secara nasional saat ini adalah berada pada kisaran 65 – 70% (Sulaiman *et al*, 2017).

Ada tiga kegunaan utama jagung yaitu sebagai bahan pangan, pakan ternak dan bahan mentah untuk keperluan industri. Tanaman jagung dikategorikan sebagai tanaman pangan ketika hasil panen yang diharapkan adalah biji (*whole grain*) dan tanaman hortikultura jika yang digunakan adalah bagian buah keseluruhan (*pod*) seperti jagung manis (*sweet corn*) dan jagung semi pungut atau *baby corn*.

Pemanfaatan jagung sebagai bahan pangan sangat bervariasi, mulai dari tongkol jagung mentah yang dimasak hingga biji yang diolah menjadi berbagai olahan makanan dan berbagai produk turunan lainnya. Pemanfaatan jagung sebagai bahan pangan tersebut didominasi oleh tipe-tipe jagung selain jagung pipilan seperti jagung manis, jagung berondong, jagung ketan dan jagung ungu.

Jagung pipilan yang diolah menjadi tepung memiliki kandungan karbohidrat sebesar 71.9 g, protein 8.84 g, lemak 4.57 g, serat 2.15 g, fosfor 348 mg, sodium 15.9 mg, sulfur 114 mg, potasium 286 mg, magnesium 139 mg, copper 0.14 mg, kalsium 10 mg, riboflavin 0.1 mg, tiamin 0.42 mg, asam amino 1.78 mg, dan vitamin C 0.12 mg. Selain itu jagung juga mengandung fitokimia penting yang terdiri dari karotenoid meliputi karoten, xantofil, baik lutein dan zeaxantin, kandungan fenolik yang terdiri atas asam ferulat dan antosianin, dan fitosterol (Shah *et al*, 2016).

Sebagai bahan pakan, jagung pipilan (*yellow dent*) menguasai pasar internasional. Amerika Serikat sebagai produsen jagung terbesar menggunakan lebih dari 95% produksi jagungnya untuk pakan ternak dan keperluan ekspor dan hanya sekitar 5% yang diperdagangkan sebagai jagung dengan tujuan khusus (*specialty corn*). Kandungan biji jagung yang kaya akan berbagai macam nutrisi, menjadikan biji tanaman ini sebagai campuran ransum utama dari pakan unggas (40-50%) (USDA FAS, 2019). Ini artinya jagung menjadi bahan baku utama untuk industri pakan ternak.

Pemanfaatan jagung di dalam industri pakan ternak dari tahun 2010-2016 di Indonesia mencapai 47.2%, tertinggi dibandingkan dengan penggunaan jagung untuk industri makanan, peternakan mandiri, konsumsi langsung dan keperluan benih (Sulaiman *et al*, 2017). Tidak hanya biji atau kernel yang dimanfaatkan, limbah tanaman jagung juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak ruminansia. Pemanfaatan limbah jagung sebagai pakan ruminansia dapat diberikan secara langsung atau dengan terlebih dahulu memfermentasikannya (amoniasi) atau menjadikannya silase (Dewi-Hayati *et al*, 2018).

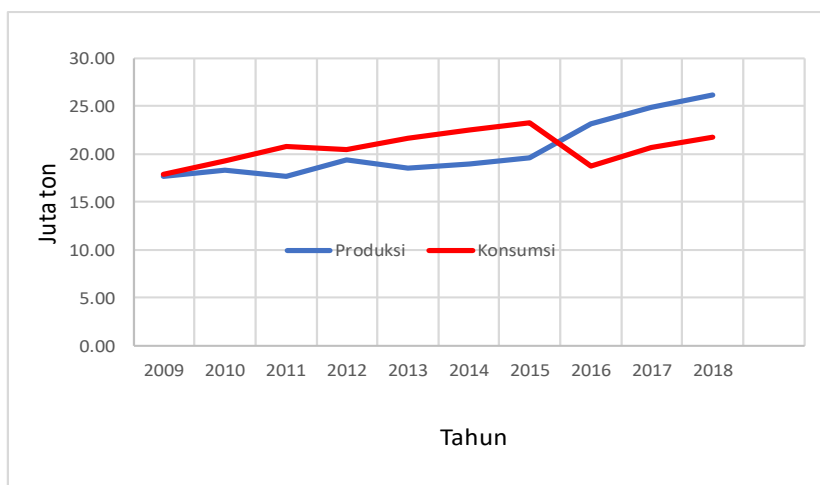
Penggunaan jagung sebagai bahan baku industri, dapat berupa industri pakan dan juga industri makanan seperti industri kering giling (tepung maizena) dan industri giling basah (pati, sirup jagung, pemanis, minuman beralkohol, minyak dan dekstrin). Jagung juga menjadi bahan baku dalam industri destilasi, tekstil serta bahan baku bio-etanol. Polimer Polylactide (PLA) yang sifatnya *biodegradable* mulai menggantikan peranan bahan bakar minyak (*petroleum*) di bidang industri (Dewi-Hayati *et al*, 2013).

III. STATUS PRODUKSI JAGUNG NASIONAL

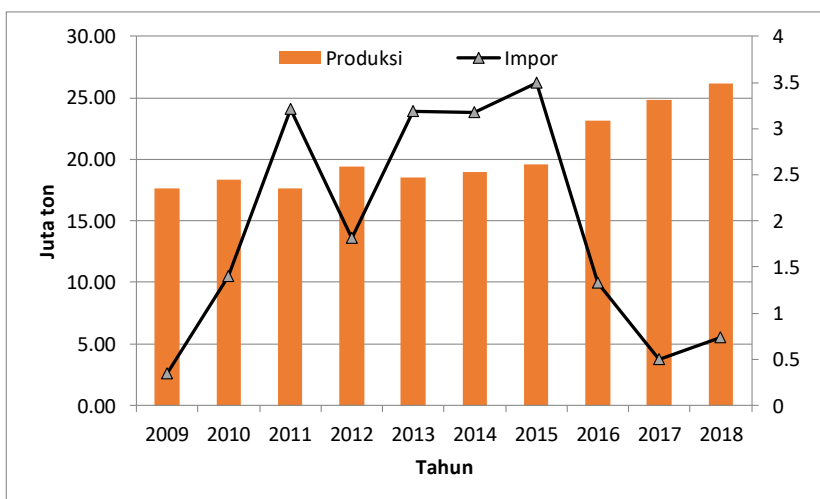
Jagung adalah satu dari komoditas utama yang selalu mendapat perhatian pemerintah setiap tahunnya. Hal itu ditunjukkan dengan berbagai program yang dikucurkan pemerintah dengan tujuan utama adalah untuk mencapai swasembada jagung nasional. Konsumsi jagung nasional tersebut, 58% nya digunakan untuk pakan ternak, 30% untuk pangan dan sisanya untuk kebutuhan industri (Panikkai *et al*, 2013).

Data produksi jagung nasional sejak tahun 2009-2018 menunjukkan bahwa produksi rata-rata jagung per tahun adalah 20.42 juta ton. Peningkatan produksi jagung per tahun selama lima tahun terakhir menunjukkan peningkatan dari 0.5 hingga 3.6 juta ton per tahun. Kebutuhan jagung nasional menunjukkan tendensi peningkatan setiap tahun, namun tahun 2016 konsumsi jagung nasional menunjukkan penurunan. Di tahun yang sama terjadi peningkatan produksi jagung tertinggi sejak 2009 yaitu 3.6 juta ton. Dengan demikian swasembada jagung dapat dicapai pada tahun 2016 (Gambar 16).

Walaupun tidak terjadi defisit kebutuhan konsumsi dengan produksi jagung tahun 2016 hingga sekarang, namun data menunjukkan bahwa impor masih terus dilakukan walaupun volume impor menurun (Gambar 17). Implikasinya tentu adalah upaya peningkatan produksi jagung dengan berbagai cara harus terus dilakukan jika di satu sisi impor jagung ingin ditiadakan.



Gambar 1. Produksi dan konsumsi jagung nasional dari tahun 2009 – 2018
(Sumber: BPS, 2016; Freddy *et al*, 2018; data diolah)



Gambar 2. Produksi dan impor jagung indonesia dari tahun 2009–2018
(Sumber: BPS, 2016; Freddy *et al*, 2018; data diolah)

Tendensi menurunnya tingkat impor jagung selama tiga tahun terakhir pada gambar tersebut pada dasarnya tidak terlepas dari usaha pemerintah yang melakukan kebijakan pengendalian impor jagung sekaligus mendorong industri pakan ternak untuk lebih banyak menyerap jagung lokal dibandingkan dengan jagung impor (Sulaiman *et al*, 2017). Usaha yang tidak mudah karena bervariasinya kualitas jagung lokal yang dihasilkan oleh petani (Utomo, 2018). Namun demikian, usaha pemerintah ini patut mendapatkan apresiasi karena merupakan salah satu upaya untuk mempertahankan harga jual jagung yang tinggi di tingkat petani. Harga jual yang tinggi di tingkat petani akan meningkatkan margin keuntungan yang diperoleh oleh petani sehingga akan mendorong petani untuk semakin meningkatkan produksi jagungnya.

Rata-rata produktivitas jagung secara nasional saat ini baru mencapai 5.28 ton/ha dengan kisaran produktivitas yang besar di tingkat petani yaitu 1.5–9.0 ton/ha (Sulaiman *et al*, 2017). Kisaran produktivitas yang besar ini tentu saja disebabkan oleh banyak faktor dengan beragamnya kondisi yang menjadi tantangan bagi peningkatan produktivitas maupun produksi jagung nasional. Produktivitas jagung nasional saat ini dibandingkan dengan produktivitas di negara maju seperti Amerika baru mencapai setengahnya.

Ada berbagai strategi dan langkah yang dapat ditempuh untuk meningkatkan produksi jagung. Upaya tersebut dapat dikelompokkan sebagai upaya intensifikasi dan upaya ekstensifikasi pertanian. Intensifikasi ditujukan untuk meningkatkan produksi tanaman tanpa melakukan perluasan areal tanam (optimalisasi lahan), sedangkan ekstensifikasi dilakukan dengan memperluas areal pertanian jagung ke kawasan yang sebelumnya bukan diperuntukkan untuk penanaman jagung. Berbagai upaya yang dilakukan baik intensifikasi maupun ekstensifikasi tentu sebaiknya dilakukan secara sinergis dan berkelanjutan.

Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi tanpa perluasan lahan baru antara lain adalah penggunaan benih varietas unggul yang didukung oleh sarana produksi lain yang menunjang tercapainya potensi genetik varietas unggul tanaman, dan peningkatan Indeks Pertanaman (IP). Jika mengacu kepada program peningkatan produksi jagung untuk pencapaian swasembada jagung melalui kegiatan ekstensifikasi menurut Sulaiman *et al* (2017) adalah dengan melakukan perluasan lahan tanam jagung, pemanfaatan lahan tidur dan integrasi jagung dengan tanaman perkebunan dan kehutanan.

IV. PERAKITAN HIBRIDA JAGUNG TOLERAN LAHAN MASAM

Pertambahan jumlah penduduk akan selalu berdampak kepada peningkatan kebutuhan pangan (konsumsi). Permasalahan klasik dalam hal ini sejak dulu adalah bahan pangan (secara tidak langsung juga berarti pakan) perlu didorong peningkatan produksinya dengan segala cara agar kebutuhan pangan tercukupi. Di sisi lain, peningkatan jumlah penduduk di banyak tempat di Indonesia membawa eksekusi pada alih fungsi lahan pertanian yang sebenarnya menjadi penyangga ketersediaan pangan. Akibatnya adalah lahan pertanian yang subur semakin berkurang sehingga lahan yang tersedia digenot untuk berproduksi tinggi tanpa memperhatikan daya dukung dan kelestariannya.

Alternatifnya tentu adalah memanfaatkan lahan-lahan marginal yang walaupun memiliki potensi dari segi keluasan namun biasanya memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah. Lahan-lahan di luar pulau Jawa seperti Sumatera dan Kalimantan merupakan lahan-lahan yang berpotensi untuk dimanfaatkan untuk perluasan areal pertanian. Tentu saja harus memperhatikan kelestarian dan daya dukung lahan sehingga akibat-akibat negatif dari praktek budidaya yang salah dapat dihindari. Praktek pertanian yang salah menimbulkan kerugian tidak hanya pada ekosistem kawasan tetapi pada masyarakat

yang sesungguhnya tidak memiliki kaitan langsung dengan pada kawasan rentan tersebut. Bencana asap tahun 2015 dan 2019 baru-baru ini seharusnya sudah cukup untuk kita belajar.

Perluasan areal untuk penanaman jagung salah satunya dapat dilakukan pada tanah kering masam yang tersedia sangat luas di Indonesia. Sekitar 60 juta ha lahan di Indonesia terdiri atas ordo tanah Ultisol dan Oxisol yang merupakan tanah masam (Subagyo *et al*, 2000). Ordo Ultisol merupakan bagian terluas dari lahan kering yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Irian Jaya dengan luas sekitar 51 juta ha (Hardjowigeno, 2005).

Tanah masam terbentuk sebagai implikasi dari iklim tropika basah yang dimiliki Indonesia. Tanah ini merupakan jenis tanah yang mengalami pencucian basa yang sangat intensif akibat curah hujan yang tinggi di sebagian besar wilayah Indonesia, sehingga kandungan basa-basa dalam tanah menjadi rendah. Hal ini yang menyebabkan sebagian besar tanah di lahan kering yang terbentuk dari tanah mineral bereaksi masam dan miskin unsur hara. Di samping itu tanah memiliki kandungan aluminium yang tinggi yang bersifat fitotoksik atau meracuni pada tanaman.

Permasalahan tanah masam yang kompleks tersebut menyebabkan pertumbuhan jagung biasanya tidak optimal di lahan masam. Penggunaan varietas unggul jagung berdaya hasil tinggi serta adaptif terhadap lingkungan spesifik seperti toleran terhadap lahan masam merupakan salah satu alternatif bagi peningkatan produksi jagung di lahan masam

Varietas unggul jagung yang disarankan adalah varietas hibrida, karena hibrida memiliki keunggulan dari segi tingginya produksi, kegenjahan dan keseragaman penampilan dibandingkan varietas bersari bebas. Umumnya benih hibrida yang dihasilkan oleh perusahaan benih multinasional merupakan hibrida yang sangat responsif terhadap perbaikan kultur teknis seperti pemupukan terutama N. Namun hibrida-hibrida tersebut menunjukkan keragaan yang rendah ketika ditanam pada kondisi cekaman seperti kemasaman tanah (Dewi-Hayati *et al*, 2014b; 2016a).

Keragaan hibrida komersial yang rendah ketika ditanam pada lahan masam disebabkan karena hibrida tersebut tidak dirakit untuk tujuan toleran terhadap lahan masam. Pemilihan galur tetua merupakan kunci penting dalam perakitan hibrida. Perakitan hibrida menggunakan tetua yang memiliki karakter target yang diinginkan akan menghasilkan hibrida yang menunjukkan keragaan tanaman yang lebih baik pada kondisi lingkungan yang mengalami cekaman (Dewi-Hayati *et al*, 2015).

Usaha peningkatan produksi jagung salah satunya dicapai dengan penyediaan benih hibrida yang memiliki potensi hasil yang tinggi. Dari beberapa dekade terakhir terbukti bahwa varietas hibrida jagung memberikan produksi lebih tinggi dibandingkan dengan varietas lainnya. Varietas hibrida juga memberikan keseragaman penampilan yang tinggi dan umur panen yang genjah (Duvick, 1999; Dewi-Hayati *et al*, 2015). Varietas hibrida yang baik tidak saja hibrida dengan produksi yang tinggi namun juga memiliki ketahanan yang tinggi terhadap organisme pengganggu tanaman seperti hama dan penyakit tanaman serta toleransi yang tinggi terhadap cekaman lingkungan seperti lahan masam.

Perakitan varietas hibrida terdiri dari sejumlah tahapan. Ketersediaan galur tetua homozigot yang dihasilkan baik dari proses inbreeding selama beberapa generasi (*inbred lines*) ataupun ketersediaan galur murni adalah kunci utama untuk dapat merakit varietas hibrida. Tahapan kedua adalah pengujian galur tetua dalam semua kombinasi persilangan. Tidak semua galur tetua mampu menghasilkan hibrida yang baik ketika disilangkan dengan galur lainnya karena kemampuan yang berbeda dari setiap tetua untuk bergabung dengan galur tetua yang lain (*specific combining ability*). Tahapan ketiga adalah tahapan produksi benih yang merupakan penggunaan galur tetua terpilih dalam produksi benih hibrida silang tunggal (Dewi-Hayati *et al*, 2013; Dewi-Hayati, 2018).

Pembentukan Galur *Inbred*

Galur *inbred* atau inbrida adalah galur yang dihasilkan dari penyerbukan sendiri selama beberapa generasi hingga hampir seluruh pasangan alel berada dalam kondisi homozigot. Galur *inbred* dikembangkan dari berbagai populasi dasar dengan harapan diperoleh variabilitas genetik yang luas. Galur *inbred* yang diperoleh perlu dinilai penampilan agronomis dan potensi hasilnya sebelum dipilih sebagai salah satu tetua dalam persilangan untuk perakitan hibrida. Demikian juga dengan evaluasi toleransi dan ketahanan galur *inbred* terhadap cekaman lingkungan untuk mendapatkan hibrida yang tahan dan toleran terhadap cekaman lingkungan.

Pengembangan galur *inbred* dari berbagai populasi dasar dan evaluasi secara berkelanjutan merupakan prosedur yang diperlukan untuk menyediakan galur *inbred* untuk perakitan hibrida. Berbagai galur hasil penyerbukan sendiri yang berasal dari berbagai populasi dasar berbeda seperti varietas hibrida, kultivar lokal dan varietas bersari bebas telah dikembangkan menggunakan seleksi pedigree sejak tahun 2008. Salah satu varietas yang dikembangkan galur *inbred*nya adalah varietas Sukmaraga yang merupakan varietas bersari bebas yang dilaporkan toleran terhadap lahan masam (ICERI, 2008)

Evaluasi terhadap 50 galur generasi lanjut (S₅) dilakukan menggunakan rancangan Augmented menunjukkan bahwa terdapat variabilitas karakter agronomis penting yang luas (Dewi-Hayati dan Nazir, 2010). Variabilitas fenotipik yang luas sangat penting artinya bagi program perakitan varietas karena mengindikasikan efektifitas program seleksi yang tinggi, apalagi jika heritabilitas karakter tersebut juga tinggi sebagaimana hasil evaluasi terhadap 15 galur *inbred* terpilih (Dewi-Hayati *et al*, 2016b).

Seleksi untuk mendapatkan galur *inbred* yang toleran terhadap aluminium dilakukan menggunakan dua metode, yaitu metode pewarnaan dengan hematoxylin dan metode pot. Setiap metode skrining memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing sehingga penggabungan beberapa metode skrining akan memberikan informasi yang lebih baik dalam menyeleksi galur yang toleran terhadap Al.

Metode pewarnaan dengan hematoxylin menggunakan kultur hara dengan *ionic strength* yang rendah sehingga menjadi konsentrasi Al yang digunakan menjadi representatif bagi Al yang ada di dalam tanah (Dewi-Hayati *et al*, 2015). Konsentrasi Al yang digunakan adalah 0, 10, 15 dan 20 μM pada pH 4.3 selama 18 jam. Pewarnaan dengan hematoxylin didasarkan pada adanya pola pewarnaan yang terdapat pada ujung akar kecambah akibat ikatan kompleks antara Al dengan hematin (hasil oksidasi hematoxylin) yang terakumulasi pada symplast. Deteksi secara visual terhadap galur toleran jika pola pewarnaan akar sama dengan yang ditemui pada varietas Sukmaraga, sedangkan sensitif terhadap Al jika warna gelap pada ujung akar sudah ditemui pada perendaman dengan konsentrasi 10 μM Al. Ternyata terdapat variasi tingkat toleransi terhadap Al pada berbagai galur *inbred* yang dievaluasi baik. Beberapa galur konsisten toleran terhadap Al pada kedua metode seleksi (Dewi-Hayati *et al*, 2011a; 2011b).

Mekanisme toleransi terhadap Al pada galur-galur tersebut disebabkan karena mekanisme *avoidance*. Al tidak atau sedikit diabsorpsi oleh akar tanaman sehingga *inbred* yang toleran akan mengakumulasi lebih sedikit Al dibandingkan oleh *inbred* yang sensitif. Salah satu yang menyebabkan Al sedikit diabsorpsi oleh akar menurut Delhaize *et al* (1993) adalah karena dikeluarkannya asam-asam organik seperti asam sitrat oleh akar tanaman yang toleran.

Evaluasi di lapangan yang dilakukan terhadap galur-galur *inbred* yang berasal dari varietas Sukmaraga menunjukkan bahwa level tekanan silang dalam (*inbreeding depression*) pada setiap karakter yang dievaluasi berbeda-beda. Level *inbreeding depression* paling kecil diamati pada hari pembungaan (2 dan 1% lebih lambat untuk masing-masing hari pembungaan jantan dan betina), diikuti oleh tinggi tanaman (19%) dan tinggi letak tongkol (17%). Sedangkan penurunan tertinggi terdapat pada bobot tongkol dan bobot biji per tongkol yang mencapai 70% (Dewi-Hayati *et al*, 2011a). Hasil yang diperoleh ini sejalan dengan Hallauer dan Miranda (1988) yang melaporkan penurunan hasil pada galur *inbred* mencapai 68%, sedangkan penurunan tinggi tanaman mencapai 25%.

Penurunan tinggi tanaman galur-galur *inbred* Sukmaraga yang hanya mencapai 19%, mengindikasikan bahwa karakter tinggi tanaman pada Sukmaraga kurang sensitif terhadap *inbreeding depression* dibandingkan dengan karakter hasil.

Yang menjadi kelebihan selain dari toleransi yang dimiliki oleh *inbred* Sukmaraga adalah tingginya potensi komponen hasil yang dimilikinya. Tingginya salah satu atau beberapa komponen hasil diharapkan akan memberikan hasil biji yang tinggi. Dengan demikian galur-galur *inbred* Sukmaraga potensial yang dihasilkan dari penelitian ini dapat diuji kemampuan daya gabungnya lebih lanjut.

Evaluasi Hasil Persilangan

Prosedur selanjutnya dalam perakitan varietas hibrida adalah melakukan persilangan galur *inbred* terpilih dalam semua kombinasi persilangan yang memungkinkan. Persilangan terhadap galur-galur terpilih dilakukan dalam skim persilangan dialel. Evaluasi hasil persilangan dalam skim dialel bertujuan untuk menilai kemampuan daya gabung (*combining ability*) galur *inbred* tetua dalam menghasilkan hibrida. Daya gabung umum ($GCA = \text{general combining ability}$) merupakan penampilan rata-rata suatu galur dalam semua kombinasi hibridanya atau dalam serangkaian persilangan. Sedangkan daya gabung khusus ($SCA = \text{specific combining ability}$) mengacu pada penampilan suatu tetua pada kombinasi persilangan atau kombinasi hibrida tertentu. Ragam GCA terutama merupakan fungsi dari aksi gen-gen aditif. Sedangkan SCA berkaitan dengan pengaruh gen-gen non-aditif (dominan dan epistasis) (Dewi-Hayati, 2018).

Metode *half diallel* dengan mengevaluasi semua hasil silangan tanpa melibatkan persilangan resiproknya baik dengan mengikuti tetua sebagaimana Griffing Metode 2 atau tanpa melibatkan tetua (Griffing Metode 4) dipilih untuk mengurangi jumlah genotipe hibrida yang harus dievaluasi di lapangan. Akan tetapi, galur tetua tetap ditanam dalam petakan terpisah untuk melihat level heterosis dari setiap hibrida.

Serangkaian evaluasi telah dilakukan terhadap genotipe hibrida yang dihasilkan. Evaluasi daya gabung (*combining ability*) terhadap 6 galur terpilih di lahan masam dalam skim *half diallel* menunjukkan aksi gen-gen aditif dan non-aditif yang sama-sama berperan penting dalam mengontrol hasil jagung di lahan masam. Beberapa hibrida menunjukkan kemampuan daya gabung khusus dan level heterosis yang nyata dan tinggi (Dewi-Hayati *et al*, 2014a). Kombinasi tetua yang menunjukkan daya gabung khusus yang tinggi mengindikasikan bahwa kombinasi persilangan tersebut dapat dievaluasi lebih lanjut untuk pelepasan hibrida. Adapun nilai heterosis yang besar menunjukkan arti bahwa hibrida yang dihasilkan jauh lebih baik daripada kedua tetuanya sehingga berpeluang untuk dikembangkan lebih lanjut menjadi varietas hibrida.

Evaluasi terhadap 36 hibrida yang berasal dari kombinasi persilangan 9 galur *inbred* dalam skim persilangan *half diallel* Griffing metode 4 pada beberapa kondisi kemasaman tanah menunjukkan bahwa tidak ada satupun kombinasi hasil persilangan yang berproduksi baik pada semua kondisi lahan (lahan masam yang sudah diameliorasi dan lahan masam). Hal ini disebabkan karena besarnya interaksi genetik dengan lingkungan tempat evaluasi. Namun demikian diperoleh kombinasi persilangan galur *inbred* yang menunjukkan daya gabung khusus yang baik pada kondisi lahan masam (Dewi-Hayati *et al*, 2014b). Hibrida yang menunjukkan daya gabung khusus yang baik di lahan masam merupakan hibrida yang salah satu tetuanya membawa karakter toleran atau moderat toleran terhadap Al. Hasil ini sejalan dengan yang dilaporkan Dewi-Hayati *et al* (2015) sebelumnya pada kondisi lahan masam di Malaysia. Uji multilokasi menunjukkan bahwa hibrida yang dirakit untuk toleran terhadap lahan masam berproduksi lebih tinggi dibandingkan varietas hibrida komersil ataupun hibrida bersari bebas Sukmaraga sebagai pembanding (Tabel 22).

Tabel 22. Produksi varietas hibrida komersil, varietas Sukmaraga dan varietas hibrida toleran lahan masam pada berbagai lokasi dan tingkat kemasaman tanah

Lokasi dan kemasaman tanah	Produksi (t/ha)		
	Hibrida komersil	Bersari bebas (Sukmaraga)	Rata-rata hibrida harapan
Lahan Ultisol di Padang)	2.47	2.62	3.56
Lahan Ultisol di Padang yg diameliorasi kapur	5.6	5.16	6.05
Lahan Ultisol di Pasaman Barat)	4.59	4.92	5.05
Lahan subur (Andisol) di Pasaman Barat)	9.89	7.85	8.5

Sumber: Dewi-Hayati *et al* (2016)

Analisis terhadap besarnya pengaruh daya gabung umum (general combining ability) dan daya gabung khusus (specific combining ability) menunjukkan bahwa aksi gen aditif dan non-aditif sama-sama berperan dalam mengontrol gen-gen yang terlibat pada pewarisan karakter hasil jagung di lahan masam. Berbagai hasil penelitian memang menunjukkan pentingnya kedua aksi gen tersebut (Pandey *et al*, 1994; Welcker *et al*, 2005).

Evaluasi terhadap berbagai hibrida silang tunggal yang dihasilkan pada dua kondisi lahan yaitu lahan masam dan lahan masam yang diameliorasi konsisten menunjukkan bahwa tidak ada hibrida yang berproduksi tinggi pada semua kondisi tanah. Rangking hibrida terbaik berbeda-beda pada setiap kondisi kemasaman tanah (Dewi-Hayati *et al*, 2016), mengindikasikan adanya interaksi genetik dengan lingkungan yang besar. Dengan demikian varietas hibrida yang dirilis tentu harus mempertimbangkan lagi kondisi spesifik lokasi.

IV. TEKNOLOGI PRODUKSI JAGUNG DI LAHAN MASAM

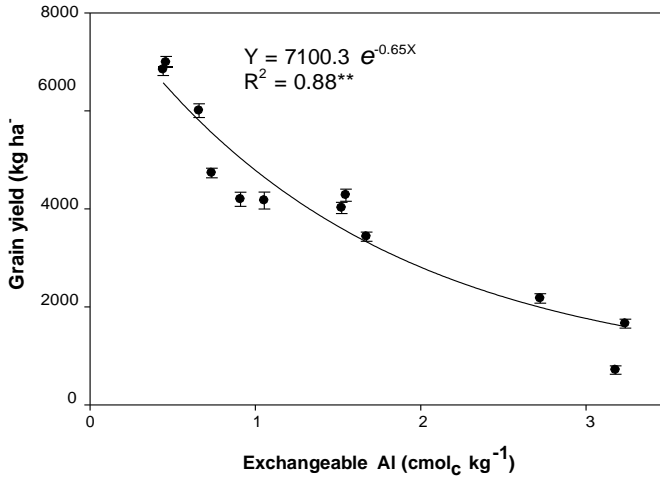
Lahan masam yang sangat luas di Indonesia umumnya dimanfaatkan untuk perkebunan serta Hutan Tanaman Industri (HTI). Tanaman perkebunan seperti sawit dan karet ataupun tanaman HTI lebih toleran terhadap kemasaman tanah dibandingkan dengan tanaman pangan seperti jagung. Namun demikian pengembangan atau perluasan areal jagung pada lahan-lahan masam ini memiliki potensi yang besar, walaupun tentu saja banyak permasalahan mengenai rendahnya kesuburan lahan masam ini.

Produksi tanaman jagung menurun dengan semakin meningkatnya konsentrasi aluminium dalam tanah. Konsentrasi Al yang tinggi, yang sangat fitotoksik bagi tanaman bahkan menyebabkan tanaman tidak mampu menghasilkan biji. Penurunan hasil tanaman jagung tersebut berlangsung secara eksponensial sebagaimana Gambar 18 berikut ini.

Produksi jagung yang rendah di lahan masam disebabkan karena faktor pembatas dari keracunan aluminium dan mangan, defisiensi kalsium, magnesium, fosfor dan unsur-unsur hara mikro, serta cekaman air yang muncul dari kemasaman yang terjadi pada lapisan subsoil (Shamshuddin & Ishak, 2010). Oleh karena itu penanaman jagung di lahan masam membutuhkan paket teknologi yang berbeda dibandingkan dengan penanaman jagung di lahan subur. Teknologi yang dibutuhkan tentu adalah untuk memperbaiki kondisi lahan agar menjadi sesuai untuk budidaya jagung selain dari penggunaan varietas yang toleran terhadap lahan masam.

Ameliorasi Tanah Masam

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produksi jagung di lahan masam antara lain adalah pemberian kapur dan pemberian bahan organik. Berbagai hasil penelitian dan penerapan di lapangan menunjukkan bahwa pemberian kapur dapat mengalevisasi bentuk-bentuk Al yang dominan dalam tanah masam yaitu Al_3^+ dan $AlSO_4^+$ (Ismail *et al*, 1993).



Gambar 18. Hubungan antara penurunan hasil tanaman jagung dengan peningkatan Al-dd (Sumber: Dewi-Hayati *et al*, 2018)

Akar tanaman hanya mengumpul pada bagian atas (*top soil*) pada kondisi lahan masam sebab unsur-unsur hara yang dilepaskan dari Al kompleks seperti unsur Ca dan Mg hanya terinkorporasi di lapisan top soil. Akibatnya akar tidak dapat menembus lapisan sub soil sehingga tanaman seolah-olah mengalami cekaman kekeringan. Pemberian gypsum bersama dengan kapur lebih efektif dalam mengameliiorasi kemasaman tanah di lapisan sub soil (Shamshuddin & Ismail, 1995).

Konsentrasi Al kritis dalam tanah bagi pertumbuhan jagung pada tanah masam yang mengalami proses pencucian lanjut seperti Ultisol adalah 22 μM . Pemberian kapur takaran tinggi malah dapat menyebabkan efek negatif terhadap unsur hara mikro yang bisa menjadi tidak tersedia. Maka dari itu, pemberian kapur dengan takaran 2 t/ha pada saat pengolahan lahan dianggap aman untuk budidaya jagung di lahan masam (Shamshuddin & Ishak, 2010).

Upaya lain yang dapat dilakukan untuk mengameliorasi tanah masam adalah dengan pemberian bahan organik. Pada tanah masam dengan ordo Ultisol atau Oxisol, bahan organik berkisar dari 1 – 2% dan sering tidak mencukupi bagi pertumbuhan tanaman (Shamshuddin & Ishak, 2010). Ini artinya semakin tinggi takaran bahan organik diberikan ke dalam tanah, tentu semakin baik bagi tanah. Bahan organik tidak saja memperbaiki sifat kimia tanah, namun juga memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah.

Hanya saja banyaknya bahan organik yang sanggup disediakan untuk meningkatkan produktivitas lahan yang sangat luas tentu menjadi permasalahan lain. Selain itu menurut Shamshuddin & Ishak (2010) komposisi kimia bahan organik dan efikasi bahan organik sebagai amelioran ikut menentukan.

Berkaitan dengan bahan organik ini, teknik pemanenan jagung dengan cara tebang dan bakar di beberapa lokasi di Sumatera Barat seperti Kabupaten Pasaman Barat merupakan praktek budidaya yang paling tidak ramah lingkungan. Di samping memberikan kualitas hasil panen yang rendah, praktek pembakaran membuang peluang pengembalian bahan organik ke dalam tanah yang penting untuk menjaga tingkat kesuburan tanah.

Pengelolaan Lahan

Penanaman jagung di lahan masam tidak hanya mengalami permasalahan dari tingginya cekaman Al dan rendahnya tingkat kesuburan tanah, namun juga dari pengelolaan lahan masam yang harus disesuaikan dengan tipologi lahan. Apalagi ketika jagung dipilih sebagai tanaman sela pada lahan sawit yang sedang melakukan peremajaan (1 – 4 tahun). Lahan sawit pada umumnya memiliki kontur berbukit dan bergelombang sehingga pengelolaan lahan untuk tanaman jagung dengan tetap memperhatikan konservasi lahan menjadi penting.

Kajian untuk melihat sifat fisika dan kimia tanah sebagai akibat dari teknik pengelolaan Ultisol di lahan sawit yang sedang peremajaan telah dilakukan di Batang Tongar, Pinagar, Kabupaten Pasaman Barat tahun 2015. Pengolahan tanah yang dilakukan terdiri atas pengolahan tanah intensif (sempurna), olah tanah minimum dan tanpa olah tanah. Teknik ameliorasi yang diberikan adalah pemberian kapur dan bahan organik (Prasetyo & Dewi-Hayati, 2019). Hasil kajian menunjukkan bahwa:

1. Penambahan kapur maupun bahan organik dapat memperbaiki sifat fisika tanah terutama pori makro dan permeabilitas tanah, serta sifat-sifat kimia ultisol
2. teknik pengolahan tanah intensif maupun pengolahan tanah minimum dengan penambahan kapur ataupun bahan organik memberikan respon yang sama terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung

Dengan demikian pengolahan tanah intensif maupun minimum disarankan dibarengi dengan penambahan kapur 1x Al-dd ataupun bahan organik sebesar 10 t/ha untuk menghasilkan pertumbuhan jagung yang baik di lahan sawit yang bereaksi masam.

V. PENUTUP

Teknologi perakitan varietas, dalam hal ini perakitan varietas hibrida toleran lahan masam dan teknologi produksi jagung di lahan masam merupakan beberapa alternatif yang ditawarkan untuk meningkatkan produksi jagung nasional. Teknologi tersebut merupakan teknologi *on farm* yang melibatkan adopsi petani. Ada banyak lagi permasalahan yang lebih kompleks berkaitan dengan upaya peningkatan produksi jagung nasional demi menjadikan Indonesia sebagai lumbung pangan dunia pada tahun 2045.

REFERENSI

- Atman, 2015. Produksi jagung. Strategi meningkatkan produksi jagung. Plantaxia, Jogjakarta.
- BPS, 2016. Outlook komoditas pertanian tanaman pangan jagung 2016. Kementerian Pertanian. Jakarta
- Cancado GMA, Loguercio LL, Martins PR, Parentoni SN, Paiva E, Borém A & Lopes MA. 1999. Hematoxylin staining as a phenotypic index for aluminum tolerance selection in tropical maize (*Zea mays* L.). Theor. Appl. Gen. 99:747-754.
- Delhaize E, Ryan PR & Randall PJ. 1993. Aluminum tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.): II. Aluminum-stimulated excretion of malic acid from root apices. Plant Physiol. 103:695-702.
- Dewi Hayati PK, Saleh G, Shamshuddin J & Napis S. 2006. Screening and selection of acid soil tolerant inbred lines in maize. In Omar D, Lau WH, Panandam JM, Musa MH, Kamrudin MS, Hussein MA, Ismail MR & Tee TP (eds). Proceeding of Agriculture Congress 2006: Agriculture for life and wealth creation. Serdang, Selangor, Malaysia
- Dewi-Hayati PK & Armansyah, 2011a. Penampilan agronomis dan hasil serta toleransi terhadap aluminium beberapa galur inbred jagung yang berasal dari varietas Sukmaraga. Dalam Swasti E, Syukur M, Sutoyo & Fauza H. Prosiding Seminar Nasional PERIPI. Padang. p.23-30
- Dewi-Hayati PK & Nazir A. 2010. Evaluasi dan seleksi galur inbred jagung (*Zea mays* L.) generasi lanjut untuk perakitan hibrida. LPPM Universitas Andalas [Laporan Penelitian]
- Dewi-Hayati PK, 2017. Laporan kegiatan pendampingan upsus swasembada pangan – SIWAB di Kabupaten Pasaman dan Pasaman Barat. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. 37 hal
- Dewi-Hayati PK, 2018. Analisis rancangan dalam pemuliaan tanaman: Penerapan statistika dalam bidang pemuliaan tanaman. Andalas University Press

- Dewi-Hayati PK, Armansyah & Satria B. 2013. Pemuliaan dan teknologi produksi tanaman jagung. Buku Ajar. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. 115 hal
- Dewi-Hayati PK, Efendi S, Rahmi ID & Saputra R, 2018. Pemberdayaan masyarakat nagari persiapan Giri Maju, Kabupaten Pasaman Barat dengan inovasi dan teknologi pengolahan jagung. *Bul. Ilmiah Nagari Membangun* 1(3):1-14
- Dewi-Hayati PK, Nazir A & Armansyah, 2011b. Penampilan agronomis dan hasil serta toleransi terhadap aluminium beberapa galur inbred jagung yang berasal dari varietas Sukmaraga. *J. Agrotropical* 1(2):1-9
- Dewi-Hayati PK, Prasetyo TB & Syarif A, 2014a. Evaluasi hibrida dan kemampuan daya gabung beberapa galur inbred jagung di lahan masam. *J. Agroteknologi* 4(2):39-43
- Dewi-Hayati PK, Rahma H, Fitmawati & Anwar AA. 2016b. Penampilan dan variabilitas karakter agronomis beberapa galur inbred jagung. *Dalam* Rosmaina, Isnaini, Fitmawati, Hidayati & Isda MN (ed). *Prosiding Seminar Nasional PERIPI*, Pekanbaru. p.421-425
- Dewi-Hayati PK, Saleh GS, Shamshuddin J, 2015. Breeding of maize for acid soil tolerance: heterosis, combining ability and prediction of hybrid based on SSR markers, Scholar's Press, OmniScriptum GmbH&Co, Saarbrücken, Germany
- Dewi-Hayati PK, Sutoyo & Teguh BP. 2016a. Performance of single-cross hybrids from diverse combination of parental inbred lines in Acid soil Condition. *Proceeding of the USR International Seminar on Food Security Vol 2*. Bandar Lampung, p.296-304
- Dewi-Hayati PK, Sutoyo, Syarif A & Prasetyo T. 2014b. Performance of maize single-cross hybrids evaluated on acidic soils. *Inter. J. on Adv. Sci. Eng. Inf. Tech.* 4(3):31-33
- Doebley JF. 1990. Molecular systematics of *Zea* (Gramineae). *Maydica* 35:143-150.
- Doebley JF. 2003. The taxonomy of *Zea*. <http://www.teosinte.wisc.edu/taxonomy.html> .

- Dowswell CR, Paliwal RL & Cantrel RP. 1996. *Maize in the third world*. Westview Press Inc., Colorado.
- Duvick DN. 1999. Commercial strategies for exploitation of heterosis. In J.G. Coors and S. Pandey (eds.). *The genetics and exploitation of heterosis in crops*. ASA, CSS and SSSA. Madison, Wisconsin. p.295-304.
- Fehr WR. 1987. Principles of cultivar development: Theory and techniques. Vol. 1. MacMillan Pub. Co. New York. 536p.
- Freddy IM & Gupta GEK, 2018. Strengthening food security policy: Reforms on hybrid maize seeds delivery mechanism, center for indonesian policy studies (CIPS). 16p. www.cips-indonesia.org
- Geiger HH. 2009. Doubled Haploids. In Bennetzen JL, Hake S (eds.) *Maize Handbook - Volume II: Genetics and Genomics*. Springer Science and Business Media. New York. p. 641-657.
- Goodman MM. 1988. The histology and evolution of maize. *CRC Critical Review in Plant Science*. 7:197-220.
- Hallauer AR & Miranda JB. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. 2nd Ed. Iowa State Univ. Press. Iowa. 468p.
- Hallauer AR. 2004. Specialty corns. In Smith CW, Betran J & Runge ECE (eds.) *Corn*. John Wiley & Sons, Inc. p.897-949.
- Hardjowigeno S. 2005. Genesis dan klasifikasi tanah [Genesis and soil classification]. Fakultas Pasca Sarjana IPB, Bogor, Indonesia.
- Haryono. Maize for food, feed, and fuel in Indonesia: challenges and opportunity. In: *Proceedings of the International Maize Conference*, Sulawesi, Indonesia, 2012, p. 3-9.
- ICERI. 2008. *The book of innovation of maize technology*. Indonesian Cereals Research Institute, Maros. p.32
- Ismail H, Shamshuddin J & Syed Omar SR. 1993. Alleviation of soil acidity in Ultisol and Oxisol for corn growth. *Plant and Soil* 151: 55-65.
- Matsuoka Y, Mitchell SE, Kresovich S, Goodman M & Doebley J. 2002. Microsatellites in *Zea* – variability, patterns of mutations and use for evolutionary studies. *Theor. Appl. Gen.* 104:436-450.

- Pandey S, Ceballos H, Magnavaca R, Bahía Filho AFC, Vargas DJ & Vinasco LE. 1994. Genetics of tolerance to soil acidity in tropical maize. *Crop Sci.* 34:1511-1514.
- Panikkai S, Nurmalina R, Mulatsih S & Purwati H. 2017. Analisis ketersediaan jagung nasional menuju swasembada dengan pendekatan model dinamik. *Informatika Pertanian*, 26(1): 41-48
- Poehlman JM. 1987. *Breeding field crops*. 3rd Ed. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Polle E, Konzak CF & Kittrick JA. 1978. Visual detection of aluminum tolerance levels in wheat by hematoxylin staining of seedling roots. *Crop Sci.* 18:823-827.
- Prasetyo TB & Dewi-Hayati PK, 2019. Management effects of ultisol on soil physical and chemical properties as well as maize growth in oil palm replanting area. *Asian J. Agric. & Biol.* [Accepted]
- Shah TR, Prasad K & Kumar P. 2016. Maize – A potential source of human nutrition and health: A review. *Cogent Food & Agric.* 2:1-9.
- Shamshuddin J & Ismail H. 1995. Reactions of ground magnesium limestone and gypsum in soils with variable-charge minerals. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59:106-102.
- Shamshuddin, J & Ishak CF. 2010. *Weathered tropical soils. The ultisol and oxisol*. UPM Press. 147 p.
- Subagyo H, Suharta N & Siswanto AB. 2000. *Tanah-tanah pertanian di Indonesia*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor, Indonesia.
- Sulaiman AA, Kariyasa K, Hoerudin, Subagyo, Suwandi & Bahar FA. 2017. *Cara cepat swasembada jagung*. Sekjen Kementan RI. 127 hal
- USDA FAS. 2018. Indonesia grain and feed annual report. https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Grain%20and%20Feed%20Annual_Jakarta_Indonesia_3-29-2018.pdf

- Utomo, DB. Indonesian maize production and trading for feed. *In*: Proceedings of the International Maize Conference, Sulawesi, Indonesia, 2012, p. 53-57.
- Welcker C, Thé C, Andréau B, De Leon C, Parentoni SN, Bernal J, Félicité J, Zonkeng C, Salazar F, Narro L, Charcosset A & Horst WJ. 2005. Heterosis and combining ability for maize adaptation to tropical acid soils: Implications for future breeding strategies. 2005. *Crop Sci.* 45:2405-2413.
- Wilkes G. 2004. Corn, strange and marvelous: but is a definitive origin known? *In* Smith CW, Bétran J & Runge ECE (eds.). Corn. John Wiley and Sons, Inc. p.3-63.

III

Potensi Diversifikasi Pangan

- 3.1. Potensi Beras Merah Sumatera Barat dan Kesehatan di Masa Depan
- 3.2. Talas: Keanekaragaman Jenis dan Potensinya sebagai Pangan Alternatif di Sumatera Barat

Potensi Beras Merah Sumatera Barat dan Kesehatan di Masa Depan

Indra Dwipa

*Dosen bidang Tanaman Pangan dan Perkebunan Jurusan Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang
e-mail: indradwipa@agr.unand.ac.id; 1965indradwipa@gmail.com*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan terhadap pangan merupakan kebutuhan mendasar bagi setiap manusia yang hidup di permukaan bumi ini. Pangan merupakan sumber karbohidrat yang merupakan sumber energi bagi makhluk hidup khususnya manusia. Kebutuhan mendasar membuat manusia selalu berusaha memenuhi kebutuhan pokok tersebut untuk melanjutkan kehidupannya. Sumber karbohidrat bagi manusia beraneka ragam tergantung lokasi geografis suatu daerah. Di benua Eropa, masyarakat menjadikan kentang dan gandum dengan berbagai produk olahannya sebagai sumber karbohidrat mereka sedangkan di Afrika masyarakat disana menggunakan jagung dan sorghum sebagai sumber karbohidrat mereka. Untuk masyarakat di Amerika Latin, mereka menggunakan kentang dan singkong dan Asia bagian Timur, Selatan dan Tenggara menggunakan beras sebagai sumber karbohidrat.

Beras merupakan bahan pangan pokok sebagian besar penduduk dunia terutama di wilayah Asia Timur dan Tenggara. Bagi penduduk Indonesia, beras merupakan makanan utama dan menjadi komponen penting dalam sistem ketahanan dan kedaulatan pangan nasional. Hal ini disebabkan karena beras sebagai penyumbang utama dalam kecukupan energi rakyat Indonesia. Indrasari *et al.* (1997) menyatakan bahwa beras menyumbang 63% terhadap total kecukupan energi, 38% terhadap kecukupan protein dan 21,5% terhadap kecukupan besi. Adapun di negara lain dimana beras merupakan

makanan pokok sebagian besar penduduknya, beras menyumbang 40-55% terhadap total kecukupan zat besi bagi masyarakat berpenghasilan rendah (Bouis *et al.*, 2000).

Kebutuhan akan beras semakin hari semakin meningkat karena bertambahnya jumlah penduduk di muka bumi ini. Pertambahan penduduk cenderung meningkat di perkotaan sedangkan di wilayah kota terutama di kota-kota besar, lahan persawahan semakin menipis, bahkan tidak ada. Hal ini menyebabkan kebutuhan akan beras tergantung pada lahan sawah di pedesaan. Asupan karbohidrat yang selama ini yang dikonsumsi terutama oleh masyarakat perkotaan adalah beras putih (nasi).

Masyarakat perkotaan yang secara umum bergerak di bidang jasa dengan jadwal yang padat membuat mereka jarang berolahraga. Asupan kalori yang masuk ke tubuh yang tidak diimbangi dengan olahraga membuat tubuh mengalami banyak masalah terutama obesitas.

Obesitas terjadi karena ketika kita mengonsumsi makanan yang banyak mengandung kalori dengan tidak diimbangi dengan aktivitas fisik yang sesuai. Kalori yang tidak berubah menjadi energi dan kalori yang tidak terpakai tersebut disimpan dalam bentuk lemak dalam tubuh. Kelebihan berat badan atau obesitas akan memicu munculnya penyakit pada tubuh manusia terutama penyakit jantung. Penyakit jantung merupakan pembunuh utama bagi masyarakat yang tinggal di daerah perkotaan dan penyebab kematian tertinggi setelah stroke yakni sebesar 12% (Sample Registration System, 2017). Tingginya kalori yang dikandung beras putih yang tidak diimbangi dengan olahraga, mendesak kaum urban untuk memikirkan sumber karbohidrat yang rendah kalori namun masih berupa sejenis beras karena mengubah perilaku mengonsumsi beras ke bahan selain beras sangat sulit karena sudah menjadi kebiasaan masyarakat kita. Selain itu, saat ini Indonesia masih menghadapi empat masalah gizi utama yaitu kurang energi protein, anemia gizi besi, kurang vitamin A, dan gangguan akibat kurang yodium. Selain permasalahan prevalensi gizi, berbagai penyakit degeneratif antara lain jantung koroner, diabetes,

dan hipertensi juga semakin meningkat. Penyebab langsung dari masalah tersebut baik gizi kurang maupun gizi lebih adalah ketidakseimbangan antara asupan makanan. Oleh sebab itu perlu tersedia bahan pangan yang bergizi dan bersifat fungsional bagi tubuh.

Para pemulia (*Breeders*) sebenarnya telah memikirkan solusi terhadap permasalahan tersebut dan telah meneliti bagaimana merakit suatu varietas padi selain beras putih yang rendah kalori dan mengandung vitamin dan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh. Perkembangan teknologi terutama bioteknologi di bidang molekuler telah membantu para pemulia tersebut untuk mendapatkan apa yang diinginkan. Beberapa jenis beras yang rendah kalori serta mengandung vitamin dan mineral yang dibutuhkan tubuh telah dihasilkan oleh para pemulia. Beberapa jenis beras yang telah dihasilkan tersebut yaitu *Golden rice*, beras hitam dan beras merah.

Golden rice merupakan produk bioteknologi yang dihasilkan melalui rekayasa genetika dengan mensintesis beta-karoten, sebuah prekursor vitamin A yang terkandung dalam beras (Tang, 2009). Vitamin A berperan dalam perkembangan berbagai kinerja organ tubuh seperti mata, kulit, pertumbuhan dan sistem kekebalan tubuh (Akram *et al.*, 2011). Ide *golden rice* muncul dari keprihatinan yang dijumpainya pada banyak anak-anak, terutama di Asia dan Afrika yang menderita kekurangan vitamin A. Kekurangan vitamin A menyebabkan kebutaan dan memperburuk penderita diare, sakit pernafasan dan cacar air. Dari permasalahan inilah *golden rice* ini dihasilkan. Nama *golden rice* diberikan karena butiran yang dihasilkan berwarna kuning seperti emas.

Permasalahan utama yang dihadapi dalam memperbanyak beras ini adalah biaya yang dibutuhkan besar sehingga hasil yang diperoleh tidak sebanding dengan biaya produksi. Hal ini disebabkan karena *golden rice* hanya bisa diproduksi melalui rekayasa genetika karena tidak ada plasma nutfah padi yang mampu menyintesis karotenoid. Biaya tinggi yang diperlukan memproduksi *golden rice* membuat para pemulia mencari alternatif lain yang masih dari jenis padi untuk bisa digunakan sebagai alternatif pengganti beras putih.

Alternatif lain yang masih dari golongan beras, maka pilihan tersebut jatuh pada beras merah. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa beras merah merupakan alternatif yang bisa dijadikan untuk menjawab permasalahan yang ada. Selain itu, plasma nutfah beras merah juga sudah banyak ditemukan sehingga sumber daya padi beras merah ini untuk diproduksi melimpah dan tentu saja biaya yang dibutuhkan untuk produksi padi ini jauh lebih murah.

Beras merah merupakan butir beras pecah kulit (setelah gabah dikupas) yang berwarna merah karena sifat varietas padi asalnya. Umumnya rasa beras ini lebih pera dari beras putih walaupun ada juga yang pulen, namun secara keseluruhan sulit dibedakan. Keunggulan beras ini ada pada kadar kalori dan seratnya yang lebih tinggi, hal inilah yang menyebabkan teksturnya terasa kasar di lidah setelah dimasak. Beras merah mungkin rasanya tidak se enak beras biasa. Namun, beras merah telah direkomendasikan bagi para penderita diabetes. Itu karena kadar glukosanya atau kadar gulanya tidak setinggi beras biasa. Di Indonesia telah dilepas lebih dari 180 varietas unggul padi, tetapi baru satu yang berasnya berwarna merah. Itu pun tidak berkembang, padahal beras merah bergizi tinggi dan kalau dikonsumsi secara teratur dapat mencegah berbagai penyakit (Suardi, 2005).

Walaupun hanya baru satu varietas beras merah yang baru dilepaskan secara nasional, hal yang menggembirakan datang dari Sumatera Barat. Sempat saat tulisan ini dibuat, telah ditemukan 30 jenis beras merah yang tersebar di Kabupaten/Kota di Provinsi ini. Hasil ini merupakan berita bagus untuk mengembangkan beras ini untuk tujuan mengatasi permasalahan-permasalahan yang telah disinggung di atas. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa beberapa genotipe beras merah ini juga memiliki produksi yang tinggi dan tahan terhadap OPT utama tanaman padi yaitu hama wereng batang cokelat (WBC) dan penyakit blast. Gangguan OPT merupakan permasalahan utama dalam penurunan produksi padi di dunia khususnya Indonesia. OPT padi terutama WBC bisa menurunkan hasil produksi padi hingga 100% di Sumatera Barat (Taurislina, 2015). Selain

itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penyakit blast bisa menurunkan hasil produksi padi hingga 70% dan pada padi yang rentan bisa menurunkan hasil hingga 90% (Suriani *et al.*, 2015). Selain dari cekaman biotik, cekaman abiotik juga menjadi permasalahan dalam budi daya padi. Cekaman tersebut umumnya berasal dari Al dan Fe. Baik aluminium dan besi, keduanya sering menyebabkan tanaman padi mengalami keracunan di seluruh dunia.

Di dunia ini, setiap permasalahan pasti selalu memiliki solusi. Begitu juga dengan tanaman. Sudah menjadi hukum alam bahwa walaupun ada cekaman baik biotik dan abiotik, pasti ada beberapa jenis padi dan tentu saja dalam hal ini padi beras merah yang tahan terhadap kedua jenis cekaman tersebut. Tugas dari pemulia adalah mencari dan merakit varietas-varietas yang tahan tersebut. Dengan adanya beberapa genotipe yang tahan terhadap kedua jenis OPT dan cekaman abiotik seperti Al dan Fe ini tentu menjadi material genetik penting bagi pengembangan beras merah. Selanjutnya para agronomis dapat mengembangkan paket teknologi bagi produksi beras merah sehingga sinergi dari kedua bidang pemulia dan agronomi dapat mengembangkan beras merah pada berbagai agroekosistem.

Selain memiliki sifat unggul agronomi yang alamiah, sifat unggul agronomi beras merah juga bisa direkayasa dengan teknologi seperti iradiasi sinar gama. Sari *et al.* (2018) telah melaporkan bahwa dengan menggunakan iradiasi sinar gama, genotipe genjah padi beras merah bisa diperoleh. Hasil ini juga memungkinkan bahwa dengan bantuan teknologi, sifat unggul beras merah lainnya bisa diperoleh seperti ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik dan tentu saja mengandung gizi yang tinggi.

Keunggulan-keunggulan beras merah yang telah dijelaskan di atas tadi menjelaskan bahwa pilihan beras merah sebagai alternatif pengganti beras putih sudah tepat. Tugas kita selanjutnya adalah bagaimana mendiseminasikan keunggulan-keunggulan beras ini kepada masyarakat. Perlu dirancang strategi pengembangan beras merah ini ke depannya agar beras ini menjadi pilihan utama dalam memenuhi kebutuhan masyarakat akan sumber karbohidrat utama.

II. BERAS MERAH SUMATERA BARAT, KANDUNGAN GIZI DAN KESEHATAN DI MASA DEPAN

Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang dilalui oleh garis khatulistiwa yang menyebabkan daerah ini memiliki iklim yang spesifik yakni iklim hutan tropika basah (*Tropical rain forest*). Tropical rain forest memiliki ciri-ciri hujan turun sepanjang tahun dengan penyebaran merata. Kondisi iklim ini menyebabkan Sumatera Barat menyimpan sumber keragaman genetik yang eksotik dan bernilai ekonomi tinggi. Banyak plasma nutfah flora dan fauna yang tersimpan di hutan Sumatera Barat dan salah satunya adalah tanaman padi. Padi yang produk turunannya berupa beras merupakan makanan pokok atau sumber karbohidrat bagi masyarakat Sumatera Barat. Budi daya tanaman padi di Sumbar dapat dilakukan di dataran rendah (sawah), dataran tinggi, lahan kering (gogo) dan lahan rawa/pasang surut.

Salah satu jenis padi yang ditemukan di Sumatera Barat adalah beras merah. Beras merah yang akhir-akhir ini digemari oleh kaum urban terutama yang sadar akan kesehatan. Pada saat ini konsumsi beras merah hanya terbatas pada kelas masyarakat berpenghasilan menengah ke atas karena selain orang-orang tersebut sadar akan kesehatan, harga beras merah lebih mahal dibandingkan beras putih. Beras merah mengandung kalori lebih rendah dibandingkan beras pada umumnya (Varshini *et al.*, 2013). 100 gram beras merah mengandung 7.5 g protein, 0.9 g lemak, 77.6 g karbohidrat, 16 mg kalsium, 163 mg fosfor, 0.3 g besi, 0.21 mg vitamin B₁, dan antosianin (Pletch dan Hamaker, 2018). Hasil penelitian lain melaporkan bahwa serat yang dikandung beras merah lebih banyak dibandingkan beras putih. Satu gelas merah mengandung 218 kalori, 4,5 g protein, 1,8 g lemak, 3,5 g serat dan 45,8 g karbohidrat. Dengan porsi yang sama, beras putih mengandung 242 kalori, 4,4 g protein, 0,4 g lemak, 53,2 g karbohidrat dan 0,6 g serat (Mohan *et al.*, 2014; Rohman *et al.*, 2014).

Dari sisi vitamin, beras merah merupakan sumber thiamin, niacin dan vitamin B₆ yang baik. Pada satu porsi beras merah

mengandung 0,2 mg thiamin, 2,6 gram niacin dan 0,3 g vitamin B6. untuk beras putih yang dijual di pasaran kini menambahkan B6 yang umumnya hilang pada masa pengolahan. Vitamin B ini penting untuk menjaga kesehatan kulit dan rambut. Untuk mineral, setiap porsi beras merah memiliki kandungan 86 mg magnesium (22% dari anjuran asupan harian) dan 150 mg fosfor (15% dari anjuran asupan harian) (Upadhyay dan Karn, 2018). Sedangkan beras putih hanya menyumbang 24 mg magnesium dan 69 mg fosfor. Magnesium penting menjaga imunitas, jantung yang merupakan pembunuh utama terutama bagi masyarakat urban dan saraf. Sementara fosfor berperan dalam menjaga kesehatan fungsi ginjal, tulang dan gigi (Schwalfenberg dan Genuis, 2017). Berbagai tampilan beras tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 19. Tampilan berbagai jenis beras. a). *golden rice*; b) beras merah; c) beras hitam, d) beras putih

Berdasarkan jurnal yang dipublikasikan di International Journal of Food Science and Nutrition tahun 2012, orang yang mengkonsumsi beras merah memiliki kadar gula darah lebih rendah setelah makan dibandingkan dengan beras putih. Hal ini disebabkan indeks glikemik beras merah lebih rendah (55) dibandingkan beras

putih (86). Hal ini disebabkan oleh kandungan serat, polifenol dan *phytic acid* yang lebih tinggi pada beras merah (Trinidad *et al.*, 2012).

Indeks glikemik adalah kemampuan suatu makanan untuk meningkatkan kadar gula dalam darah. Indeks glikemik yang rendah mengindikasikan makanan tersebut lebih sehat dan aman untuk dikonsumsi penderita diabetes (Venn & Green, 2007). Penyakit diabetes merupakan salah satu penyakit yang berbahaya dan mematikan setelah penyakit stroke dan jantung. Penyakit ini merupakan penyakit jangka panjang atau kronis dengan kadar gula (glukosa) yang lebih tinggi diatas normal. Penyebab penyakit diabetes adalah gangguan kemampuan tubuh menggunakan glukosa kedalam sel sehingga glukosa menumpuk dalam darah. Penyakit ini terbagi atas 2 tipe yaitu tipe 1 dan tipe 2. Pada diabetes tipe 1, gangguan ini disebabkan karena pankreas tidak dapat memproduksi insulin (Ndisang *et al.*, 2017). Untuk diabetes tipe 2, gangguan ini terjadi akibat tubuh tidak efektif menggunakan insulin atau kekurangan insulin yang relatif dibandingkan kadar glukosa darah. Kadar glukosa yang tinggi ini dapat merusak pembuluh darah kecil di ginjal, jantung, mata, dan sistem saraf, sehingga mengakibatkan berbagai komplikasi. Maka tidak heran jika penderita diabetes mengalami penyakit berbahaya seperti yang telah dijelaskan diatas. Jadi intinya penyakit diabetes ini disebabkan oleh tidak berfungsinya insulin dengan baik didalam tubuh.

Pertanyaan yang muncul adalah mengapa insulin ini berperan penting dalam penyakit diabetes ini. Insulin adalah hormon yang berfungsi untuk mengubah gula menjadi energi. Setiap sel pada tubuh memerlukan gula untuk bekerja. Namun, sel-sel tidak dapat langsung mengubah gula menjadi energi. Maka dari itu, saat kita makan dan kadar gula dalam darah Anda meningkat, pankreas memberi sinyal untuk melepaskan insulin ke aliran darah. Hormon insulin membantu sel menyerap glukosa dari aliran darah dengan menempelkan diri ke sel-sel dan memberi sinyal sel untuk menyerap gula. Insulin juga membantu menyimpan gula di hati (*liver*) apabila kadar gula darah terlalu sedikit. Ini karena fungsi insulin adalah memastikan kadar gula

tetap berada dalam rentang yang normal. Apabila karena beberapa alasan pankreas tidak menghasilkan insulin yang cukup atau sel-sel kebal terhadap insulin, tubuh akan mengalami komplikasi jangka panjang dari hiperglikemia atau hipoglikemia. Jika produksi insulin ini terganggu, maka hal inilah penyebab penyakit diabetes baik tipe 1 dan tipe 2.

Terdapat perbedaan risiko diantara diabetes tipe 1 dan 2. diabetes tipe 1 bisa diwariskan sehingga keturunan penderita diabetes tipe ini memiliki kemungkinan mengidap penyakit ini. Sedangkan diabetes tipe 2, pemicunya adalah obesitas atau kelebihan berat badan. Pada penderita diabetes tipe 2, pankreasnya sebenarnya menghasilkan insulin dalam jumlah yang cukup untuk mempertahankan kadar glukosa darah pada tingkat normal, namun insulin tersebut tidak dapat bekerja maksimal membantu sel-sel tubuh menyerap glukosa karena terganggu oleh komplikasi-komplikasi obesitas, salah satunya adalah kadar lemak darah yang tinggi (terutama kolesterol dan trigliserida). Karena tidak efektifnya kerja insulin membantu penyerapan glukosa oleh sel-sel tubuh maka pankreas akan berusaha menghasilkan lebih banyak insulin. Lama-kelamaan karena dipaksa untuk menghasilkan insulin secara berlebihan secara terus-menerus, akhirnya kemampuan pankreas untuk menghasilkan insulin semakin berkurang. Kondisi ini disebut resistensi insulin (*insulin resistance*). Resistensi insulin merupakan faktor risiko seseorang dapat mengalami diabetes tipe 2 (Ndisang *et al.*, 2017).

Salah satu cara untuk mengurangi kemungkinan mengalami obesitas adalah dengan mengganti beras putih dengan beras merah yang mengandung kalori yang lebih rendah. Dengan mengganti sumber karbohidrat dengan beras merah, itu berarti dapat membantu kita dalam menurunkan berat badan karena alasan di atas yaitu menyumbang kalori lebih sedikit. Hal ini merupakan berita yang menggembirakan bagi penderita diabetes. Dengan kalori yang rendah dan indeks glikemik yang rendah sehingga bagi penderita diabetes, ini sangat membantu dalam penyembuhan. Karena salah satu cara untuk menyembuhkan penyakit ini adalah dengan mengganti makanan

dengan rendah kalori. Jika mengganti nasi dengan makanan selain nasi sebagai sumber karbohidrat, tentu akan sangat menyiksa. Untuk itu, beras merah merupakan solusi yang tepat bagi penderita penyakit ini. Selain itu, beras merah yang mengandung serat lebih tinggi membantu kita lebih cepat kenyang dan tidak makan berlebihan dan tentu meminimalisir kemungkinan terkena penyakit diabetes karena kadar gula darah tidak melebihi batas normal yang merupakan penyebab penyakit yang mematikan ini.

Salah satu keunggulan yang dikandung oleh beras merah yang tidak dimiliki oleh beras pada umumnya adalah antosianin. Antosianin merupakan suatu pigmen yang terdapat pada tumbuhan yang berperan sebagai antioksidan (Khoo *et al.*, 2017). Escribano *et al.* (2004) menambahkan bahwa Antosianin merupakan bagian dari flavonoid yang berperan sebagai pigmen dan bersifat antioksidatif. Senyawa antosianin dalam bentuk sianidin-3-glukosida dan peonidin-3-glukosida serta turunannya merupakan senyawa yang dapat memberikan warna pada beras. Senyawa inilah yang menyebabkan warna merah pada beras merah. Fungsi antosianin yang utama adalah berperan sebagai antioksidan. Antioksidan berperan menetralkan radikal bebas yang masuk ke dalam tubuh dimana radikal bebas inilah pemicu penyakit-penyakit degeneratif seperti jantung koroner, stroke dan penyakit lainnya. Bagi orang yang sadar akan kesehatan di perkotaan dengan tidak bersihnya udara di kota-kota besar, antioksidan merupakan hal yang penting agar mereka terhindar dari penyakit-penyakit di atas.

Keunggulan-keunggulan beras merah di atas merupakan alat pemasaran yang efektif dalam memasarkan beras merah terutama bagi masyarakat kelas menengah ke atas karena mereka tidak berpikir mengeluarkan dana lebih besar karena yang terpenting bagi mereka adalah kesehatan dibandingkan pengeluaran mereka. Selain itu, keunggulan beras merah yang mengandung vitamin B6 yang bagus bagi kulit merupakan berita yang menggembirakan bagi kaum ibu-ibu karena mereka selalu mendambakan kulit yang cantik, bersih dan mulus. Kaum ibu-ibu juga merupakan pasar yang efektif karena kaum

ini tidak pernah memikirkan dua kali dalam mengeluarkan uang di saku mereka demi memiliki kulit yang cantik.

Berbagai keunggulan dari beras merah dan pasar potensialnya merupakan suatu prospek yang menjanjikan. Selain membantu masyarakat agar selalu sehat dengan mengonsumsi beras yang mengandung vitamin dan mineral yang dibutuhkan tubuh, ini juga bisa memperkenalkan Sumatera Barat sebagai sentra penghasil beras merah yang selama ini terkenal dengan “Beras Solok”-nya yang mendunia tersebut.

Sumatera Barat merupakan salah satu Provinsi di Indonesia yang menjadi salah satu sentra produksi beras. Pada tahun 2018 produksi beras Sumbar mencapai 870,71 ribu ton beras (Badan Pusat Statistik, 2019). Sumatera Barat yang dikenal dengan “Beras Solok”-nya ini juga mengekspor beras ke Provinsi tetangga seperti Bengkulu, Jambi, Riau dan Riau Kepulauan. Provinsi yang terdiri dari 12 Kabupaten dan 7 Kota ini mempunyai beberapa daerah sentra beras seperti Kabupaten Padang Pariaman, Sijunjung, Tanah Datar dan tentu saja yang terkenal dengan berasnya yaitu Kabupaten Solok. Banyak jenis varietas padi lokal ditemukan di daerah-daerah ini dan beberapa telah dilepas secara nasional yaitu Ceredek Merah, Junjuang, Bawan, Saganggam Panuah, Lampai Kuniang, Kuriak Kusuk, Gogo Sigudang dan Anak Daro. Masih banyak varietas padi lokal Sumatera Barat yang memiliki keunggulan sifat agronominya yang berpotensi dilepaskan menjadi varietas nasional.

Dengan banyaknya varietas padi yang ditemukan di Sumbar, ini menunjukkan bahwa masih ada potensi varietas padi-padi lain yang masih tersimpan di daerah eksotik ini. Dwipa *et al.* (2014) membuktikan hal tersebut dengan menemukan jenis-jenis beras merah yang tersebar di seluruh Kabupaten di Sumatera Barat (Tabel 23). Suliansyah *et al.* (2018) juga melaporkan bahwa 31 jenis beras merah telah ditemukan di Sumatera Barat. Hasil ini belum menutup kemungkinan akan ditemukan jenis beras merah yang lebih banyak lagi karena masih banyak daerah di Sumbar terutama daerah

pedalaman yang belum terjamah dan diyakini plasma nutfah beras merah masih banyak tersimpan.

Banyaknya jenis beras merah Sumbar yang telah ditemukan berpotensi untuk dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Sebelum dilepaskan secara massal, varietas-varietas ini harus mengalami pengujian secara ilmiah baik dari segi produktivitas dan ketahanan terhadap cekaman botik (OPT) dan abiotik (Al dan Fe). Hal ini harus dilakukan karena jangan sampai untuk melepaskan dan memperbanyak suatu varietas secara massal, varietas tersebut tidak memiliki sifat-sifat unggul agronominya dimana produktivitas merupakan hal utama. Selain itu, sifat unggul lainnya seperti tahan terhadap OPT juga mutlak dimiliki suatu varietas agar ketika ditanam dan di daerah tersebut terdapat OPT utama padi yaitu WBC dan blast, tentunya penanaman varietas yang tidak tahan akan menjadi mubazir dan malahan merugikan secara ekonomi karena tanaman tidak bisa tumbuh optimal apalagi menghasilkan. Selain itu, jika kita tidak mengetahui apakah tanah tersebut tercekam Al atau Fe dan kita tidak mendapatkan informasi mengenai jenis-jenis beras merah yang bisa bertahan pada lahan yang tercekam oleh Al dan Fe tersebut, tentu membuat kita banyak menduga penyebab tidak tumbuhnya padi beras merah ketika kita tanam di kondisi tercekam tersebut. Untuk itu, pengujian beras merah Sumbar yang tahan terhadap cekaman Al dan Fe perlu dilakukan mengingat sebagian besar tanah di Indonesia terutama di Sumbar masih banyak tercekam oleh Al dan Fe.

Tabel 23. Jenis padi beras merah hasil eksplorasi di Sumatera Barat

No	Kabupaten	Jenis padi beras merah
1	Solok	BM Surian BM Padi Ladang BM Talang Babungo BM Sungai Abu BHt. Sariak Alam Tigo BHt. Solok
2	Solok Selatan	BM Gunung Pasir BM Siarang BM Perbatasan BM Kekuningan
3	Pasaman	BM Padi Telur BM Teluk Embun BM Iorong Mudiak
4	Pasaman Barat	BM Pido Manggih BM Sikaruiuk BM Capacino BM Silela Turun Daun BM Sikoruiuk
5	Pesisir Selatan	BM Pesisir Selatan

Keterangan: BM: Beras merah; BHt: Beras Hitam

Untuk menjawab pertanyaan ini, Dwipa *et al.* (2014) telah melakukan penelitian mengenai hal yang telah dipaparkan di atas. Hasil penelitian menunjukkan beberapa varietas padi beras merah Sumbar memiliki sifat unggul baik produktivitas yang bagus dan tahan terhadap cekaman biotik dan abiotik. Dari segi produktivitas, 3 genotipe padi beras merah memiliki produktivitas yang sama dengan rata-rata produktivitas padi nasional yaitu 5-6 ton/ha. 3 genotipe tersebut yaitu Surian (5,66 ton/ha), Talang Babungo (6,29 ton/ha) dan Siarang (5,51 ton/ha). Selain produktivitas, sifat agronomi lainnya yang diharapkan adalah tanaman yang berumur genjah. Dengan bantuan teknologi yang canggih seperti saat sekarang ini, hal itu bisa

dimungkinkan terjadi. Sari *et al.* (2018) menyatakan bahwa beras merah lokal Sumatera Barat yang diradiasi dengan sinar gama pada tahap M₂ menunjukkan bahwa 7 mutan berumur genjah dengan 3 mutan yang memiliki hasil tinggi diperoleh dengan perlakuan ini. Dengan hasil percobaan ini, 2 sifat agronomi beras merah yang diinginkan yaitu hasil yang tinggi dan umur yang genjah tidak hanya sekedar mimpi namun merupakan sebuah kenyataan.

Dari ketahanan terhadap cekaman biotik, hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan uji ketahanan terhadap WBC, diperoleh 7 genotipe beras merah resisten terhadap ini yaitu Siarang, Pesisir Selatan, Talang Babungo, Sariak Alam Tigo, Sungai Abu, Perbatasan dan Capacino. Untuk penyakit blast, didapatkan 3 genotipe agak resisten (Jorong Mudiak, Pido Manggih dan Siarang) dan 1 genotipe resisten yaitu Beras Hitam Solok (Dwipa *et al.*, 2018). Ketahanan terhadap cekaman biotik merupakan salah satu sifat unggul dan harus dimiliki oleh suatu tanaman. Sifat ini harus dimiliki oleh tanaman karena walaupun suatu tanaman memiliki produktivitas yang tinggi, jika tidak memiliki sifat ini, ketika terserang OPT terutama WBC dan blast untuk padi, hasil tinggi tersebut tidak ada gunanya karena kedua jenis OPT ini bisa membuat padi gagal panen.

Dari segi ketahanan terhadap cekaman abiotik yaitu Al dan Fe, diperoleh 3 genotipe yang tahan terhadap Al yaitu Jorong Mudiak, Gunung Pasir dan Perbatasan. Untuk ketahanan terhadap Fe, 5 genotipe beras merah lokal Sumatera Barat diperoleh yaitu Talang Babungo, Beras Hitam Solok, Perbatasan, Kekuningan dan Siarang. Ketahanan terhadap cekaman abiotik ini merupakan salah satu indikator ketahanan yang harus dimiliki oleh beras merah karena sebagian besar tanah sawah di Indonesia masih tercekam oleh Al dan Fe ini.

Dengan adanya genotipe-genotipe unggul baik dari sifat agronomi, ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik, hal ini tentu sungguh menggembirakan karena hal tersebut di atas merupakan syarat agar varietas padi beras merah Sumbar bisa dilepaskan dan ditanam secara massal dan tentu saja kita berharap

varietas-varietas ini juga digunakan oleh daerah lain untuk memenuhi kebutuhan akan beras merah di daerahnya masing-masing.

Tantangan selanjutnya yaitu informasi kandungan gizi beras merah Sumatera Barat masih minim. Jika informasi beras merah Sumatera Barat dilengkapi dengan kandungan gizinya, hal ini tentu semakin meyakinkan kita untuk memperkenalkan beras merah Sumbar sebagai salah satu beras beras yang bisa menjadi kebanggaan bagi masyarakat Minangkabau selain terkenal dengan rendangnya ini yang memiliki gizi yang tinggi. Fakultas Pertanian Universitas Andalas hanya bisa menemukan, menguji sifat agronomi dan ketahanannya terhadap cekaman biotik dan abiotik. Untuk itu, kolaborasi dengan Fakultas lain yang bisa menguji kandungan gizinya perlu dilakukan seperti Fakultas Teknologi Pertanian yang memiliki bidang ilmu dalam menguji kandungan-kandungan produk pertanian.

Secara umum kita bisa menyimpulkan bahwa kandungan gizi beras merah Sumbar sama dengan kandungan gizi beras merah seperti yang telah dijelaskan di atas tadi. Namun sebagai seorang yang berwawasan ilmiah, sebelum ada pembuktian secara empirik, kita belum bisa menyimpulkan sesuatu. Untuk itu pengujian kandungan gizi beras merah Sumbar perlu diteliti lebih lanjut. Perbedaan hasil kandungan gizi bisa saja terjadi karena banyak faktor yang mempengaruhi seperti faktor geografi karena tentu saja letak geografi Sumatera Barat berbeda dengan daerah penghasil beras merah yang kandungan gizinya telah diuji seperti yang dipaparkan di atas. Ketika hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan gizi beras merah Sumbar lebih baik, hal itu tentu akan lebih menggembirakan lagi bagi kita semua.

Untuk sementara ini dengan adanya hasil penelitian ini tentang padi beras merah asal Sumbar berpotensi untuk dikembangkan di masa datang untuk menjawab tantangan-tantangan yang dialami masyarakat terutama kaum urban di atas tadi. Untuk masalah kandungan gizi, walaupun beras merah Sumbar belum diuji, namun bisa diprediksi secara kasar kandungan gizinya tidak jauh berbeda dengan yang telah dipaparkan di atas. Hal yang terpenting

adalah bagaimana beras merah menjadi suatu primadona bagi masyarakat sebagai sumber karbohidrat utama yang selain bisa mengenyangkan dan tentu saja membuat tubuh lebih sehat.

III. STRATEGI PENGEMBANGAN BERAS MERAH SUMATERA BARAT

Agar suatu program bisa terlaksana dengan baik dan mendapatkan tujuan yang diinginkan, suatu kebijakan harus ditempuh demi terlaksananya program tersebut. Dalam merumuskan suatu kebijakan, strategi-strategi merupakan hal penting yang harus disiapkan. Salah satu faktor penting dalam pengembangan beras merah dalam di masa akan datang adalah sinergitas antar pemangku kepentingan (*stake holders*) baik dari pihak pemerintah, perguruan tinggi dan sektor swasta. Faktor dukungan program komunikasi antar pemangku kepentingan yaitu komunikasi yang etis, efektif dan berkelanjutan merupakan faktor kunci kesuksesan pengembangan suatu program.

Komunikasi yang efektif dan sistematis dan efektif hanya akan tercapai jika pemerintah dalam hal ini Pemerintah Provinsi Sumatera Barat mampu melihat jelas permasalahan sesungguhnya, mengidentifikasi pemangku kepentingan yang berkaitan dengan beras merah. Pemerintah merupakan faktor kunci dalam hal ini karena pemerintah merupakan pengambil kebijakan untuk kesejahteraan masyarakat Indonesia. Kolaborasi pemerintah dengan Perguruan tinggi yaitu Universitas Andalas yang telah menemukan jenis-jenis beras merah yang ada di Sumatera Barat adalah sinergitas yang harus terwujud karena jika bergerak sendiri-sendiri, maka pengembangan beras merah di Sumatera Barat mustahil terwujud.

Pendekatan ke masyarakat merupakan salah satu faktor penting lainnya karena masyarakat merupakan konsumen utama beras merah ini. Dalam pengembangan beras merah ini, ada beberapa hambatan atau kendala yaitu sebagai berikut :

- a) Tingkat pengetahuan masyarakat Sumatera Barat akan beras merah masih minim terutama kelas menengah ke bawah yang merupakan

80% dari total penduduk Sumatera Barat. Kondisi ini jelas menjadi kendala besar dalam sosialisasi beras merah ini ke masyarakat

- b) Kebiasaan makan masyarakat Sumatera Barat sulit diubah. Masyarakat Sumatera Barat yang sudah terbiasa mengonsumsi beras putih sebagai sumber karbohidrat yang sudah turun-menurun akan sulit diubah. Jika tidak ada perubahan lingkungan eksternal yang besar, masyarakat akan cenderung mempertahankan kebiasaan mereka.
- c) Rasa beras merah yang agak sedikit lain butuh penyesuaian dengan lidah masyarakat yang sudah terbiasa mengonsumsi beras putih. Selain itu, harga yang lebih tinggi dibandingkan beras putih, juga membuat masyarakat cenderung tetap memilih beras putih sebagai sumber karbohidrat mereka.

Dari ketiga permasalahan di atas, dapat dipetakan bahwa kebiasaan masyarakat terutama masyarakat menengah ke bawah dan harga yang lebih tinggi dibandingkan beras putih merupakan masalah yang harus dicari solusi pemecahannya untuk pengembangan beras merah kedepannya agar bisa diterima masyarakat luas. Pemerintah harus memiliki suatu program agar beras merah bisa diterima masyarakat secara luas. Jika beras merah ini hanya diperuntukkan masyarakat kelas menengah ke atas, maka pemerintah tidak perlu menyosialisasikan beras merah ini karena pemerintah merupakan lembaga yang memiliki kewajiban untuk menyejahterakan rakyat. Karena itu, strategi pengembangan beras merah ini perlu dirancang bersama antar pemangku kepentingan terkait agar program ini bisa diterima luas oleh masyarakat.

Ada tiga strategi yang bisa dilakukan untuk pengembangan beras merah di Sumatera Barat yaitu :

1. Jangka Pendek (1-3 Tahun)

Diperlukan iklan layanan masyarakat mengenai beras merah, manfaat bagi tubuh dan keunggulan-keunggulannya. Untuk mencapai tujuan ini, media massa dan penyuluh di lapangan yang dekat dengan masyarakat merupakan faktor kunci dalam menyosialisasi program ini. Media massa baik cetak dan elektronik memegang peranan penting

pada era modern ini. Dimanapun masyarakat sekarang mudah mengakses informasi. Untuk tahap awal, sasaran utama dari iklan beras merah ini adalah masyarakat perkotaan dengan rutinitas yang padat yang jarang memiliki waktu untuk berolahraga. Selain media massa, peran penyuluh yang berinteraksi langsung dengan petani dilapangan cukup penting karena penyuluh bisa mengajak petani untuk budi daya beras merah dengan menyosialisasikan manfaat dan keuntungan yang diperoleh dari budi daya beras merah.

2. Jangka Menengah

Pada periode ini, Pemerintah Daerah mulai dari Gubernur hingga Lurah/ Wali Nagari mempunyai peran besar dalam sosialisasi. Dalam kesempatan-kesempatan pidato dalam suatu acara, beras merah bisa disisipkan dalam kata sambutan atau pidato yang disampaikan. Hal ini efektif karena masyarakat akan mendengarkan arahan dari pemimpin mereka dan terlebih jika masyarakat mendapatkan penjelasan dan keuntungan dari budi daya beras merah. Alat-alat komunikasi seperti brosur atau buku kecil yang dapat menjadi pegangan dari jajaran pemerintah daerah juga bisa menjadi alat sosialisasi yang bisa dibagikan ke masyarakat. Dengan keberhasilan suatu daerah, akan lebih mudah untuk mendorong pemerintah daerah lain untuk melakukan aktivitas serupa.

3. Jangka Panjang

Anak merupakan bagian masyarakat yang reseptif. Mereka cenderung mudah untuk menerima suatu perubahan karena dalam proses perkembangan. Untuk memasukkan suatu pemahaman terhadap sesuatu, anak merupakan reseptor yang paling efektif. Selain itu, anak adalah *influencer* yang penting dalam suatu keluarga. Perubahan pola pangan bersifat aktif haruslah dimulai dari anak-anak. Karena jika suatu kebiasaan sudah mulai dari anak-anak, kebiasaan tersebut akan terbawa hingga dewasa dan akan sulit berubah.

Pola pikir dan perilaku anak sangat tergantung dari apa yang diajarkan dan dilihat dari orang tua dan guru-guru di sekolah. Peran orang tua dan guru inilah yang berperan penting dalam menyosialisasikan beras merah terhadap anak. Di rumah, orang tua

mengenalkan beras merah dari sarapan pagi, makan siang dan makan malam kepada anak-anak sehingga anak-anak tersebut terbiasa mengonsumsi beras merah. Di sekolah, guru berperan dalam menyosialisasikan program yang telah lama kita kenal yaitu 4 sehat lima sempurna yang sekarang telah disempurnakan menjadi gizi seimbang dengan cara memasukkan beras merah sebagai sumber karbohidrat. Guru juga diharapkan mengenalkan kandungan-kandungan vitamin dan mineral beras merah yang dibutuhkan tubuh serta manfaatnya dalam mencegah penyakit-penyakit yang ditakutkan pada masa sekarang ini. Di sekolah yang memiliki program *Full day school*, beras merah juga bisa digunakan sebagai sumber karbohidrat ketika makan siang. Di daerah sentra produksi beras merah juga bisa membuat suatu kebijakan untuk sekolah-sekolah yang *Full day school* tadi untuk menjadikan beras merah sebagai sumber karbohidrat ketika makan siang di sekolah.

Walaupun beras merah dengan banyak keunggulannya dan memiliki manfaat yang baik bagi tubuh, olahraga juga merupakan faktor penting dalam menjaga kebugaran tubuh agar tubuh selalu sehat. Mengonsumsi beras merah yang banyak mengandung vitamin dan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh dan diiringi dengan olahraga yang teratur, tentu akan membuat tubuh sehat yang merupakan cita-cita semua orang yang ada di dunia ini. Tubuh yang sehat akan membuat kita terhindar dari penyakit-penyakit terutama penyakit degeneratif seperti jantung koroner, stroke dan diabetes yang merupakan momok bagi masyarakat di era modern ini. *Mens sana in corpore sano*, sebuah pepatah dari bahasa latin yang berarti “dalam tubuh yang sehat, terdapat jiwa yang kuat”. Dengan mengonsumsi beras merah dengan segala keunggulannya dan diiringi dengan olahraga yang teratur akan membuat tubuh menjadi sehat dan dengan raga yang sehat, jiwa akan menjadi kuat.

IV. PENUTUP

Masalah pangan merupakan masalah pokok bagi kehidupan manusia. Di negara-negara miskin, pangan merupakan masalah utama

karena ketersediaan pangan terbatas. Hal sebaliknya terjadi di negara berkembang dan maju, pangan juga menjadi petaka akibat konsumsi pangan yang berlebihan antara lain obesitas yang dipicu asupan karbohidrat yang tinggi.

Obesitas merupakan akar dari semua penyakit-penyakit degeneratif yang mematikan seperti jantung koroner, *stroke* dan diabetes. Oleh karena itu suatu cara diversifikasi sumber karbohidrat harus dilakukan. Diversifikasi sumber karbohidrat dari beras putih ke beras merah merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan di atas.

Dengan berbagai keunggulan dan manfaatnya yang telah dijelaskan sebelumnya, beras merah diyakini akan menjadi suatu primadona bagi masyarakat terutama kaum urban yang menginginkan kandungan kalori yang rendah namun memiliki banyak manfaat untuk mengimbangi aktivitas fisik mereka yang kurang. Setelah beras merah menjadi primadona bagi masyarakat, permasalahan selanjutnya bagaimana pengembangan beras merah ke depannya. Dalam hal ini pemerintah merupakan faktor kunci agar hal ini menjadi prioritas dalam setiap kebijakan. Untuk itu, strategi dalam bentuk Peta Jalan (*Road map*) yang memiliki strategi jangka pendek, menengah dan panjang. Dalam menjalankan strategi ini, pemerintah tidak bisa bekerja sendirian karena pemerintah hanya bisa dalam mengambil kebijakan. Oleh karena itu, pemangku-pemangku kepentingan (*Stake holders*) yang berkaitan dengan beras merah perlu dilibatkan dalam menyusun strategi ini. Karena kerja sama yang baik dan dukungan dari semua pihak yang terlibat merupakan kunci keberhasilan dari sebuah program kebijakan.

REFERENSI

- Akram M, Akhtar N, Asif HM, Shah PA, Saeed T, Mahmood A & Malik NS. 2011. Vitamin A. A review article. *Journal of Medicinal Plants Research*. 5(20): 4977-4979.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Indonesia dalam angka. Badan Pusat Statistik. Jakarta. <https://www.bps.go.id/>

- Bouis HE, Graham RD & Welch. RM. 2000. The consultative group on International Agricultural Research (CGIAR). Micronutrients Project: Justification and objectives. Food and Nutrition Bulletin. 21(4): 374-381
- Dwipa I. 2014. Karakterisasi morfologi dan molekuler plasma nutfah padi beras merah asal Sumatera Barat serta uji resistensinya terhadap cekaman biotik dan abiotik. [Disertasi]. Program Pascasarjana. Universitas Andalas. 136 hal
- Dwipa I, Syarif A, Suliansyah I & Swasti E. 2018. West Sumatra Brown Rice resistance to Brown Planthopper and Blast Disease. Biodiversitas. 19(3): 893-898
- Escribano T, Gonzalo JCR & Buelga CS. Anthocyanins in cereals. Journal of Chromatography A. 1054: 129-141
- Indrasari SD & Kristamtini. 2018. Biofortifikasi Mineral Fe dan Zn pada beras: Perbaikan mutu gizi bahan pangan melalui pemuliaan tanaman. Litbang Pertanian. 37(1): 9-16
- Khoo HE, Azlan A, Tang ST, Lim SM. 2017. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. Food and Nutrition Research. 61(1): 1361779
- Mohan V, Spiegelman D, Sudha V, Gayathri R, Hong B, Praseena K, Anjana RM, Wedick NM, Arumugam K, Malik V, Ramachandran S, Bai MR, Henry JK, Hu FB, Willett W & Krishnaswamy K. 2014. Effect of Brown Rice, White Rice, and Brown Rice with Legumes on Blood Glucose and Insulin Responses in Overweight Asian Indians: A Randomized Controlled Trial. Diabetes Technology and Therapeutics. 16(5): 317-325
- Ndisang JF, Vannacci A & Rastogi S. 2017. Insulin Resistance, Type 1 and Type 2 Diabetes, and Related Complications 2017. J. Diabetes R. 1478294.

- Pletsch EA & Hamaker BR. 2018. Brown rice compared to white rice slows gastric emptying in humans. *Eur J Clin Nutr* 72:367-373.
- Rohman A, Helmiyati S, Hapsari M & Setyaningrum DL. 2014. Rice in health and nutrition. 21(1): 13-24
- Sample Registration System. Penyakit jantung penyebab kematian tertinggi.
<http://www.depkes.go.id/article/view/17073100005/penyakit-jantung-penyebab-kematian-tertinggi-kemenkes-ingatkan-cerdik-.html>
- Sari DA. 2018. Seleksi mutan berumur genjah pada tahun M2 padi beras merah lokal Sumatera Barat. [Thesis]. Universitas Andalas. 54 hal.
- Schwalfenberg GK & Genuis SJ. 2017. The Importance of Magnesium in Clinical Healthcare. *Scientifica*. 4179326: 1-14
- Suardi DK. Potensi beras merah untuk peningkatan mutu pangan. *J. Litbang Pert.* 24(3): 93-100.
- Suliansyah I, Yusniwati & Dwipa. I. 2018. Genetic Diversity and Association amongst West Sumatra Brown Rice Genotype Based on Morphological and Molecular Markers. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. 8(2): 610-615
- Suriani NL, Suprata DN, Sudana I & Temaja IGRM. 2015. Antifungal activity of *Piper canium* against *Pyricularia oryzae* Cav. The cause of rice blast disease on rice. *Biol Agric Healthcare* 5 (8): 72-78
- Tang G, Qin J, Dolnikowski GG, Russel RM & Grusak MA. 2009. *Golden rice* is an effective source of vitamin A. *American Journal Clin. Nutrition*. 89(6): 1776-1783
- Taurislina E, Trizelia, Yaherwandi & Hamid H. 2015. diversity analysis of brown planthopper *Nilaparvata lugens* natural rod enemies in paddy rice ecosystem in West Sumatera. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 1(3): 581-589
- Trinidad PT, Mallillin AC, Encabo RR, Sagum RS, Felix ADR & Juliano BO. 2012. The effect of apparent amylose content and dietary fibre on the glycemic response of different varieties of cooked

- milled and brown rice. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 64(1): 89-93
- Upadhyay A & Karn SK. 2018. Brown Rice: Nutritional Composition and Health Benefits. *J. Food Sci. Technol.*10: 48-54
- Varshini VPA, Azhagu SK & Vijay PP. 2013. Brown Rice: Hidden nutrients. *Biosci Technol* 4 (1): 503-507.
- Venn BJ & Green TJ. 2007. Glycemic index and glycemic load: measurement issues and their effect on diet-disease relationships. *Eur. J. Clin. Nutrition*. 61(1): 122-131

Talas: Keanekaragaman Genetik dan Potensinya sebagai Pangan Alternatif di Sumatera Barat

Zulfadli Syarif dan Nugraha Ramadhan

Guru Besar Ekofisiologi dan Dosen Agronomi

Pada Jurusan Budidaya Pertanian

Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang

e-mail: syarifzulfadly@agr.unand.ac.id; nugraharamadhan@agr.unand.ac.id

PENDAHULUAN

Isu ketahanan pangan merupakan hal yang kompleks, yaitu meliputi segi ekonomi, sosial, lingkungan dan politik. Mewujudkan ketahanan pangan berkelanjutan merupakan agenda wajib dalam bermacam pertemuan yang diadakan oleh berbagai negara serta lembaga internasional. Bagi ketahanan nasional suatu bangsa, ketahanan pangan ialah hal penting untuk dibahas serta diperhatikan. Melihat kondisi nyata pada saat ini, di mana permasalahan berupa laju pertumbuhan penduduk yang selalu meningkat tiap tahunnya, terjadinya alih fungsi lahan pertanian pangan menjadi lokasi industri, hunian, perkebunan, dan lain-lain, perubahan iklim yang kadang tidak menentu, serta terjadinya serangan hama penyakit pada tanaman budidaya (peledakan hama, munculnya hama baru, dan hama resisten akibat efek penanganan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang tidak ramah lingkungan) jelas akan mengakibatkan semakin sulitnya penyediaan bahan pangan untuk kedepannya. Lebih-lebih bila kita masih bertumpu kepada satu komoditi (*single commodity*) saja yang dijadikan sebagai makanan pokok. Tentu hal ini akan menjadi momok

menakutkan bagi semua negara di dunia dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan di masa yang akan datang.

Beras merupakan komoditas pangan utama bagi masyarakat Indonesia karena pada saat ini umumnya penduduk Indonesia mengkonsumsi beras untuk dijadikan makanan pokok. Kepala BPPT, Unggul Priyanto mengungkapkan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara pengonsumsi beras per kapita tertinggi di dunia yaitu 124 kg per kapita per tahun, sedangkan negara Thailand 80 kg, Malaysia 80 kg, Cina 60 kg, dan Jepang 50 kg (Mustakim, 2016). Menurut data Kementerian Pertanian Republik Indonesia pada tahun 2107 tercatat bahwa penduduk Indonesia ialah 262 juta jiwa dengan rata-rata konsumsi beras 124 kg/kapita/tahun, sedangkan konsumsi beras selama periode 2002-2013 sebanyak 103,18 kg/kapita/tahun. Jelas hal ini membuktikan bahwa tingkat konsumsi beras terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia.

Pertumbuhan penduduk seharusnya diikuti oleh pertumbuhan produksi beras yang sebanding agar tidak terjadi kekurangan cadangan beras bagi masyarakat, namun pada kenyataannya tidak semua provinsi di Indonesia merupakan penghasil beras. Sentra produksi beras Indonesia di antara lain ialah Provinsi Jawa Timur, Jawa Barat, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan dan Sumatera Selatan. Di samping itu, peningkatan jumlah penduduk juga akan berdampak langsung terhadap makin berkurangnya luas lahan pertanian terutama sawah. Alih fungsi lahan sawah menjadi lokasi hunian, lokasi industri, serta alih fungsi menjadi lahan perkebunan perlu menjadi persoalan yang harus diperhatikan dengan serius sejak dini, tentu saja perhatian khusus tersebut demi ketahanan pangan yang berkelanjutan di Indonesia. Tergambar dari data Badan Pusat Statistik, bahwa tahun 2013 luas lahan sawah di Indonesia mencapai 8,12 juta ha, dan menurun di tahun 2018 menjadi 7,1 juta ha.

Bertolak belakangnya nilai antara peningkatan jumlah penduduk dan menurunnya lahan sawah akan berefek kepada kemampuan kita untuk memproduksi bahan pangan khususnya beras. Tentu jika kemampuan produksi beras tidak dapat memenuhi

peningkatan kebutuhan konsumen, maka untuk kedepannya Indonesia akan selalu bergantung kepada impor, sehingga ketahanan pangan nasional semakin rentan karena akan tergantung pada kebijakan ekonomi dari negara lain. Oleh sebab itu, tantangan utama dalam ketahanan pangan salah satunya dengan pemanfaatan sumber daya pangan lokal serta peningkatan kapasitas produksi pangan dalam kualitas, kuantitas dan keragamannya.

Berdasarkan pada kenyataan tersebut, untuk meredam dampak krisis pangan agar memenuhi kecukupan pangan nasional, yakni dengan melaksanakan kemandirian dan kedaulatan pangan yang diwujudkan melalui diversifikasi pangan baik produksi, ketersediaan, maupun konsumsi. Hal ini dikarenakan karena ketergantungan pada satu jenis sumber pangan akan mengakibatkan sulitnya diwujudkan kemandirian dan kedaulatan pangan, sebab peningkatan produksi satu macam jenis pangan akan sulit untuk bisa mengimbangi pertumbuhan penduduk (Dewi & Ari, 2012).

Diversifikasi pangan merupakan upaya peningkatan konsumsi aneka ragam pangan dengan prinsip gizi yang seimbang (Bappenas, 2007). Diversifikasi dimaksudkan untuk memperoleh keragaman zat gizi sekaligus memberhentikan ketergantungan masyarakat untuk mengkonsumsi atas satu jenis komoditi saja. Ketergantungan yang tinggi berdampak terhadap ketidak stabilan jika pasokan terganggu, sebaliknya jika masyarakat mulai mengkonsumsi komoditi pangan alternatif maka kestabilan akan terjaga. Prinsip diversifikasi pangan melingkupi tiga bagian pengertian, yaitu diversifikasi konsumsi pangan, diversifikasi ketersediaan pangan, serta diversifikasi produksi pangan.

Diversifikasi konsumsi pangan berkaitan dengan segi kesehatan, gizi, dan segi kualitas sumber daya manusia. Menurut Dewi & Ari (2012), diversifikasi konsumsi pangan merupakan bermacam jenis pangan yang mengandung sumber energi dan zat gizi untuk dikonsumsi oleh masyarakat, sehingga memenuhi kebutuhan akan pangan serta zat gizi yang seimbang, baik ditinjau dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Setiap bahan pangan memiliki jumlah

kandungan dan jenis zat yang sangat bervariasi. Orang yang mengkonsumsi makanan yang terdiri dari campuran berbagai jenis pangan akan memperoleh zat-zat gizi yang terkandung dalam makanan tersebut. Berarti kebutuhan berbagai jenis zat gizi dapat lebih terjamin pemenuhannya dengan cara mengkonsumsi pangan yang beraneka ragam. Sedangkan diversifikasi produksi pangan dilakukan dengan meningkatkan produksi pangan pokok dengan bahan dasar yang lebih bermacam-macam. Indonesia kaya akan jenis bahan pangan lokal berkarbohidrat tinggi, misalnya dari jenis umbi-umbian seperti talas. Talas yang dapat dikonsumsi pada umumnya berasal dari genus *Colacasia* dan *Xanthosoma*.

Talas merupakan salah satu tanaman yang mempunyai potensi luar biasa untuk dijadikan bahan pangan pokok, Bryan *et al.* (2014) menyebutkan bahwa komponen karbohidrat pada talas berupa pati dengan kandungan mencapai 80% dan memiliki sifat yang mudah dicerna, serta memiliki serat yaitu 5,3 gram atau 20,5% memenuhi kebutuhan serat sehari-hari. Disamping itu, talas merupakan tanaman yang tidak terlalu “manja” saat dibudidayakan. Talas diperlukan saat sekarang ini, artinya dalam penyediaan bahan pangan karbohidrat untuk diversifikasi pangan lokal. Keputusan ini diambil sebab Indonesia cukup kaya akan sumber pangan lokal yang keberadaannya perlu diangkat dan dilestarikan. Tentu hal ini agar talas dapat segera diketahui pemanfaatannya secara luas, maka keberlanjutan ketersediaan talas sangat perlu untuk diberlakukan.

I. MANFAAT TALAS BAGI KESEHATAN

Umbi talas dapat dijadikan sebagai sumber karbohidrat alternatif pengganti nasi yang lebih sehat serta mencukupi kebutuhan nutrisi, sebab talas rendah akan nilai indeks glikemik. Kandungan nutrisi yang tersimpan dalam 100 g talas mentah ialah protein (1,30 g), lemak (3,27 g), kadar air (68,98 g), dan karbohidrat (25,11 g) (Syarif, Ramadhan, dan Dwipa, 2018). Sedangkan untuk nilai indeks glikemik talas yaitu 54,29 – 54,44 (Ramadhan, 2018).

Pangan dengan kandungan lemak tinggi dapat memperlambat laju pengosongan lambung, sehingga laju pencernaan makanan juga akan semakin lambat. Sedangkan kandungan protein tinggi pada makanan diduga dapat merangsang sekresi insulin (Jenkins *et al.*, 1981) sehingga bisa mengendalikan glukosa dalam darah. Oleh karena itu, pangan dengan kandungan lemak dan protein tinggi cenderung memiliki indeks glikemik lebih rendah dibandingkan dengan pangan sejenis yang berkadar lemak dan protein rendah (Rimbawan dan Siagian 2004). Oku *et al.* (2010) menyatakan bahwa pangan dengan indeks glikemik rendah dapat menghasilkan banyak energi jika mengandung banyak lemak dan protein.

Talas mempunyai indeks glikemik tergolong rendah yaitu 54. Siagian (2004) menyebutkan indeks glikemik makanan dapat dikelompokkan menjadi indeks glikemik rendah (<55), glikemik sedang (55-75), dan glikemik tinggi (>75), konsumsi makanan dengan indeks glikemik yang tinggi akan memicu sekresi insulin secara cepat sehingga mengakibatkan peningkatan resistensi insulin. Secara umum, pangan yang meningkatkan kadar gula darah dengan lambat memiliki indeks glikemik rendah, sedangkan pangan yang meningkatkan kadar glukosa darah dengan cepat memiliki indeks glikemik tinggi (Ragnhild *et al.*, 2004).

Mengonsumsi pangan rendah indeks glikemik dapat mengontrol kadar glukosa dalam darah bagi penderita diabetes, menurunkan asupan makanan, meningkatkan sensitivitas insulin, serta menurunkan kolesterol dan berat badan. Wolever (2008) menemukan adanya penurunan kolesterol total serum sebanyak 7% pada orang dewasa dengan diabetes melitus tipe 2 yang rutin mengonsumsi makanan dengan indeks glikemik rendah. Tingkat glikemik rendah bermanfaat untuk pemeliharaan kadar glukosa darah. Penetapan jenis makanan dengan glikemik rendah sebagai antisipasi terhadap penyakit timbulnya diabetes mellitus pada orang sehat, serta pengelolaan dalam penyusunan diet penyandang diabetes mellitus. Pangan yang memiliki glikemik rendah bermanfaat mengendalikan glukosa darah bagi

penderita diabetes mellitus tipe 2, karena tidak berisiko terhadap lonjakan peningkatan glukosa dalam darah (Argasasmita, 2008).

Indeks glikemik yang rendah mengindikasikan makanan tersebut lebih sehat serta aman untuk dikonsumsi bagi penderita diabetes. Penyakit diabetes merupakan salah satu penyakit yang berbahaya dan mematikan setelah penyakit stroke dan jantung. Penyakit ini merupakan penyakit jangka panjang atau kronis dengan kadar gula (glukosa) yang lebih tinggi di atas normal. Penyebab penyakit diabetes adalah gangguan kemampuan tubuh menggunakan glukosa ke dalam sel sehingga glukosa menumpuk dalam darah. Penyakit ini terbagi atas 2 tipe yaitu tipe 1 dan tipe 2. Pada diabetes tipe 1, gangguan ini disebabkan karena pankreas tidak dapat memproduksi insulin (Ndisang *et al.*, 2017). Untuk diabetes tipe 2, gangguan ini terjadi akibat tubuh tidak efektif memanfaatkan insulin ataupun tubuh kekurangan insulin yang relatif dibandingkan kadar glukosa darah. Kadar glukosa yang tinggi ini dapat merusak pembuluh darah kecil di sistem saraf, ginjal, jantung, dan mata, sehingga mengakibatkan berbagai penyakit komplikasi.

II. KEANEKARAGAMAN GENETIK TALAS DI SUMATERA BARAT

Talas merupakan tanaman tropis beriklim basah yang berasal dari Asia Tenggara, lalu meluas ke Cina, India, Jepang, dan daerah Asia Tenggara lainnya termasuk Indonesia. Talas telah tersebar di wilayah nusantara, pusat pembudidayaan talas berada di Pulau Jawa, yaitu daerah Bogor (talas Bogor), serta di Jawa Tengah dan Timur (talas Bentul). Indonesia juga cukup kaya dengan keragaman jenis talasnya, sehingga keberadaannya perlu diangkat dan dilestarikan, diantaranya seperti talas Bogor, talas Bentul, talas Kimpul, talas Padang, talas Beneng, dan lain-lain. Sehingga apabila hal ini dikembangkan, maka talas akan menjadi suatu potensi yang sangat besar dalam menangani krisis pangan di masa yang akan datang.

Dari hasil penelitian penulis beserta tim, setelah dilakukannya eksplorasi, identifikasi, dan karakterisasi morfologi tanaman talas di

Sumatera Barat, didapatkan tiga puluh dua aksesori tanaman talas. Aksesori tersebut berasal dari tiga kabupaten (lima aksesori berasal dari Kabupaten Lima Puluh Kota, enam aksesori dari Kabupaten Padang Pariaman dan dua puluh satu aksesori dari Kabupaten Mentawai).

Kabupaten Lima Puluh Kota

Identifikasi dan karakterisasi tanaman talas (*Colocasia esculenta*) pada tiga kecamatan di Kabupaten Lima Puluh Kota terdiri dari: Kecamatan Guguak (KG), Kecamatan Akabiluru (KA), dan Kecamatan Situjuh Limo Nagari (KS). Pada daerah ini terdapat tanaman talas dengan karakteristik berbeda-beda yang dibudidayakan oleh masyarakat setempat. Aksesori talas yang teridentifikasi dari tiga kecamatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 24.

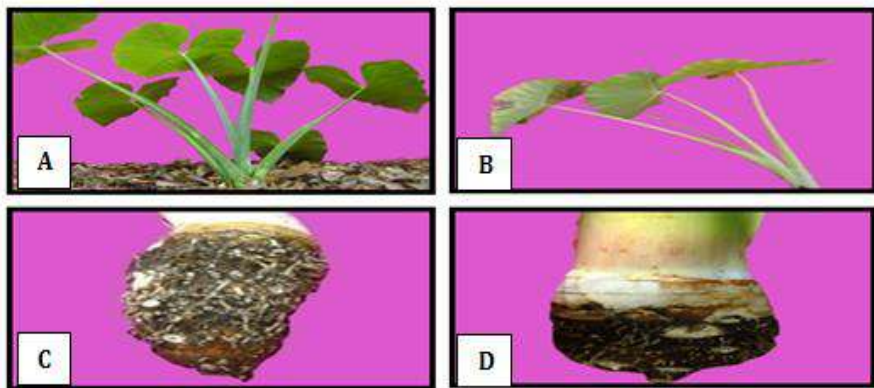
Tabel 24. Aksesori talas yang ditemukan di Kabupaten Lima Puluh Kota

No	Jenis dan Nama Lokal	Lokasi Ditemukan	Habitat
1	Talas Hitam (Taleh Itam)	KG, KA, KS	Lahan kering
2	Talas Sebawan (Taleh Sebawan)	KG	Lahan kering
3	Talas Putih (Taleh Putih)	KG, KA, KS	Lahan kering
4	Talas Kelapa (Taleh Karambia)	KG	Tanah basah /terendam
5	Talas Cina (Taleh Cino)	KG, KA, KS	Lahan kering

Keterangan : Jika terdapat kesamaan bentuk, jenis dan juga nama yang sama maka tidak diambil sampelnya. Untuk jenis tanaman talas Sebawan dan Kelapa hanya ditemukan di Kec. Guguak.

Rentang tanaman pada talas Sebawan merupakan yang paling lebar yaitu 300 cm, jarak ini dapat dikatakan jarak maksimum horizontal yang dicapai oleh daun dan tergolong lebar karena lebih

dari 100 cm. Sedangkan rentang tanaman terpendek dari semua genotipe talas adalah 80 cm yaitu pada jenis talas Kelapa, jarak ini dapat dikatakan yang maksimum horizontal yang tergolong sedang karena lebarnya hanya berkisar kurang dari 100 cm. Tinggi tanaman talas yang paling tinggi adalah 275 cm yaitu pada jenis talas Sebwawan dan yang paling rendah 120 cm pada jenis talas Kelapa. Stolon dari tanaman ini tidak ditemukan, hanya ada tunas yang langsung menempel (*sucker*) pada jenis talas Sebwawan. Untuk melihat tipe tanaman berdasarkan tunas yang langsung menempel (*sucker*) dan tipe *cormus* dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Tipe sucker dan tipe cormus talas pada Kabupaten Lima Puluh Kota, (A) banyak anak, (B) sedikit anak, (C) memanjang, (D) silinder.

Talas memiliki bentuk umbi (*cormus*) yang beragam, yakni berbentuk memanjang pada jenis talas Hitam, talas Putih dan jenis talas Kelapa, sedangkan untuk jenis talas Sebwawan dan talas Cina bentuk umbinya berbentuk silindris (Gambar 20), dimana dengan berat masing - masing *cormus* juga bervariasi seperti: jenis talas Hitam memiliki panjang cormus 40 cm yang tergolong panjang dengan berat 1,7 kg dan mempunyai cabang umbi yang disebut dengan umbi *cormel* dengan berat total per rumpun sebesar 1,4 kg dengan jumlah total *cormel* sebanyak 7 buah. Talas Sebwawan memiliki panjang *cormus* 25

cm yang juga tergolong kategori panjang dengan berat 2,6 kg tapi tidak memiliki *cormel* (cabang dari *cormus*). Jenis talas Putih sama dengan tanaman talas Hitam yaitu memiliki *cormus* dan *cormel* dengan panjang *cormus* 32 cm yang tergolong kategori panjang dengan berat 1,3 kg dan juga memiliki *cormel* sebanyak 7 buah dengan berat 1,6 kg.

Kabupaten Padang Pariaman

Hasil identifikasi dan karakterisasi tanaman talas pada Kecamatan Batang Anai, Kecamatan Sungai Geringging, Kecamatan Sungai Limau, Kecamatan V Koto Kampung Dalam, Kecamatan V Koto Timur, dan Kecamatan Sungai Saria, didapatkan bahwa pada daerah ini terdapat tanaman talas yang memiliki karakteristik berbeda - beda yang dibudidayakan oleh masyarakat. Aksesori talas yang teridentifikasi dari kecamatan-kecamatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 25.

Stolon dari tanaman ini hanya ditemukan pada talas merah saja. Dimana stolon yaitu akar yang keluar ke permukaan tanah yang membentuk anakan. Pada talas merah jumlah stolon hanya 1 buah dengan panjang 18 cm dan dapat dikatakan panjang karena lebih dari 15 cm. Sedangkan pada aksesori lainnya tidak ditemui, hanya saja ada tunas yang menempel (*sucker*). Tipe tanaman berdasarkan pengamatan rentang tanaman, tinggi tanaman, jumlah stolon, dan panjang stolon dapat dilihat pada Tabel 26.

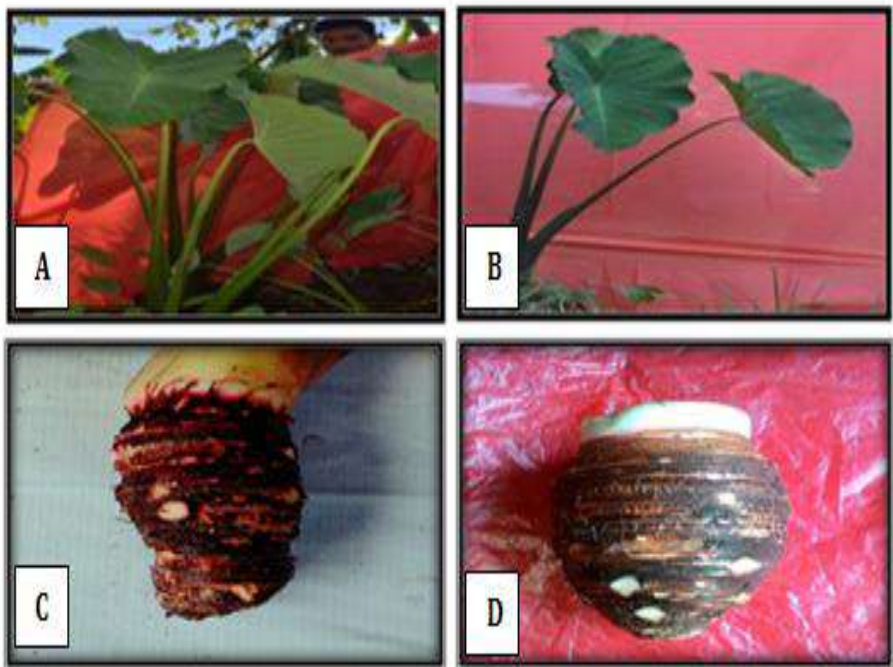
Tabel 25. Akses talas yang ditemukan di Kabupaten Padang Pariaman

No.	Kecamatan	Kenagarian	Jenis dan Nama Lokal
1	Batang Anai	1. Katapiang 2. Kasang 3. Sungai Buluah 4. Buavan L. Aluan	1. Talas Putih (Taleh Kuti) 2. Talas Banyak Anak (Taleh Banyak Anak)
2	Sungai Geringging	1. Malai III Koto 2. Kuranji Hulu 3. Batu Gadang Kuranji Hulu 4. Sungai Sirah Kuranji Hulu	1. Talas Hitam (Taleh Itam) 2. Talas Banyak Anak (Taleh Banyak Anak) 3. Talas Putih (Taleh Kuti)
3	Sungai Limau	1. Kuranji Ilia 2. Koto Tinggi Kuranji Ilia 3. Guguak Tinggi Kuranji Ilia 4. Pilubang	1. Talas Putih (Taleh Kuti) 2. Talas Merah (Taleh Batang Merah) 3. Talas Kumayan (Taleh Kumayan)
4	V Koto Kampung Dalam	1. Campago 2. Sikucua	1. Talas Ungu (Taleh Ungu) 2. Talas Banyak Anak (Taleh Banyak Anak)
5	V Koto Timur	1. Gunung Padang Alai 2. Kudu Gantinang	1. Talas Putih (Taleh Kuti) 2. Talas Merah (Taleh Batang Merah)
6	Sungai Sarik	1. Lurah Ampalu 2. Lareh Nan Panjang 3. Balah Aia 4. Sungai Sariak	1. Talas Kumayan (Taleh Kumayan) 2. Talas Banyak Anak (Taleh Banyak Anak)

Tabel 26. Karakteristik morfologi beberapa bagian tipe tanaman talas lokal di Kabupaten Padang Pariaman

Karakter	Jenis Talas					
	Hitam	Banyak Anak	Kuti	Merah	Kumayan	Ungu
Rentang Tanaman	Lebar	Lebar	Lebar	Lebar	Lebar	Lebar
Tinggi Tanaman	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi
Jumlah Stolon	-	-	-	1	-	-
Panjang Stolon	-	-	-	18 cm	-	-
Jumlah Sucker	-	-	-	-	-	-

Berdasarkan morfologi daun tanaman talas di enam kecamatan pada kabupaten Padang Pariaman, didapatkan keragaman jenis dari bentuk masing-masing tanaman talas. Pengamatan bentuk daun, bagian basal daun didapatkan 3 tipe pertumbuhan yaitu bentuk mendatar, bentuk mangkok, dan bentuk tegak ujung menghadap ke bawah. Berdasarkan hasil pengamatan terhadap bagian morfologi *cormus* tanaman talas yang ditemukan di kabupaten Padang Pariaman ditemukan beberapa keragaman bentuk, ukuran serta berat *cormus*. Dari 6 aksesori talas yang di temukan ada dua karakter *cormus* yang dominan yaitu warna daging *cormus* bagian atas berwarna putih kemerahan dan berwarna putih, serta dua tipe *cormus* yaitu tipe kerucut dan tipe silinder. Untuk melihat lebih jelas tipe *cormus* dari semua aksesori yang di temukan di Padang Pariaman, disajikan pada Gambar 21.



Gambar 21. Tipe sucker dan tipe cormus talas pada Kabupaten Padang Pariaman, (A) banyak anak, (B) sedikit anak, (C) kerucut, (D) silinder.

Kabupaten Mentawai

Identifikasi dan karakterisasi tanaman talas yang dilakukan di Kecamatan Siberut Selatan dan Siberut Utara, Kabupaten Mentawai diperoleh 21 aksesori talas, masing-masing di Kecamatan Siberut Selatan diperoleh 15 aksesori talas dan di Kecamatan Siberut Utara diperoleh 6 aksesori talas. Aksesori talas yang teridentifikasi dari kecamatan - kecamatan tersebut dapat dilihat pada Tabel 27.

Tabel 27. Aksesori talas yang ditemukan di Kabupaten Mentawai

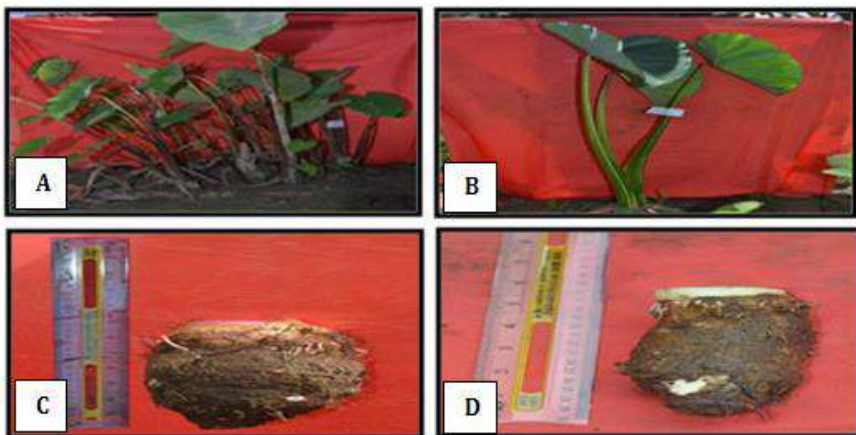
Kecamatan	Desa	Aksesori Talas
Siberut Selatan	Muntei, Dusun Pirok	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bio Laiket 2. Sikalagatna 3. Kalagaita 4. Silakkuk 5. Simasurat Emu 6. Ngalitit 7. Pulelegleg Simaingo 8. Sibahaugna 9. Sikobou 10. Sipungatna 11. Sasarewu 12. Sususuro 13. Birai 14. Bio 15. Bawang
Siberut Utara	Muaro Sikabalu, Dusun Nangnang	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kan Putih 2. Kan Padegan 3. Kan Maile - legleg 4. Kan Kalegan 5. Kan Sinangkek 6. Kan Simugmug

Berdasarkan pengamatan pada semua jenis tanaman talas di dua kecamatan pada kepulauan Mentawai, terdapat dua macam tipe perbanyakan tanaman talas yang ditemukan yaitu perbanyakan dengan stolon yang tampak jelas di permukaan tanah, dan perbanyakan dengan anakan yang tumbuh keluar dari samping umbi atau dapat disebut dengan tunas. Pada semua aksesori yang ditemukan ada beberapa jenis yang memiliki stolon yaitu pada aksesori Bio Laiket, Ngalitit, Sibahaugna Sususuro, dan Kan Simugmug.

Dari jenis yang di temukan memiliki stolon, aksesori Sususuro memiliki stolon yang terbanyak yaitu 4 stolon. Jenis yang memiliki

perbanyak dengan tunas ada dua tipe perbanyak yang ditemukan yaitu tipe banyak anak dan sedikit anak (Gambar 22).

Hasil pengamatan terhadap bagian morfologi *cormus* tanaman talas yang ditemukan di kecamatan Siberut Selatan dan Siberut Utara ditemukan beberapa keragaman bentuk, ukuran, dan berat cormus. Dari 21 aksesi talas yang di temukan ada dua karakter *cormus* yang dominan yaitu warna daging *cormus* bagian atas yaitu warna putih kemerahan dan warna putih, serta dua tipe *cormus* yaitu tipe halter dan tipe ellip. Kusumo (2002) menyebutkan bahwa ukuran dan bentuk dari morfologi tanaman talas bervariasi yang dapat dipengaruhi oleh lingkungan dan faktor genetik. Untuk melihat lebih jelas tipe *cormus* dari semua aksesi yang di temukan di Siberut Selatan dan Siberut Utara disajikan pada Gambar 22.



Gambar 22. Tipe sucker dan tipe cormus talas pada Kabupaten Mentawai, (A) banyak anak, (B) sedikit anak, (C) halter, (D) ellips.

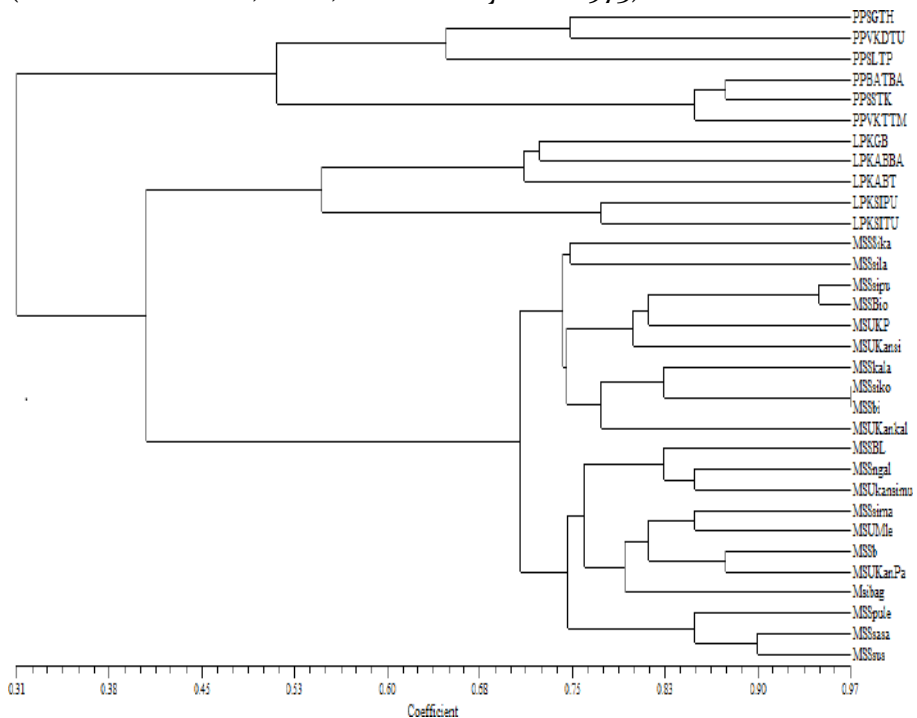
Terdapat keragaman jenis dari bentuk masing-masing aksesi. berdasarkan bentuk bagian basal daun didapatkan 3 tipe pertumbuhan yaitu bentuk mendatar, bentuk mangkok, serta bentuk tegak ujung menghadap ke bawah (Tabel 28).

Tabel 28. Karakter tipe beberapa aksesori talas di Kecamatan Siberut Selatan dan Utara

Lokasi	Karakter				
	Rentang Tanaman (cm)	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah stolon	Panjang stolon (cm)	Jumlah tunas
Bio Laiket	65	75	1	15	1
Sikalagatna	53	91	-	-	8
Kalagaita	95	110	-	-	11
Silakkuk	66	96	-	-	19
Simasurat Emu	53	104	-	-	-
Ngalitet	133	125	1	21	-
Pulelegle Simaingo	55	73	-	-	-
Sibahaug Na	54	85	1	10	1
Sikobou	84	80	-	-	5
Sipungat Na	73	125	-	-	2
Sasarewu	105	93	-	-	-
Sususuro	102	135	4		-
Bawang	54	85	-	-	12
Birai	131	183	-	-	7
Bio	211	275	-	-	3
Kan Putih	86	126	-	-	4
Kan Padegan	64	92	-	-	-
Maile Legleg	102	151	-	-	-
Kan Kalegan	120	171	-	-	-
Kan Sinangkek	80	102	-	-	-
Kan Simugmug	65	135	Ada	60 cm	-

Analisis Kemiripan Antar Aksesori

Analisis kemiripan dilakukan untuk menentukan seberapa dekat dan jauh hubungan kemiripan antara genotipe suatu tanaman dengan menggunakan sifat-sifat morfologis dari suatu tanaman. Sifat morfologis dapat digunakan untuk pengenalan dan menggambarkan kemiripan dalam jenis. Jenis-jenis yang memiliki kemiripan dekat mempunyai banyak persamaan antara satu jenis dengan yang lainnya (Swasti & Sarwendi, 2001 ; Davis & Heywood 1973).



Gambar 23. Dendrogram tiga puluh dua aksesori talas dari tiga kabupaten (Lima Puluh Kota, Padang Pariaman dan Mentawai)

Dari Gambar 23 dapat dilihat bahwa hasil analisis 32 aksesori memiliki kesamaan matriks berkisar pada skala 32% sampai 97% (variasi sebesar 67%). Hal ini berarti bahwa ada tiga kelompok utama bila dilihat pada nilai kemiripan 32%.

Kelompok pertama dibentuk oleh aksesori Lima Puluh Kota Guguk (LPKGB), Lima Puluh Kota (LPKABRA), Lima Puluh Kota (LPKABT), Lima Puluh Kota (LPKSIPU), dan Lima Puluh Kota (LPKSITU). Kelompok kedua dibentuk oleh aksesori Padang Pariaman Sungai Geringging (PPSGTH), Padang Pariaman V Koto Dalam (PPVKDTU), Padang Pariaman Sungai Limau (PPSLTP), Padang Pariaman Batang Anai (PPBATBA), Padang Pariaman Sungai Sariak (PPSTK), dan Padang Pariaman V Koto Timur (PPVKTM). Kelompok ketiga dibentuk oleh aksesori Mentawai Sikalagatna (MSSSika), Mentawai Silakkuk (MSSila), Mentawai Sipungatna (MSSipu), Mentawai Bio Laiket (MSSBio), Mentawai (MSUKP), Mentawai Kan Sinangkek (MSUKansi), Mentawai Kalagaita (MSSKala), Mentawai (MSSaiko), Mentawai (MSSbi), Mentawai (MSUKankal), Mentawai (MSSBL), Mentawai Ngalitet (Ssngal), Mentawai (MSUKanaimu), Mentawai Simasurat Emu (MSSima), Mentawai (MSUMle), Mentawai (MSSb), Mentawai (MSUKanpa), Mentawai (Msibag), Mentawai (MSSpule), Mentawai (MSSaaisa), serta Mentawai (MSSsusus). Selanjutnya bila dilihat pada presentase kemiripan 97% hanya ada satu kelompok yang dibentuk oleh aksesori MSSaiko dan MSSbi (Gambar 23).

Tingkat kemiripan dan ketidak miripan ini dikarenakan perbedaan karakter morfologis antar aksesori pada kelompok tertentu, perbedaan itu baik secara kuantitatif ataupun kualitatif. Karakter kualitatif yang menyebabkan ketidak miripan tersebut ialah bentuk daun, tepi daun, warna helaian daun, warna tepi helaian daun, warna utama tulang daun, warna *petiol* atas, warna cincin *petiol* bawah, dan seterusnya. Karakter kuantitatif berupa rentang tanaman, tinggi tanaman, jumlah tunas, panjang daun, lebar daun, panjang *cormus*, berat *cormus*, dan berat total *cormus*. Perbedaan karakter morfologi juga dipengaruhi oleh genetik dan lingkungan. Sitompul dan Guritno (1995) mengungkapkan bahwa tanaman membutuhkan kondisi lingkungan tertentu untuk mengekspresikan genetiknya secara total.

III. UPAYA PERBAIKAN MUTU TALAS

Tingkat produksi tanaman talas terkait kepada kultivar, teknis budidaya yang digunakan, kondisi lingkungan tempat tumbuh dan umur panennya. Purnamasari (2016) menyebutkan bahwa pada saat kondisi optimal, produktivitas talas dapat melebihi 20 ton/hektar. Namun realitanya, hasil yang diperoleh dari budidaya talas di tingkat petani cukup rendah yaitu hanya sekitar 5–7 ton/ha saja.

Rendahnya hasil yang didapatkan diduga karena umumnya talas yang dibudidayakan oleh petani ditanam di lahan pekarangan sebagai tanaman campuran dengan tata letak yang tidak beraturan, serta rendahnya tingkat kesadaran terhadap pemeliharaan dan perawatan tanaman talas. Upaya untuk meningkatkan produktivitas talas dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya yakni melakukan perbaikan teknis budidaya berupa pemangkasan daun. Akibat dari tidak adanya perawatan pemangkasan yang dilakukan oleh petani selama ini, kondisi kanopi pertanaman talas kurang terkontrol sehingga daun-daun antar tanaman akan saling menutupi. Ramadhan (2018) menyebutkan, bahwa talas yang telah berumur 4 bulan tanpa pemangkasan memiliki nilai indeks luas daun sebesar 1,3. Dimana bahwa nilai indeks luas daun > 1 menggambarkan adanya daun yang saling menaungi, sehingga mengakibatkan daun-daun yang ternaungi pada lapisan bawah tajuk mendapatkan minim cahaya dan akan berpengaruh terhadap rendahnya laju fotosintesis (Sitompul & Guritno, 1995).

Pemangkasan ringan dengan meninggalkan 6 helai daun pada talas dapat meningkatkan bobot umbi pertanaman (3,72 kg/tanaman) serta produktivitas pada talas Kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) (24,78 ton/ha) (Syarif, Ramadhan & Dwipa, 2018). Ramadhan *et al.* (2018) juga menambahkan bahwa dengan pemangkasan meninggalkan 6 helai daun pada talas Kimpul dapat menambah jumlah umbi per tanaman serta bobot per umbi. Pemangkasan dilakukan bertujuan agar jarak dari *source* ke *sink* menjadi lebih pendek sehingga fotosintesis lebih efektif dan translokasi menjadi lebih cepat, sehingga dengan

dilakukan pemangkasan dapat membantu translokasi asimilat dari daun ke umbi. Hal ini ditegaskan oleh Gardner (1985), bahwa dengan melakukan pemangkasan daun ringan berarti kegiatan fotosintesis daun akan tetap berjalan optimal, sehingga asimilat dapat terpenuhi dengan cukup yang nantinya digunakan untuk pertumbuhan dan produksi tanaman.

Umbi talas banyak mengandung getah dan dapat menyebabkan gatal bila tersentuh kulit serta iritasi pada tenggorokan bila dikonsumsi, dikarenakan talas mengandung kalsium oksalat. Menurut Noonan & Savage (1999) kalsium oksalat dengan dosis 4-5 gram dapat menyebabkan rasa gatal serta sensasi terbakar pada kulit, mulut dan saluran pencernaan. Pada beberapa bagian tanaman talas mengandung kalsium oksalat mulai dari *lamina*, *petiole*, *cormel* sampai pada akar. Oksalat juga merupakan senyawa antinutrisi yang dapat menghambat penyerapan mineral dalam tubuh seperti zat besi dan kalsium. Talas perlu mendapat penindakan sebelum dikonsumsi untuk mengurangi kandungan kalsium oksalat serta menghilangkan getah, yaitu sebelum diolah dapat talas direndam beberapa menit dengan air yang ditambahkan garam. Sedangkan untuk meminimalisir lendir pada ubi talas dapat dilakukan perendaman dengan larutan kapur.

Kandungan oksalat inilah yang menjadi salah satu penyebab pemanfaatan talas sebagai pangan alternatif menjadi terbatas. Maka dari itu kandungan kadar oksalat pada talas harus dikurangi agar aman dikonsumsi. Pengurangan kadar oksalat juga berefek baik terhadap kandungan kalsium dalam bahan makanan (Saridewi, 1992). Salah satu upaya untuk menurunkan tingkat kadar asam oksalat ialah dengan pendekatan melalui metode mutasi secara mutagen fisik dengan menggunakan iradiasi sinar gamma *cobalt-60* untuk mendapatkan mutan tanaman talas dengan kandungan kalsium oksalat yang lebih rendah. Hasil penelitian dari Fadli (2018) menunjukkan bahwa terjadi reduksi kandungan kalsium oksalat di daun (*lamina*) antara 0,5862-0,8860 mg/100 g pada perlakuan 30, 60, 90 serta 120 gy. Semakin tinggi dosis mutasi, maka semakin rendah reduksi kandungan kalsium

oksalat. Namun dosis iradiasi efektif terjadi terjadi pada dosis 90 Gy dan reduksi kalsium oksalat sebesar 0,6402 mg/100 g.

IV. PENUTUP

Berbagai keunggulan talas telah dipaparkan baik dari segi keragaman, kuantitas maupun kualitas, diharapkan talas dapat dijadikan pangan alternatif pengganti beras agar mampu meredam dampak krisis pangan sehingga mampu memenuhi kecukupan pangan nasional, serta mewujudkan pangan lokal yang sehat bagi masyarakat. Tentu hal ini dilakukan dengan melakukan kemandirian dan kedaulatan pangan yang diwujudkan melalui diversifikasi pangan baik produksi, ketersediaan, maupun konsumsi. Situasi ini dikarenakan ketergantungan pada satu jenis sumber pangan akan mengakibatkan sulitnya mewujudkan kemandirian dan kedaulatan pangan, sebab peningkatan produksi satu macam jenis pangan akan tidak mudah untuk bisa mengimbangi pertumbuhan penduduk yang begitu cepat.

REFERENSI

- Argasasmita TU. 2008. Karakterisasi sifat fitokimia dan indeks glikemik varietas beras beramilosa rendah dan tinggi [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2007. Rencana aksi nasional pangan dan gizi. Jakarta: Bappenas. p: iii.
- Badan Pusat Statistik. Luas lahan sawah menurut provinsi (ha) 2003 – 2015. <https://www.bps.go.id/dynamictable/2015/09/10/895/luas-lahan-sawahmenurut-provinsi-ha-2003-2015.html> [diakses 24 Agustus 2019].
- Bryan WA, Citraningtyas & Wehantouw F. 2014. Potensi ekstrak pati umbi talas (*Colocasia Esculenta* L) sebagai alternatif sumber pati di Indonesia. Jurnal Ilmiah Farmasi 3 (3) : 2302 – 2493.

- Dewi GP & Ginting AM. 2012. Antisipasi krisis pangan melalui kebijakan diversifikasi pangan. *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik* 3 (1) : 65-78.
- Fadli N. 2018. Pengaruh iradiasi sinar gamma cobalt-60 terhadap pertumbuhan dan kandungan kalsium oksalat pada tanaman talas putih (*Xanthosoma sagittifolium*) [tesis]. Padang: Fakultas Pertanian, Universitas Andalas.
- Jenkins DJ, Kendall CW, Augustin LS, Franceschi S, Hamidi M & Marchie. 2002. Glycemic index : overview of implications in health and disease. *NCBI Journal*. 76(1): 266S-73S.
- Kementerian Pertanian RI. 2017. Data Kementan selaras dengan BPS.<http://www.pertanian.go.id> [diakses 24 Agustus 2019].
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2003. Usaha produksi keripik talas .<http://www.iptekda.lipi.go.id>. [diakses 24 Agustus 2019].
- Mustakim R. 2016. Konsumsi beras per kapita Indonesia tertinggi di dunia. <http://infopublik.id/read/164632/kepala-bppt--konsumsi-beras-per-kapita-indonesia-tertinggi-di-dunia.html> [diakses 24 Agustus 2019].
- Ndisang JF, Vannacci A & Rastogi S. 2017. Insulin resistance, type 1 and type 2 diabetes, and related complications. *Journal of Diabetes Research*. 1478294: 1-3.
- Noonan SC & Savage GP. 1999. Oxalat content of foods and its effect on humans. *Asia Pac J Clin Nutr*. 8(1) : 64-74.
- Oku TN, Mariko & Sadako N. 2010. Consideration of the validity of glycemic index using blood glucose and insulin levels and breath hydrogen. *Int'l. J. Diabetes Melitus* 2 (2) : 88-94.
- Purnamasari R. 2016. Pengaruh waktu tanam dan tingkat kepadatan tanaman jagung (*Zea mays*) pada pertumbuhan dan hasil tanaman talas (*Colocasia esculenta*) yang ditanam secara tumpangsari. *Gontor Agrotech Science Journal* 2 (2) : 37-52.

- Purwono & Heni. 2007. Budidaya 8 jenis tanaman pangan unggul. PT Penebar Swadaya. Jakarta. p: 96-116.
- Ragnhild AL, Axelsen M, & Raben A. 2004. Glycemic index relevance for health, dietary recommendations, and nutritional labeling. *Scandinavian J. Nutrition*. 48 (2): 84-94.
- Ramadhan N. 2018. Pengaruh pemangkasan daun terhadap pertumbuhan dan hasil talas kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) pada umur panen berbeda [tesis]. Padang: Fakultas Pertanian, Universitas Andalas.
- Ramadhan N, Syarif Z, & Dwipa I. 2018. The influence of pruning and differences of harvest times toward taro production (*Xanthosoma sagittifolium*). *SEAS* 2 (2) : 80-85.
- Rimbawan & Siagian A. 2004. Indeks glikemik pangan. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Saridewi D. 1992. Mempelajari pengaruh lama perendaman dan pemasakan terhadap kandungan asam oksalat dan kalsium oksalat pada umbi talas (*Colocasia esculenta* (L) schott) [skripsi]. Bogor : Jurusan Gizi Masyarakat dan Sumber daya Keluarga, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Siagian RA. 2004. Konsep indeks glikemik : cara mudah memilih pangan yang menyehatkan. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sitompul JM & Guritno B. 1995. Analisis pertumbuhan tanaman. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta. p: 67-78.
- Syarif Z, Ramadhan N & Dwipa I. 2018. Pertumbuhan dan hasil tanaman talas kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) pada bermacam umur panen dan pemangkasan jumlah daun berbeda. *Prosiding Seminar Nasional PAGI IV* : 250-257.
- Syekhfani. 2013. Umbi gadung dan talas. <http://syekhfanismd.lecture.ub.ac.i> [diakses 24 Agustus 2019].

Wolever TM, Brand MJC, Abernethy J, Astrup A, Atkinson, & AxelsenM. 2008. Measuring the glycemic index of food: interlaboratory study. The American Journal of Clinical Nutrition. 87 (1) :247S-257S.

IV

Aplikasi Terapan dalam Budidaya Tanaman

- 4.1. Peranan Rizobakteri dalam Menunjang Pertanian yang Berkelanjutan
- 4.2. Peranan Cendawan Mikoriza Indigenus (CEMIKO) sebagai Pupuk Hayati di Daerah Tropika Basah
- 4.3. Ekologi Lanskap dan Konservasi Hymenoptera Parasitoid
- 4.4. Potensi Nilam Sumatera Barat untuk Indonesia
- 4.5. Pengembangan Tanaman Hortikultura di Sumatera Barat

Peranan Rizobakteri dalam Menunjang Pertanian yang Berkelanjutan

Yulmira Yanti

*Dosen bidang Patologi Tumbuhan pada Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan
Fakultas Pertanian, Universitas Andalas
e-mail : mira23@agr.unand.ac.id; yy.anthie97@gmail.com*

I. PENDAHULUAN

Pertanian memberikan kontribusi utama dari segi pendapatan dan hasil ekspor, disamping itu juga untuk keamanan pangan dan lapangan kerja di negara berkembang. Permukaan daratan dunia yang cocok untuk pertanian adalah 11%, 38% diantaranya telah terdegradasi karena praktek-praktek pengelolaan sumber daya alam yang tidak ramah lingkungan Teknik budidaya dalam pertanian konvensional umumnya menggunakan varietas unggul, pengolahan tanah secara mekanik, pupuk anorganik dan pestisida kimia sintetis. Teknik tersebut lebih banyak merugikan bagi lingkungan, misalnya, aliran *run off* pupuk dari pertanian konvensional adalah penyebab utama terbentuknya zona mati dengan tingkat oksigen rendah sehingga kehidupan di laut tidak mampu bertahan. Tanah yang dahulunya subur menjadi asam karena aplikasi pupuk kimia dalam jumlah yang tinggi. Kondisi ini juga terjadi di Indonesia.

Indonesia merupakan salah satu negara mega biodiversitas di kawasan tropika basah, tetapi juga memiliki tanah mineral bermasalah dalam kaitannya dengan tingginya laju dekomposisi bahan organik, erosi tanah, dan pencucian hara. Rendahnya kandungan bahan organik tanah tropika disebabkan oleh temperatur yang tinggi dan cepatnya laju dekomposisi. Tingginya laju dekomposisi bahan organik tanah mengakibatkan efektivitas nilai fungsi bahan organik menjadi rendah.

Untuk itu diperlukan manajemen lahan yang baik agar dapat mempertahankan produktivitas pertanian, menjamin pertumbuhan ekonomi, melindungi keanekaragaman hayati dan memenuhi kebutuhan makanan dari populasi penduduk global yang terus meningkat.

Disamping hal di atas permasalahan penting dalam budi daya tanaman adalah penurunan hasil akibat organisme pengganggu tanaman (OPT), yang terdiri dari hama, penyakit dan gulma. Untuk itu berbagai metode telah digunakan untuk pengendalian hama dan penyakit (Ristaino, 1991), seperti praktek budidaya dan pestisida sintetis (Parra dan Ristaino, 2001). Namun, penggunaan pestisida sintetis telah menimbulkan berbagai masalah, seperti pencemaran lingkungan, dan keracunan pada manusia, serta resistensi hama tertentu terhadap pestisida tersebut (Hernández-Castillo *et al.*, 2005). Akibatnya sejumlah hama tidak dapat dikendalikan dengan pestisida (Hoffland *et al.*, 1995). Ketergantungan pada pestisida kimia untuk pengelolaan hama makin memperburuk kerusakan lingkungan. Selanjutnya harga pestisida yang terus meningkat, terutama di negara berkembang, serta permintaan konsumen untuk makanan yang bebas pestisida telah memicu untuk pencarian alternatif pestisida.

Teknik budidaya tanaman saat ini diarahkan untuk menunjang program pertanian berkelanjutan dengan menerapkan sistem usaha tani yang mampu memelihara sumber daya alam, memelihara lingkungan hidup, menghasilkan produk yang efisien, memiliki daya saing komersial, dan meningkatkan kualitas hidup petani dan masyarakat secara keseluruhan. Prinsip utama pertanian berkelanjutan adalah mempertimbangkan aspek ekonomi (memelihara kelayakan ekonomi usaha tani, menghasilkan pangan yang sesuai kebutuhan), ekologi (optimisasi pengelolaan sumber daya alam, memelihara lingkungan dan keanekaragaman hayati) dan sosial (menopang kesejahteraan masyarakat setempat, melindungi kesehatan petani dan konsumen).

Peranan penting pertanian berkelanjutan saat ini adalah menawarkan potensi untuk memenuhi kebutuhan pertanian masa

depan, yang tidak dilakukan dalam teknik pertanian konvensional. Pertimbangan utama dari pertanian berkelanjutan terfokus pada kegiatan yang terintegrasi antara kesehatan lingkungan, kelayakan ekonomi dan keadilan sosial sehingga menjamin produktivitas sumber daya alam dalam jangka panjang dan peningkatan taraf hidup masyarakat.

Akhir-akhir ini kecenderungan dan minat masyarakat terhadap pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan semakin tinggi. Mulai terdapat kebutuhan untuk beralih secara bertahap dari ketergantungan total pada metode pengendalian kimia ke metode pengendalian secara biologis. Dalam konteks ini, bahwa agens hayati atau agens biokontrol seperti biopestisida termasuk rizobakteri pemicu pertumbuhan tanaman atau *Plant Growth - Promoting Rhizobacteria* (PGPR), dianggap sebagai pilihan yang layak dalam pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Para ilmuwan telah banyak mengkaji dan meneliti tentang rizobakteri yang bersifat multi mekanisme, seperti kompatibel untuk pengendalian beberapa jenis hama dan penyakit tanaman, sebagai pupuk hayati untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, sebagai bioremediasi untuk menetralkan efek racun di dalam tanah. Untuk itu perlu diteliti dan dikembangkan secara luas penggunaan PGPR sebagai salah satu strategi untuk meningkatkan produktivitas tanaman yang efisien, ekonomis dan ramah lingkungan.

Penulisan artikel ini bertujuan untuk memberikan gambaran bahwa dalam menunjang pertanian berkelanjutan perlu digali potensi teknologi pengendalian OPT menggunakan rizobakteri di kawasan tropika basah yang ramah lingkungan, sumber daya lokal (*indigenus*), bersifat multimekanisme sehingga produk yang dihasilkan berdaya hasil tinggi, aman dikonsumsi, berdaya saing tinggi dan menguntungkan secara ekonomi.

II. PERTANIAN BERKELANJUTAN

Meskipun revolusi hijau menyebabkan peningkatan produksi di banyak negara berkembang, tetapi juga banyak dampak negatifnya, seperti penggunaan pestisida sintetik menyebabkan resistensi hama dan patogen, matinya musuh alami dan organisme bukan sasaran, munculnya hama baru akibat kematian musuh alami. Dampak negatif ini juga terjadi pada lingkungan akibat pestisida sintetik dan pupuk buatan yang menyebabkan pencemaran tanah, air dan udara. Selanjutnya produk pertanian yang dihasilkan juga tercemar pestisida di atas ambang layak konsumsi, sehingga tidak aman bagi kesehatan. Penggunaan varietas unggul secara luas menyebabkan pengurangan bahkan menghilangkan varietas lokal, sehingga terjadi penurunan keanekaragaman genetik. Disamping itu revolusi hijau pada negara berkembang menyebabkan tingginya ketergantungan terhadap sarana produksi dan teknologi pertanian yang berasal dari negara maju. Kondisi ini menyebabkan munculnya konsep budidaya yang ramah lingkungan.

Menjelang akhir abad 20 muncul paradigma pertanian yang baru sebagai reaksi terhadap revolusi hijau, seperti pertanian organik, *low external input sustainable agriculture* (LEISA) dan lain- lain. Selanjutnya sistem LEISA memunculkan ide pertanian terpadu, dalam hal ini keterpaduan tidak hanya dalam jenis usaha (tanaman, ternak, kolam ikan dan kehutanan) tetapi juga antar segmen usaha dari hulu sampai ke hilir. Untuk pertanian yang berbasis budi daya tanaman, sistem pertanian terpadu (*Inter Crop Management*, ICM) menghasilkan subsistem budidaya tanaman terpadu. Dalam konsep ini pengendalian hama terpadu (PHT) merupakan kunci untuk keberhasilan ICM, yang meliputi: 1) Pengembangan PHT pada semua aspek manajemen lapangan produksi. 2) Tidak menghilangkan penggunaan pestisida sintetik, tetapi mengurangi penggunaan teknik pengendalian hama yang merusak lingkungan. 3) mendorong penerapan teknologi tinggi yang berdampak rendah terhadap lingkungan. 4) kesuksesan program ini tergantung pada kerjasama yang baik antara pemerintah, perguruan tinggi dan petani.

Berdasarkan hal di atas maka pertanian berkelanjutan merupakan sistem yang mampu memelihara produktivitas dan manfaat bagi keseluruhan masyarakat untuk rentang waktu yang tak terbatas. Sistem pertanian yang demikian harus menerapkan sistem usaha tani yang mampu memelihara sumber daya alam dan lingkungan hidup, menghasilkan produk yang efisien, memiliki daya saing komersial, dan meningkatkan kualitas hidup petani dan masyarakat secara keseluruhan.

Ciri-ciri sistem pertanian berkelanjutan adalah: 1) keberlangsungan fungsi dan proses produksi yang kontinu (lestari) dan dinamis, 2) mempunyai ketangguhan atau daya lenting dalam menghadapi risiko pertanian, 3) produktivitas tinggi, 4) usaha tani yang ramah lingkungan, 5) kualitas lingkungan, sumber daya alam (SDA), dan produk pertanian yang baik, 6) tingginya keanekaragaman biologi, ekologi, 7. kualitas hidup petani meningkat, serta 8) berkesinambungan dalam hal kelestarian usaha dan daya dukung lahan secara umum.

Pengoptimalan sumber daya lokal melalui penggunaan komponen yang berbeda dari sistem usaha tani (tanaman, hewan, air, tanah, iklim) diharapkan dapat berfungsi secara sinergis, sehingga dapat menurunkan penggunaan input dari luar berupa bahan yang tidak terbaharui yang punya potensi merusak lingkungan dan meminimalkan biaya variabel. Penggunaan input internal dalam agroekosistem adalah penting untuk menjamin produksi pertanian yang berkelanjutan dalam jangka panjang, seperti siklus nutrisi yang dapat dikonservasi, mengusahakan sumber daya lokal, perbaikan pola tanam yang cocok dengan potensi produksi, lingkungan dan lanskap. Untuk itu perlu pemantauan keanekaragaman hayati pada lingkungan alami dan lanskap buatan dengan mengoptimalkan penggunaan potensi biologis dan genetik dari tanaman dan hewan. Selanjutnya juga dapat ditinjau pemanfaatan pengetahuan praktis lokal melalui pendekatan inovatif yang belum dipahami para ilmuwan tetapi telah digunakan petani secara luas.

Untuk mendukung program pertanian berkelanjutan, maka pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT) mengacu pada program pengendalian hama terpadu (PHT). Program PHT yang dikembangkan akhir-akhir ini lebih dinamis, pendekatannya berwawasan ekologis dengan pertimbangan usaha tani yang spesifik lokasi perlu dipahami dan dikelola untuk meminimalkan perkembangan OPT. Konsep ini dikenal juga dengan PHT biointensif (Dufour, 2008). Berdasarkan hal tersebut, maka prinsip utama pengendalian OPT mengarah pada pengoptimalan sumber daya hayati di lingkungan agroekosistem (indigenus) dengan pertimbangan ekologis dan ekonomis (Habazar *et al.*, 2010).

Salah satu komponen utama PHT adalah pengendalian hayati. Keuntungan pengendalian hayati penyakit tanaman antara lain: dapat diperbaharui, sumber daya lokal, dapat diperbanyak dengan teknologi sederhana dan mudah cara aplikasinya. Beberapa jenis agens hayati punya fungsi ganda, yaitu: menghasilkan antibiotik, mampu berkompetisi, menghasilkan enzim kitinase penyebab lisis sel mikroba patogen, pengimbas ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit. Disamping itu agens hayati juga berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, menurunkan efek toksik di dalam tanah (bioremediasi) dan lain-lain (Habazar 2005) dan menghindari pencemaran lingkungan.

Mikroorganisme yang sudah banyak dilaporkan mampu sebagai agen biokontrol dan sekaligus memacu pertumbuhan dan hasil tanaman adalah kelompok rizobakteri. Rizobakteri merupakan mikroorganisme indigenus pada tanah dan rizosfer tanaman dan berperan penting sebagai agen biokontrol terhadap hama dan patogen tanaman. Kelompok bakteri ini heterogen yang ditemukan dalam kompleks rhizosfer, pada permukaan akar (rizoplan) dan berasosiasi dalam akar (endofit) (Ahmad *et al.*, 2008; Yanti *et al.*, 2013). Rizobakteri juga dapat meningkatkan kualitas pertumbuhan tanaman secara langsung ataupun tidak langsung (Joseph *et al.*, 2007). Menurut do Vale Barreto Figueiredo *et al.* (2010) selama 2 dekade ini, penggunaan

PGPR untuk menunjang pengembangan pertanian berkelanjutan semakin meningkat.

III. RIZOBAKTERI SEBAGAI *PLANT GROWTH - PROMOTING RHIZOBACTERIA* (PGPR)

Rizosfer adalah zona atau wilayah tanah yang berdekatan langsung ke permukaan akar dan dipengaruhi oleh eksudat akar. Zona ini merupakan habitat sebagian besar mikroorganisme tanah (bakteri dan jamur). Mikroorganisme tersebut memanfaatkan senyawa dan bahan yang dikeluarkan dari akar tanaman sebagai sumber energi. Kloepper dan Schroth (1978) memperkenalkan istilah 'rhizobacteria' untuk komunitas bakteri tanah yang kompetitif dalam mengkolonisasi perakaran tanaman dan merangsang pertumbuhan, serta mengendalikan penyakit tanaman. Selanjutnya kelompok rhizobakteri ini diistilahkan sebagai *Plant Growth- Promoting Rhizobacteria* (PGPR) atau rizobakteri pemicu pertumbuhan tanaman (Kloepper dan Schroth 1981). Kemampuan PGPR yang cepat mengkolonisasi rizosfir dan merangsang pertumbuhan tanaman, menyebabkan akhir - akhir ini telah banyak dieksploitasi untuk peningkatan produksi tanaman (do Vale Barreto Figueiredo *et al.*, 2010).

PGPR menunjukkan kestabilan pada ekosistem tanah karena daya adaptasinya yang tinggi pada berbagai lingkungan, tingkat pertumbuhan yang lebih cepat dan fleksibilitas terhadap senyawa biokimia dalam memetabolisme berbagai senyawa alami dan *xenobiotic*. PGPR merupakan komponen penting dalam praktek pengelolaan pertanian (Cook 2002). Konsep PGPR kini telah dibatasi pada galur bakteri yang dapat memenuhi dua dari tiga kriteria dalam memacu pertumbuhan tanaman, seperti kolonisasi yang agresif, stimulasi pertumbuhan tanaman dan biokontrol (Weller *et al.*, 2002).

Untuk memahami aspek yang berkaitan dengan peranan PGPR yang bermanfaat bagi tanaman, maka bidang ilmu yang terkait dengan PGPR bersifat multidisiplin, seperti pendekatan untuk memahami adaptasi PGPR dalam rizosfir tanaman, efeknya terhadap fisiologi dan

pertumbuhan, *induced systemic resistance* (ISR) atau ketahanan tanaman yang terinduksi, biokontrol hama dan patogen, biofertilisasi, dan potensinya sebagai teknik alternatif yang aman untuk produktivitas tanaman, viabilitas setelah diinokulasi pada tanaman, interaksi PGPR dengan tanaman, dan mekanisme kolonisasi akar (do Vale Barreto Figueiredo *et al.*, 2010).

PGPR dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui mekanisme yang berbeda secara langsung ataupun tidak langsung. Mekanisme tersebut mungkin aktif secara bersamaan ataupun secara bertahap pada fase pertumbuhan tanaman yang berbeda. Beberapa contoh mekanisme PGPR dalam peningkatan pertumbuhan tanaman, yaitu: (1) peningkatan pelarutan hara dan pengikatan nitrogen sehingga tersedia bagi tanaman; (2) menekan perkembangan patogen tular tanah (produksi HCN, siderofor, antibiotik, dan/atau kompetisi terhadap makanan); (3) perbaikan toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan, salinitas, dan keracunan logam; dan (4) produksi fitohormon seperti *indole-3-acetic acid* (IAA). Selain itu beberapa kelompok PGPR menghasilkan enzim 1-aminocyclopropane - 1-carboxylate (ACC) deminase, menghidrolisis ACC serta sebagai presursor ethylene di dalam tanaman (Glick *et al.*, 1995). Dengan rendahnya konsentrasi ethylen pada bibit dan efek penghambatan, PGPR merangsang pertumbuhan panjang akar dan bibit (Glick *et al.*, 1999).

Kelompok PGPR terdiri atas 7 *phylum* yaitu Acidobacteria, Deinococcus-Thermus (Yadaf *et al.*, 2017) Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes, dan Proteobacteria (do Vale Barreto Figueiredo *et al.*, 2010, Yadaf *et al.*, 2017) Cyanobacteria (do Vale Barreto Figueiredo *et al.*, 2010). Menurut Yadaf *et al.*, (2017) PGPR terdiri atas 35 genus, yaitu: *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Brevibacterium*, *Burkholderia*, *Collimonas*, *Curtobacterium*, *Diplococcus*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Flexibacterium*, *Gluconoacetobacter*, *Haloarcula*, *Halobacterium*, *Halococcus*, *Haloferax*, *Herbaspirillum*, *Klebsiella*, *Methylobacterium*, *Micrococcus*,

Nocardioides, *Paenibacillus*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia*, *Streptomyces*, dan *Xanthomonas*.

IV. PERAN RIZOBAKTERI DALAM PERTANIAN

Rizobakteri memiliki fungsi/peran yang beragam di bidang pertanian, dan kehutanan. Rizobakteri dapat digunakan sebagai pupuk hayati dan agen biokontrol, dengan potensi praktis dalam meningkatkan produktivitas pertanian. Kemampuan PGPR dalam meningkatkan produktivitas tanaman dapat bersifat multi mekanisme, yaitu sebagai agens hayati untuk pengendalian penyakit dan hama, pemacu pertumbuhan tanaman, meningkatkan hasil panen dan peningkatan kualitas.

4.1 Pemacu Pertumbuhan Tanaman

Sebagai pemacu pertumbuhan tanaman PGPR dapat berperan sebagai pupuk hayati, rhizoremediators, phytostimulators dan melindungi tanaman dari cekaman abiotik dan stres (Induced Systemic Tolerance = induksi toleransi sistemik). PGPR membantu ketersediaan hara bagi inangnya melalui fiksasi nitrogen dan kemampuan melarutkan fosfat (Lugtenberg dan Kamilova, 2009), menyediakan unsur Fe melalui siderofor, dan menghasilkan fitohormon seperti IAA, giberelin dan sitokinin (Miller dan Berg, 2009). Selanjutnya PGPR juga mampu menghasilkan atau mengubah konsentrasi hormon tanaman seperti asam indolasetat (indoleacetic acid = IAA), asam giberelat, sitokinin, dan etilen atau prekursornya (1-aminosiklopropena-1-karboksilat deaminase) di dalam tanaman, tidak bersimbiotik dalam fiksasi N₂, melarutkan fosfat, mempengaruhi pembentukan bintil akar (Fernando *et al.*, 2005). Bakteri endofit *B.cereus* Se07 (SN₂E₂) dan *S. marcescens* (ULG₁E₂), potensial sebagai PGPR dan bersifat toleran. Kedua bakteri ini mampu meningkatkan berat basah dan berat kering umbi sampai lebih dari 200 % (Resti 2016). Hasil penelitian ini lebih baik dari penelitian lainnya, antara lain penelitian Harish *et al.* (2009) mengenai pengaruh bioformulasi campuran isolat *Pseudomonas fluorescens* (Pfi) dan *Bacillus sp* (EPB 22) pada pisang meningkatkan

hasil 53.33 % dibandingkan kontrol. Dawwam *et al.*, (2013) isolat bakteri endofit P35 dari ubi jalar mampu meningkatkan berat basah tunas dan berat kering tunas ubi jalar masing-masing 2.6 dan 2.02 kali lebih tinggi dari kontrol. Meningkatkan berat basah dan berat kering akar ubi jalar masing-masing 2.47 dan 2.3 kali lebih tinggi dari kontrol. Bakteri endofit yang mampu meningkatkan hasil bawang merah ini pun ternyata juga mampu menekan penyakit HDB (lebih dari 28 %). Ini menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit tersebut bersifat toleran, walaupun menunjukkan gejala HDB namun masih dapat berproduksi maksimal (Ribeiro do Vale *et al.*, 2001).

Mekanisme rizobakteri sebagai pupuk hayati dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman adalah sebagai berikut: produksi *phytohormone*, pengikatan nitrogen secara biologis, pelarutan mineral fosfat dan nutrisi lainnya. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa stimulasi pertumbuhan tanaman oleh PGPR bersifat multi mekanisme yang diaktifkan secara bersamaan.

Produksi Fitohormon

Rizobakteri menghasilkan fitohormon yang diyakini terkait dengan kemampuannya untuk merangsang pertumbuhan tanaman. Hormon adalah senyawa organik yang efektif pada konsentrasi yang sangat rendah; hormon biasanya disintesis di salah satu bagian dari tanaman dan diangkut ke lokasi lain. Hormon berinteraksi dengan jaringan target yang spesifik untuk menyebabkan respon fisiologis, seperti pertumbuhan atau pematangan buah. Ahli botani mengakui lima kelompok utama hormon: auksin, giberelin, etilen, sitokinin dan asam absisat.

IAA adalah fitohormon yang terlibat dalam inisiasi akar, pembelahan sel dan pembesaran sel. Hormon ini sangat umum diproduksi oleh PGPR dan terkait dalam pemicu pertumbuhan tanaman. Namun, efek dari IAA pada tanaman tergantung pada sensitivitas tanaman untuk IAA dan jumlah IAA yang dihasilkan dari bakteri terkait induksi phytohormones lainnya. IAA dari *Pseudomonas putida* memainkan peran utama dalam perkembangan sistem

perakaran tanaman inang. Umumnya, IAA yang diproduksi oleh rizobakteri diyakini dapat meningkatkan pertumbuhan akar dan panjang akar, sehingga luas permukaan akar lebih besar memungkinkan tanaman untuk mengakses lebih banyak nutrisi dari tanah. Hormon IAA yang dihasilkan oleh rizobakteri berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat (Yanti *et al.*, 2018b), *Bacillus* spp. pada tanaman cabai (Yanti *et al.*, 2017b), kentang dan tomat (Yanti *et al.*, 2017c., 2018b).

Sitokinin adalah kelas fitohormon yang dikenal dapat memicu pembelahan sel, pembesaran sel, dan perluasan jaringan di bagian tanaman tertentu (Salisbury, 1994). Sitokinin diproduksi oleh *Pseudomonas fluorescens* diisolasi dari rizosfer dari kedelai (De Salamone *et al.*, 2001).

Giberelin adalah kelas fitohormon yang paling sering dikaitkan dengan memodifikasi morfologi tumbuhan dengan perpanjangan jaringan tanaman, terutama jaringan batang (Salisbury 1994). Bukti produksi giberelin oleh rizobakteri masih jarang; Namun, Gutierrez-Manero *et al.* (2001) memberikan bukti bahwa empat bentuk yang berbeda dari giberelin yang diproduksi oleh *Bacillus pumilus* dan *B. licheniformis*.

Ethylene adalah satu-satunya fitohormon yang berbentuk gas. Hormon ini juga dikenal sebagai hormon luka karena produksinya disebabkan oleh gangguan fisik atau kimia jaringan tanaman (Salisbury, 1994). Glick dan Pasternak (2003) mengemukakan teori bahwa kemampuan beberapa rizobakteri dalam produksi 1- karboksilat deaminase, enzim yang bisa menguraikan ACC yang merupakan prekursor langsung dalam jalur biosintesis untuk etilen. Jalur sinyal yang diaktifkan dalam hal ini tergantung pada etilen tetapi independen dari asam salisilat (SA) dan asam jasmonat (JA) sinyal (Ryu *et al.*, 2004).

Asam absisat (ABA), juga dikenal sebagai abscisin II dan dormin, adalah hormon tanaman. ABA adalah hormon utama yang mengontrol kemampuan tanaman untuk bertahan hidup pada kondisi ekstrim dan perubahan lingkungan. Hormon ini merupakan jalur sinyal yang ada

pada semua jenis tanaman dan dianggap sebagai adaptasi sangat awal untuk lingkungan terestrial. ABA berperan dalam pengendalian pertumbuhan akar, pengeringan biji dan dormansi, respon sel penjaga dan osmoprotection seluler. ABA memiliki banyak fungsi dalam proses perkembangan tanaman, termasuk dormansi tunas. ABA dapat merangsang pertumbuhan akar pada tanaman untuk mengambil air dari tanah.

Fiksasi Nitrogen Secara Biologis

Rizobakteri memfasilitasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara langsung dengan menyuplai nitrogen untuk tanaman melalui fiksasi nitrogen. Nitrogen (N_2) adalah salah satu nutrisi tanaman pokok dan menjadi faktor pembatas dalam ekosistem pertanian karena dapat hilang dalam jumlah besar akibat curah hujan tinggi atau pencucian mineral. Nitrogen merupakan elemen penting untuk semua bentuk kehidupan.

Sayangnya tidak ada spesies tanaman yang mampu mengikat nitrogen bebas dari atmosfer menjadi amonia dan mengeluarkan secara langsung untuk pertumbuhan, sehingga tanaman tergantung pada fiksasi nitrogen biologis. Rizobakteri dapat mengikat N_2 atmosfer baik secara simbiotik atau non-simbiotik

Fiksasi N_2 simbiotik untuk tanaman legum dengan inokulasi yang efektif dari PGPR telah dikenal (Esitken *et al.*, 2006). PGPR ini hidup di dalam sel-sel tanaman dan menghasilkan nodul. Contohnya termasuk *Rhizobium*, *Mesorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Allorhizobium* dan spesies *Sinorhizobium*. Proses fiksasi N_2 simbiosis terbatas hanya untuk tanaman legum dan berbagai pohon dan semak-semak yang membentuk akar actinorhizal dengan *Frankia*.

Fiksasi Non-simbiosis N_2 secara biologis pada dasarnya dilakukan oleh bakteri Diazotrophs yang hidup bebas yang termasuk dalam genera seperti *Azoarcus* (Reinhold-Hurek *et al.*, 1993), *Azospirillum* (Basan dan de-Basan, 2010), *Burkholderia* (Estrada de los Santos *et al.*, 2001), *Gluconacetobacter* (Fuentes-Ramirez *et al.*, 2001), *Pseudomonas* (Mirza *et al.*, 2006), *Azotobacter*, *Arthrobacter*,

Acinetobacter, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Klebsiella*, *Acetobacter*, dll yang berhubungan dengan *rhizosphere* tanaman dan mengikat N₂ dari atmosfer menjadi bentuk yang diambil oleh tanaman. Rhizobakteri ini hidup bebas dan tinggal di luar sel-sel tumbuhan dan tidak menghasilkan nodul. rhizobakteri ini dilaporkan dapat mengikat atmosfer N₂ dalam tanah (Riggs *et al.*, 2001) dan membuatnya tersedia untuk tanaman.

Solubilisasi Fosfat dan Nutrisi Lain

Rizobakteri dapat mengubah fisiologi tanaman dan sifat nutrisi dan fisik tertentu dari rizosfer tanah dan secara tidak langsung berpengaruh pada pola kolonisasi mikroorganisme tanah di wilayah tertentu. Inokulasi rhizobakteri meningkatkan penyerapan unsur hara seperti Ca, K, Fe, Cu, Mn dan Zn oleh tanaman melalui stimulasi dari pompa proton ATPase (Mantelin dan Touraine, 2004). Telah dilaporkan kombinasi dari inokulan *Bacillus* dan *Microbacterium* untuk meningkatkan penyerapan unsur-unsur mineral oleh tanaman (Karlidag *et al.*, 2007). Peningkatan serapan hara oleh tanaman dapat dijelaskan melalui produksi asam organik oleh tanaman dan rizobakteri yang dapat mengurangi pH tanah di rhizosfer. Pelarutan hara nutrisi dalam tanah adalah salah satu kriteria penting dalam memfasilitasi pengangkutan hara (Glick, 1995).

Rizobakteri secara aktif terlibat dalam pelarutan mineral penting seperti fosfor dan besi, sehingga meningkatkan ketersediaan nutrisi penting untuk tanaman. Peran positif dari rizobakteri dalam merangsang pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan kelarutan (melepaskan siderofor atau asam organik) dan serapan hara oleh tanaman telah didokumentasikan dalam literatur (Glick, 1995).

Produksi Siderofor

Besi adalah salah satu mineral massal yang tersedia dalam jumlah berlimpah di bumi, namun tidak tersedia di tanah untuk tanaman. Hal ini karena Fe³⁺ (ion besi) adalah bentuk umum dari besi yang ditemukan di alam dan jumlahnya sangat sedikit. Untuk

mengatasi masalah ini, rizobakteri mensekresikan siderofor. Siderofor adalah protein pengikat besi yang bermassa molekul rendah dan memiliki afinitas pengikatan yang tinggi dengan ion besi. Fe tanah hadir dalam bentuk teroksidasi (Fe^{3+}), sebagai komponen mineral larut seperti goethite dan hematit (Fe_2O_3). bakteri Rizosfir (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Geobacter*, *Alcaligenes*, *Clostridium* dan *Enterobacter*) dapat mereduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} yang merupakan bentuk ion yang dibutuhkan oleh tanaman.

Siderofor disekresikan oleh rizobakteri dan meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan meningkatkan aksesibilitas besi dalam tanah sekitar akar. Tanaman memanfaatkan siderofor yang disekresikan oleh rizobakteri untuk memperoleh besi. Mentimun memiliki kemampuan untuk menggunakan siderofor mikroba sebagai satu-satunya sumber zat besi dari siderofor sendiri (fitosiderofor). Siderofor mikroba juga dilaporkan meningkatkan kandungan klorofil dan biomassa tanaman pada tanaman mentimun. Selain mengangkut besi, siderofor memiliki fungsi lain, termasuk menurunkan patogenisitas patogen dengan cara mengambil besi yang tersedia di tanah secara intraseluler sehingga pertumbuhan mikroorganisme lainnya menjadi tertekan.

Pupuk Hayati

Pupuk hayati adalah mikroorganisme hidup yang bila diterapkan pada bibit atau permukaan tanaman yang berdekatan dengan tanah, bisa mengkolonisasi rizosfir atau bagian dalam dari tanaman dan dengan demikian mendorong pertumbuhan akar. Pupuk hayati jangka seharusnya tidak digunakan bergantian dengan pupuk hijau, pupuk kandang, tumpang sari atau suplementasi pupuk kimia organik. Menariknya beberapa spesies PGPR telah muncul untuk memicu pertumbuhan tanaman dengan bertindak baik sebagai biofertilizer dan biopestisida. Untuk contoh, strain *Burkholderia cepacia* telah diamati dengan karakteristik biokontrol untuk *Fusarium* spp., Dan juga dapat merangsang pertumbuhan tanaman jagung dalam kondisi miskin zat besi melalui produksi siderophore (Bevivino *et al.*, 1998).

Allorhizobium, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* dan *Sinorhizobium* dilaporkan sebagai strain PGPR ampuh untuk kemampuan mereka bertindak sebagai pupuk hayati (Vessey, 2003). Bakteri ini adalah kelompok penting dari mikroorganisme yang digunakan dalam pupuk hayati. menyumbang Biofertilization untuk sekitar 65% dari pasokan nitrogen untuk tanaman di seluruh dunia.

Hubungan antara PGPR dan inangnya dapat dikategorikan menjadi dua tingkat dasar kompleksitas: (i) rizosfer dan (ii) endofit. Dalam hubungan rizosfer, yang PGPR dapat menjajah rhizosfer, permukaan akar atau bahkan ruang-ruang antar dangkal akar tanaman (McCully, 2001). Hal ini hanya karena perubahan sifat fisikokimia tanah yang berbeda rizosfer seperti pH tanah, potensi air dan tekanan parsial O₂ dan eksudasi tanaman dibandingkan dengan tanah massal yang pada gilirannya dapat mempengaruhi kemampuan strain PGPR untuk menjajah rhizosfer (Griffiths *et al.*, 1999). Dalam hubungan endofit, PGPR berada dalam ruang apoplastic dalam tanaman inang. Ada bukti langsung dari keberadaan endofitik di ruang apoplastic antar jaringan parenkim (Dong *et al.*, 1997) dan pembuluh xilem (James *et al.*, 2001). Contoh terbaik dapat dikutip dari simbiosis legum-rhizobia pada tanaman polongan (Vessey, 2003). Dengan demikian, cara-cara yang PGPR meningkatkan status gizi tanaman inang dan dengan demikian bertindak sebagai pupuk hayati dapat dikategorikan menjadi lima wilayah yang berbeda seperti fiksasi N₂ biologis, meningkatkan ketersediaan nutrisi dalam rhizosfer, meningkatkan luas permukaan akar, meningkatkan simbiosis yang menguntungkan dari tuan rumah dan akhirnya kombinasi dari semua mode di atas tindakan. Namun, tingkat keintiman antara PGPR dan tanaman inang dapat bervariasi tergantung di mana dan bagaimana PGPR berkolonisasi tanaman.

Rhizobakteri merupakan bakteri tanah pemacu pertumbuhan tanaman yang menguntungkan, yang mengkolonisasi akar dan meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan mekanisme yang berbeda menunjukkan bahwa PGPR sebagai alternatif terbaik untuk pupuk kimia untuk pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan. Mereka tidak hanya akan memberikan nutrisi pada tanaman (*direct*

promosi pertumbuhan tanaman) dan melindungi tanaman terhadap bakteri patogen (tidak langsung pabrik promosi pertumbuhan) tetapi juga meningkatkan kesuburan tanah. Dengan demikian, kesadaran harus menang di kalangan petani tentang dampak negatif dari pupuk kimia dan aspek positif dari PGPR sebagai pupuk hayati.

4.2 Produksi ACC Deaminase

Meskipun ethylene sangat penting untuk pertumbuhan normal dan perkembangan pada tumbuhan, pada konsentrasi tinggi dapat berbahaya karena menyebabkan defoliasi dan proses seluler lain yang dapat menyebabkan kinerja tanaman berkurang. Menggunakan aktivitas asam 1-carboxylic (ACC) 1-aminocyclopropane-deaminase, PGPR dapat mengalihkan ACC dari jalur biosintesis etilen dalam sistem akar tanaman *Arabidopsis thaliana* xxs (Desbrosses *et al.*, 2009). Dengan demikian, rhizobakteri membantu dalam mengurangi akumulasi tingkat etilena dan membangun kembali sistem akar yang sehat yang diperlukan untuk mengatasi stres lingkungan. Mekanisme utama termasuk penghancuran etilena melalui enzim ACC deaminase. Rhizosfer bakteri seperti *Achromobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Pseudomonas* dan *Rhizobium* memiliki kemampuan ACC deaminase (Duan *et al.*, 2009). Sebagian besar penelitian telah menunjukkan produksi gen deaminase ACC di tanaman diperlakukan dengan PGPR bawah tekanan lingkungan. Ghosh *et al.* (2003) mencatat aktivitas deaminase ACC di tiga spesies *Bacillus*, yaitu *B. circulans* DUC₁, *B. firmus* DUC₂ dan *B. globisporus* DUC₃ yang merangsang pemanjangan akar *Brassica campestris*. Mayak *et al.* (2004) mengamati tanaman tomat yang diinokulasi dengan bakteri *Achromobacter piechaudii* dalam kondisi cekaman air dan garam dan melaporkan peningkatan yang signifikan dalam berat basah dan kering tanaman.

PGPR mengandung deaminase ACC dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman khususnya dalam kondisi lingkungan stres seperti salinitas, kekeringan, genangan air, suhu, patogenisitas dan kontaminan dalam menanggapi banyak cekaman abiotik dan biotik

(Saleem *et al.*, 2007). Meskipun upaya telah dilakukan untuk memperkenalkan gen deaminase ACC ke tanaman untuk pertumbuhan yang optimal, modifikasi genetik untuk semua spesies tanaman yang belum mungkin karena banyak cacat seperti hak kepemilikan dan perjanjian perdagangan internasional tentang rekayasa genetika (GM) tanaman dan keterbatasan rekombinan teknologi DNA.

4.3 Produksi Senyawa Organik Volatil

Penemuan senyawa organik volatil (*Volatile organic compound*, VOC) yang dihasilkan oleh rhizobakteri merupakan mekanisme penting untuk elisitasi pertumbuhan tanaman oleh rhizobakteri. Ryu *et al.* (2003) mencatat beberapa strain rizobakteri yaitu *Bacillus subtilis* GBO₃, *B. amyloliquefaciens* IN937a dan *Enterobacter cloacae* JM22 menghasilkan perpaduan komponen volatil, terutama, 2,3 butanediol dan asetoin, yang memicu pertumbuhan *Arabidopsis thaliana* menunjukkan bahwa sintesis bioaktif VOC adalah fenomena spesifik pada strain tertentu. Sekarang telah diketahui bahwa VOC yang dihasilkan oleh strain rizobakteri dapat bertindak sebagai sinyal molekul interaksi tanaman dan mikroba yang dihasilkan pada konsentrasi yang cukup untuk memicu respon tanaman (Ryu *et al.*, 2003). Farmer (2001) mengidentifikasi senyawa volatil tanaman dengan berat molekul rendah seperti terpena dan jasmonates sebagai molekul sinyal yang kuat bagi organisme.

4.4 PGPR sebagai Elisitor Biotik

Elisitor adalah bahan kimia atau Biofactors dari berbagai sumber yang dapat memicu respon fisiologis dan morfologis serta akumulasi phytoalexin pada tanaman. Mungkin Elisitor abiotik seperti ion logam atau senyawa anorganik dan Elisitor biotik, pada dasarnya berasal dari jamur, bakteri, virus, komponen dinding sel tanaman dan bahan kimia yang dilepaskan karena reaksi antagonis tanaman terhadap bakteri patogen atau serangan herbivora. Sekarang telah diketahui bahwa perlakuan tanaman dengan Elisitor biotik dapat menyebabkan berbagai reaksi pertahanan termasuk akumulasi berbagai molekul

bioaktif defensif seperti phytoalexins pada tanaman. Dengan demikian, elisitasi dapat digunakan untuk menginduksi ekspresi gen penyandi metabolit antimikroba. Mikroba rizosfir dikenal baik dalam bertindak sebagai Elisitor biotik, yang dapat menginduksi sintesis produk sekunder pada tanaman (Sekar dan Kandavel, 2010). Adanya sinyal adalah langkah awal menuju sinyal elisitor jalur transduksi biotik pada tanaman. Asam jasmonat dan metil ester adalah transduser sinyal di berbagai kultur sel tanaman yang bisa menumpuk dengan cepat ketika suspensi kultur dari *Rauvolfia canescens* dan *Eschscholtzia californica* diperlakukan dengan elisitor dari yeast (Roberts dan Shuler, 1997). Beberapa PGPR Elisitor sebagai biotik yang dilaporkan seperti Ajmalisin, serpentine, picrocrocine, crocetin, hyoscyamine dan scopolamine, senyawa safranal dan tanshinone yang diketahui sebagai metabolit penting yang diproduksi oleh spesies PGPR dalam memunculkan respon fisiologis dan morfologi dalam tanaman.

4.5 Rhizoremediation

Sebagai rhizoremediators bakteri endofit dapat dimanfaatkan untuk menurunkan polutan seperti minyak bumi, toluena dan pelarut organik lainnya, dan melindungi tanaman dari kerusakan akibat logam (de Basan *et al.*, 2012). Penerapan rizobakteri dalam teknologi rizoremediasi sekarang tergolong efektif karena galur rizobakteri yang diinokulasi bisa membantu peningkatan pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang luar biasa dalam kondisi agroklimat yang terkontaminasi. Rizobakteri dapat langsung membantu rizoremediasi dengan memproduksi IAA, fiksasi nitrogen biologis, pelarut P dan mensekresi siderophores (Denton, 2007). strain rizobakteri, pseudomonad dan Acinetobacter juga dilaporkan mampu meningkatkan penyerapan Fe, Zn, Mg, Ca, K dan P oleh tanaman (Esitken *et al.*, 2006).

Kontaminasi logam tanah memiliki pengaruh penting pada fungsi rizobakteri. Remediasi logam oleh bakteri sering terjadi melalui proses penyerapan, penurunan tingkat serapan, detoksifikasi serta sintesis protein pengikat (Choudhary dan Shrivastava, 2001).

4.6 Ketahanan Terhadap Stres Air

Cekaman kekeringan menyebabkan pembatasan terhadap pertumbuhan tanaman dan produktivitas tanaman pertanian terutama di daerah kering dan semi-kering. Rizobakteri dilaporkan bermanfaat bagi tanaman seperti tomat dan paprika yang tumbuh di tanah kekurangan air untuk memberikan ketahanan terhadap kondisi stres air (Aroca dan Ruiz-Lozano, 2009). Penelitian lebih dalam mengenai mekanisme rizobakteri dalam menimbulkan toleransi terhadap faktor stres tertentu akan meningkatkan pengetahuan kita tentang penggunaan rhizobakteri ini di bidang pertanian untuk menyediakan toleran terhadap cekaman air.

4.7 Toleransi Garam

Salinitas adalah stres abiotik utama yang dapat mengurangi hasil berbagai tanaman di seluruh dunia. Secara global, lebih dari 770.000 km² dari tanah garam dipengaruhi oleh salinisasi sekunder: 20% dari lahan irigasi dan sekitar 2% dari lahan pertanian kering. Pembatasan pertumbuhan tanaman dan produktivitas karena salinitas sangat akut di daerah kering gersang dan semi di seluruh dunia.

Rizobakteri (*Staphylococcus kloosii* EY37 dan *Kocuria erythromyxa* EY43) yang diinokulasi ke benih meningkatkan kemampuan perkecambahan, pertumbuhan dan serapan nutrisi serta mampu menginduksi toleransi terhadap stres garam pada tanaman lobak (Yildirim *et al.*, 2008). Temuan serupa juga dilaporkan dalam studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa aplikasi rizobakteri (*Azospirillum* spp., *Achromobacter* spp., *Serratia* spp., *Rhizobium* spp., *Aeromonas* spp., dan *Bacillus* spp.) dapat memacu produksi, pertumbuhan dan serapan nutrisi dari tanah pada berbagai tanaman seperti tomat (Mayak *et al.*, 2004) dan selada (Barassi *et al.*, 2006) di bawah kondisi salin.

4.8 Pengendalian OPT

Rizobakteri saat ini telah banyak dieksploitasi secara komersial sebagai agens perlindungan tanaman terhadap berbagai jenis hama dan patogen. PGPR dapat mengendalikan hama dan patogen dalam spektrum yang luas (virus, bakteri, jamur, nematoda, dan juga serangga hama (Reddy, 2014). *Bacillus* sp dapat menginduksi ketahanan tanaman kapas terhadap penyakit rebah kecambah yang oleh *Rhizoctonia solani* melalui peningkatan enzim pertahanan tanaman (Rajendran dan Samiyappan, 2008). *Bacillus lentimorbus* Dutky and *Bacillus cereus* Frank. & Frank efektif mengendalikan penyakit karat pada daun kopi (Shiomi *et al.*, 2006). *Bacillus* spp. yang berasal dari berbagai jenis sayuran mampu mengurangi severitas penyakit busuk buah pada kakao melalui mekanisme induksi ketahanan sistemik (Melnick *et al.*, 2008). *Actinomyces* dapat mengendalikan *Rhizoctonia solani* dan *Ralstonia solanacearum* (Sabaratnam dan Traquair, 2002) dan *Colletotrichum musae* pada pisang (Taechowisan, *et al.*, 2003). *Pseudomonas* spp. berperan penting dalam mengendalikan penyakit layu Fusarium (Mazzola, 2002). Bakteri endofit *B. cereus* P14 (BD4.2E1), *Bacillus* sp H1 (SN1E4), *Bacillus* sp SJ1 (PU2E2), *S. marcescens* (JB1E3) mampu menekan severitas HDB sampai lebih dari 64 % (Resti 2016). Nawangsih *et al.*, (2011) memperoleh dua isolat bakteri endofit (isolat BC 4 dan BL 10 dari tomat) mampu mengendalikan penyakit layu pada tomat, isolat BC 4 menekan insidensi penyakit 33 % dan isolat BL 10 menekan indidensi penyakit 43 %. Purnawati *et al.* (2014) mendapatkan dua isolat (PS 1 dan Ps 8) setelah masa inkubasi 15 – 16 hari di rumah kaca mampu menekan penyakit layu pada tomat 8.00 - 9.19 %. Yanti *et al.* (2013) menunjukkan hampir semua isolat rizobakteri dari perakaran kedelai (indigenus) mampu mengendalikan pustul bakteri (*X. axonopodis* pv. *glycines*) dengan efektivitas mencapai 77,48%. Hasil penelitian Khaeruni *et al.* (2014) campuran isolat rizobakteri PKLK5 dan P11a mampu menginduksi ketahanan padi varietas IR64 terhadap *X. oryzae* pv. *oryzae* di lapangan dan menunjukkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik.

Rhizobakteri juga mampu menurunkan kerusakan akibat serangan hama pada berbagai jenis tanaman. Aplikasi PGPR dapat mempengaruhi perilaku peletakan telur oleh *S. exigua*. Hama ini lebih banyak meletakkan telur pada tanaman kapas tanpa perlakuan dibandingkan dengan tanaman kapas yang diberi perlakuan (Nangle, 2012). Aplikasi PGPR pada mentimun dapat mengurangi kerusakan akibat kumbang mentimun pada kotiledon dan batang (Zehnder *et al.*, 2001). *Pseudomonad* fluoresen mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan semua stadia serangga. *P. maltophilia* berpengaruh terhadap pertumbuhan larva penggerek tongkol jagung (*Helicoverpa zea*), yang menyebabkan penurunan munculnya larva dari pupa lebih dari 60 %, sedangkan ukuran pupa dan imago yang muncul dari larva yang terinfeksi bakteri lebih kecil (Bong dan Sikorowski, 1991). Induksi ketahanan sistemik oleh galur PGPR, *P. putida* galur 89B-27, *S. marcescens* galur 90-166, *Flavomonas oryzihabitans* galur INR-5 dan *Bacillus pumilus* galur INR-7 menyebabkan penurunan populasi *striped cucumber beetles*, *Acalyma vittatum* dan *spotted cucumber beetle*, *Diabrotica undecimpunctata howardi* pada mentimun. *S. marcescens* galur 90-166 lebih efektif menurunkan populasi kedua jenis kumbang tersebut dari aplikasi insektisida esfenvalerate (Zehnder *et al.*, 1999).

Pseudomonad fluoresen efektif mengkolonisasi rhizosfir dan bersifat endofitik dalam sistem tanaman. Pemindahan gen kristal protein yang bersifat insektisida dari *Bacillus thuringiensis* ke *P. fluorescens*, menunjukkan bahwa *P. fluorescens* transgenik efektif mengendalikan serangga hama lepidoptera. Demikian juga dengan *P. cepacia* galur 526 transgenik yang mengandung gen kristal protein menunjukkan aktivitas insektisida terhadap hama *tobacco hornworm* (Stock *et al.*, 1990).

Perlakuan PGPR pada tanaman efektif dan berpotensi untuk pengelolaan hama serangga. Zehnder *et al.* (2000) melaporkan bahwa PGPR menurunkan tingkat pemindahan *cucumber mosaic virus* (CMV) oleh aphid pada tomat. Persentase tanaman yang bergejala lebih rendah pada perlakuan PGPR (32-58 %) dibanding kontrol (88- 98 %). Sikora dan Murphy (2003) menunjukkan bahwa PGPR sangat efektif

mengendalikan CMV melalui penurunan populasi aphid 80 % sebagai vector pada tomat. Zehnder *et al.* (2000) melaporkan bahwa aplikasi *Serratia marcescens* galur 9 secara perendaman benih sebelum penanaman dan aplikasi 100 ml pada tanah steril (10^8 cfu per ml) dapat mengendalikan kumbang mentimun, juga meningkatkan berat buah. Radjacommare (2002) melaporkan bahwa *P. fluorescens* Pf-1 menurunkan insidensi hama penggulung daun padi 48 %. Daun padi yang diperlakukan dengan *Pseudomonas* menyebabkan perubahan tingkah laku makan larva penggulung daun dan menurunkan berat larva dan pupa, meningkatkan kematian larva serta insidensi perubahan bentuk (malformation) serangga dewasa secara *in vitro*. Di lapangan terjadi peningkatan populasi musuh alami pada plot yang diperlakukan dengan *Pseudomonas*, sehingga hasil padi meningkat 12-21 %. Semua isolat rizobakteri mampu menurunkan populasi kutu kebul. Patil (2010) melaporkan bahwa *Pseudomonas* 218 (1) menyebabkan menurunnya populasi serangga vektor CMV pada pertanaman mentimun (83,33 %) dibanding kontrol.

Mekanisme perlindungan tanaman oleh rizobakteri ada yang bersifat langsung (produksi antibiotik, enzim, siderofor), dan/atau tidak langsung {(induksi ketahanan sistemik atau *induced systemic resistance* (ISR))}.

Perlakuan benih dengan rizobakteri menyebabkan modifikasi struktural dinding sel dan biokimia/perubahan fisiologis yang mengarah ke sintesis protein dan bahan kimia yang terlibat dalam mekanisme pertahanan tanaman. Lipopolisakarida, siderophores dan asam salisilat adalah penentu utama dari ISR yang dimediasi oleh rizobakteri.

Banyak hasil penelitian telah melaporkan kemampuan rizobakteri dalam mengendalikan penyakit tanaman seperti mengendalikan penyakit pustul bakteri pada tanaman kedelai (Yanti *et al.*, 2014), mengendalikan penyakit hawar daun pada bawang (Yanti dan Resti, 2010), mengendalikan layu bakteri pada tanaman cabai (Yanti *et al.*, 2017, Yanti & Nasution, 2017).

Patogen tanaman seperti jamur, bakteri, virus, nematoda, dll, yang menyebabkan berbagai penyakit pada tanaman tanaman dapat dikendalikan oleh rizobakteri. Mekanisme pengendalian oleh rizobakteri yang diakui secara luas adalah sebagai berikut:

4.8.1 Kolonisasi rizosfir

Meskipun potensi beberapa rizobakteri memiliki potensi sebagai agens biokontrol, aplikasi rizobakteri sering kali tidak konsisten dalam uji lapangan. Hal ini biasanya disebabkan oleh kemampuan kompetensi rizosfer yang buruk. Kompetensi agens biokontrol di rizosfir ditentukan oleh kemampuan kolonisasi akar serta kemampuan untuk bertahan hidup dan berkembang biak di sepanjang perakaran tanaman selama periode waktu yang panjang (Lugtenberg & Dekkers, 1999). Alokasi fotosintat ke zona rizosfir bisa mencapai 40% (Degenhardt *et al.*, 2003). Hal ini menyebabkan di sekitar permukaan akar kaya akan nutrisi yang dapat menarik perhatian mikroorganisme, termasuk bakteri patogen. Kompetisi untuk nutrisi dan niche ini adalah mekanisme mendasar bagaimana rizobakteri dapat melindungi tanaman dari bakteri patogen (Duffy, 2001). Rizobakteri mencapai permukaan akar melalui pergerakan aktif oleh flagela dan dipandu oleh respon kemotaksis (Nelson, 2004).

4.8.2 Antagonisme

Rizobakteri dapat menekan pertumbuhan berbagai bakteri patogen dalam berbagai cara seperti bersaing untuk nutrisi dan ruang, membatasi pasokan Fe tersedia melalui memproduksi siderofor dan memproduksi enzim litik dan antibiosis (Jing *et al.*, 2007). Di antara rizobakteri, *Pseudomonas fluorescent* secara luas dilaporkan untuk aktivitas antagonis spektrum luas mereka terhadap sejumlah bakteri patogen. Pemberian mikroba antagonis dengan limbah perkotaan dan pertanian diyakini menjadi cara yang paling efektif dalam menekan patogen akar alpukat dan jeruk (Sultana *et al.*, 2006). Baru-baru ini, strain rizobakteri yang berbeda dari *Rhizobium meliloti* telah dilaporkan untuk menghasilkan siderofor dalam kondisi stres besi dan dengan demikian menambah keuntungan untuk mengendalikan patogen *Macrophomina phaseolina* (Arora *et al.*, 2001). Penggunaan

Pseudomonas aureoginosa dalam kombinasi dengan tanaman obat *Launaea nudicaulis* juga berpotensi baik untuk pengendalian jamur yang menginfeksi akar (Mansoor *et al.*, 2007).

Kompetisi untuk nutrisi, Pengendalian niche, induksi resistensi sistemik dan produksi metabolit antijamur (*AntiFungal Metabolites* = AFM) merupakan mekanisme biokontrol yang mungkin dapat diperoleh dari rizobakteri (Bloemberg dan Lugtenberg, 2001). Sebagian besar rizobakteri telah diketahui untuk menghasilkan AFM, seperti phenazine, pyrrolnitrin, 2,4- diacetylphloroglucinol (DAPG), pyoluteorin, viscosinamide dan tensin. Di antara Rizobakteri, *Pseudomonas* adalah agens biokontrol terbaik pada tingkat molekuler. *P. fluorescens* galur WCS374 telah diketahui mampu menekan layu *Fusarium* pada serta meningkatkan rata-rata 40% hasil (Bakker *et al.*, 2007). Mekanisme biokontrol *Streptomyces* spp. dilaporkan oleh Kumar *et al.* (2009) menunjukkan potensi yang luar biasa sebagai alternatif dalam mengendalikan penyakit tanaman pertanian dibandingkan fungisida konvensional. *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas* dan *Streptomyces* dicatat sebagai genera rhizobakteri ampuh terhadap patogen seperti *Tomato Mosaic Virus*, *Rhizoctonia bataticola*, *Myzus persicae*, *Acyrtosiphon Kondoi* dan *Fusarium oxysporum*. Namun, aplikasi strain rizobakteri ini tidak mempengaruhi populasi bakteri rizosfir menguntungkan termasuk pseudomonad fluorescent dan strain bakteri yang memproduksi siderofor.

4.8.3 Produksi antibiotik dan bakteriosin

Antibiotik umumnya dianggap sebagai senyawa organik dengan berat molekul rendah yang dihasilkan oleh mikroba. Antibiosis berperan aktif dalam mengendalikan penyakit tanaman dan sering berperan dalam kompetisi dan parasitisme. Penekanan penyakit oleh rhizobakteri dengan antibiosis telah diketahui berperan penting.

Antibiotik, seperti polimiksin, circulin dan colistin, diproduksi oleh kelompok bakteri *Bacillus* spp. yang efektif terhadap bakteri Gram-positif dan bakteri Gram negatif serta banyak jamur patogen. *B. cereus* UW85 yang menekan patogen *Oomycetes* menghasilkan

antibiotik zwittermycin A (aminopolyol) dan kanosamine (aminoglikosida).

Molekul lain yang digunakan dalam sistem pertahanan mikroba yang bakteriosin. Menurut Riley dan Wertz (2002), bakteriosin berbeda dari antibiotik secara umum berdasarkan satu hal yaitu bakteriosin umumnya memiliki spektrum pembunuhan yang relatif sempit dan hanya bersifat toksis bagi bakteri yang berkerabat dekat. Hampir semua bakteri dapat membuat setidaknya satu bakteriosin, dan banyak bakteriosin yang diisolasi dari bakteri gram negatif tampaknya telah diciptakan oleh rekombinasi antara bakteriosin yang ada (Riley, 1993).

4.8.4 Produksi siderofor

Siderofor adalah senyawa ekstraseluler dengan berat molekul rendah dengan afinitas tinggi terhadap besi yang disekresikan oleh mikroorganisme untuk mengambil besi dari lingkungan. Mekanisme pengendalian diperkirakan terjadi akibat kompetisi dengan patogen untuk mendapatkan besi. Rhizobakteri memproduksi berbagai jenis siderophores (pseudobactin dan ferrooxamine B) yang mengkhelat besi, dengan demikian mencegah patogen untuk mendapatkan besi di rizosfir.

4.8.5 Produksi enzim litik

Berbagai mikroorganisme juga menunjukkan aktivitas hyperparasitic, menyerang patogen dengan mengeluarkan enzim penghidrolisis dinding sel (Chernin dan Chet, 2002). Kitinase yang dihasilkan oleh *Serratia plymuthica* C48 mampu menghambat perkecambahan spora dan perpanjangan *germ-tube* pada *Botrytis cinerea* (Frankowski *et al.*, 2001). Kemampuan untuk menghasilkan kitinase ekstraseluler dianggap penting bagi *S. marcescens* dalam mengendalikan *Sclerotium rolfii* (Ordentlich *et al.*, 1988), *Paenibacillus* sp. strain 300 dan *Streptomyces* sp. strain 385 dalam menekan *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*.

4.8.6 Produksi senyawa metabolit anti jamur

Ion sianida atau HCN menghambat transpor elektron, dan mengganggu pasokan energi untuk sel yang menyebabkan kematian

organisme tersebut. HCN menghambat berfungsinya enzim dan mekanisme reversibel reseptor penghambatan alami serta menghambat aksi sitokrom oksidase. HCN diproduksi oleh banyak rizobakteri dan dipostulatkan berperan dalam biokontrol patogen. HCN yang diproduksi *P. fluorescens* menghambat pertumbuhan miselia *Pythium* secara in vitro.

4.8.7 Induksi ketahanan sistemik

Induced systemic resistance (ISR) didefinisikan sebagai peningkatan kapasitas pertahanan tanaman terhadap patogen dan hama secara luas yang dimediasi oleh rizobakteri. Rizobakteri memicu ISR melalui penguatan dinding sel secara fisik dan mekanik serta mengubah reaksi fisiologis dan biokimia dari inang yang mengarah ke sintesis pertahanan kimia terhadap serangan patogen. Induksi ISR terjadi melalui melalui jalur sinyal asam jasmonat (JA) dan etilena (ET). Rizobakteri telah diketahui mampu menginduksi enzim Phenylalanine ammonia lyase (PAL) pada tanaman kedelai (Yanti *et al.*, 2016), menginduksi aktivitas enzim peroxidase (PO) pada tanaman bawang (Yanti, 2015) dan meningkatkan aktivitas enzim PO, PAL dan PPO (Polyphenol oxidase) pada tanaman Cabai, Kentang dan Tomat yang diinokulasi *R. solanacearum* (Yanti *et al.*, 2017c).

4.8.8 Mengganggu sinyal Kuorum-Sensing

Baru-baru ini telah ditemukan bahwa rizobakteri tertentu mampu mengendalikan kemampuan quorum-sensing patogen dengan menurunkan jumlah sinyal autoinducer, sehingga menghalangi ekspresi berbagai gen virulensi (Newton dan Fray, 2004). Karena sebagian besar bakteri patogen tanaman mengandalkan quorum sensing untuk mengaktifkan gen faktor virulensi utamanya (misalnya sel-merendahkan enzim dan fitotoksin) (Von Bodman *et al.*, 2003), pendekatan ini memiliki potensi yang luar biasa untuk mengendalikan penyakit, bahkan berpotensi sebagai pengobatan setelah infeksi terjadi.

Senyawa volatile organik yang dihasilkan oleh rizobakteri tertentu dapat mengganggu komunikasi sel-sel bakteri (quorum sensing) pada sejumlah patogen tanaman termasuk *Agrobacterium*, *Chromobacterium*, *Pectobacterium* dan *Pseudomonas* (Chernin *et al.*,

2011). Pada patogen, ekspresi gen faktor patogenisitas biasanya bergantung pada jumlah populasi. Pada *Erwinia carotovora* yang merupakan penyebab busuk lunak pada kentang misalnya, bakteri memproduksi enzim hanya ketika jumlah inokulum cukup tinggi. Hal ini untuk mencegah bakteri dikenali oleh sistem pertahanan tanaman yang dapat mencegah berkembangnya penyakit. Meskipun, penggunaan teknik pengganggu sinyal quorum-sensing dalam pengendalian penyakit masih dikembangkan, potensi ide aplikasi ini benar-benar menarik.

V. PENUTUP

Interaksi secara langsung seringkali terjadi antara berbagai kelompok mikroba berbeda dan menghasilkan proses penting yang bermanfaat bagi pertumbuhan dan kesehatan tanaman. Oleh sebab itu, campuran inokulan (kombinasi mikroorganisme) yang berinteraksi secara sinergis sedang dirancang untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan lebih cepat. Kombinasi mikroorganisme ini sering disebut sebagai konsorsium. Banyak penelitian telah menunjukkan bahwa konsorsium bakteri bisa menjadi strategi yang layak untuk meningkatkan aktivitas serta viabilitas aktivitas pemacu pertumbuhan. Hasil penelitian Yanti *et al.* (2018) menunjukkan bahwa introduksi konsorsium rizobakteri yang kompatibel mampu meningkatkan pertumbuhan dan mengendalikan *R. syzigii* subsp. *indonesiensis* pada tanaman tomat lebih baik dari introduksi strain tunggal.

Teknologi biokontrol seperti rizobakteri bisa menjadi komponen yang sukses untuk perlindungan tanaman jika teknologi ini dapat dikomersialkan dan diaplikasikan oleh petani. Formulasi merupakan langkah awal di dalam usaha pengendalian hayati yang dapat diusahakan secara komersial. Prinsip dari formulasi adalah mencampurkan organisme dalam bahan pembawa, yang dilengkapi dengan bahan tambahan untuk memaksimalkan kemampuan bertahan hidup di penyimpanan, mengoptimalkan aplikasi organisme target dan melindungi organisme pengendali hayati setelah aplikasi (Jones and Burges, 1998).

Saat ini penulis telah mengembangkan berbagai bioformulasi konsorsium strain rizobakteri yang mampu mengendalikan OPT serta meningkatkan pertumbuhan. Salah satu produk yang telah dipatenkan yaitu produk YUYAOST (ID: P00201708665), BIOYURA (PID 201807941) dan BACICHAITYURA (PID201907140). Pengembangan produk ini diharapkan dapat menjadi langkah awal komersialisasi serta hilirisasi penelitian. Sehingga hasil penelitian dapat diterima dan dipergunakan secara luas.

REFERENSI

- Aroca R & Ruiz-Lozano JM. 2009. Induction of plant tolerance to semi-arid environments by beneficial soil microorganisms-a review. In: Lichtouse E (ed) Climate change, intercropping, pest control and beneficial microorganisms, sustainable agriculture reviews, vol 2. Springer, Dordrecht, p:121-135.
- Arora NK, Kang SC & Maheshwari DK. 2001. Isolation of siderophore-producing strains of *Rhizobium meliloti* and their biocontrol potential against *Macrophomina phaseolina* that causes charcoal rot of groundnut. *Curr Sci.* 81:673-677.
- Bakker PAHM, Pieterse CMJ & Van Loon LC. 2007. Induced systemic resistance by fluorescent *Pseudomonas* spp. *Phytopathology* 97:239-243.
- Barassi CA, Ayrault G, Creus CM, Sueldo RJ & Sobrero MT. 2006. Seed inoculation with *Azospirillum mitigates* NaCl effects on lettuce. *Sci Hortic* 109:8-14.
- Bashan Y & de-Bashan LE. 2010. How the plant growth- promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth-a critical assessment. *Adv Agron* 108:77-136.
- Bloemberg GV & Lugtenberg BJJ. 2001. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. *Curr Opin Plant Biol* 4:343-350.

- Bowen GD & Rovira AD. 1999. The rhizosphere and its management to improve plant growth. *Adv Agron* 66:1–102.
- Chernin L & Chet I. 2002. Microbial enzymes in biocontrol of plant pathogens and pests. In: Burns RG, Dick RP (eds) *Enzymes in the environment: activity, ecology, and applications*. Marcel Dekker, New York, pp 171–225.
- Chernin L, Toklikishvili N, Ovadis M, Kim S, Ben-Ari J, Khmel I & Vainstein A. 2011. Quorum-sensing quenching by rhizobacterial volatiles. *Environ Microbiol* 3:698–704.
- Cook RJ. 2002. Advances in plant health management in the twentieth century. *Annu Rev Phytopathol* 38:95–116.
- Degenhardt J, Gershenzon J, Baldwin IT & Kessler A. 2003. Attracting friends to feast on foes: engineering terpene emission to make crop plants more attractive to herbivore enemies. *Curr Opin Biotechnol* 14:169–176.
- Denton B. 2007. Advances in phytoremediation of heavy metals using plant growth promoting bacteria and fungi. *MMG* 445 *Basic Biotechnol* 3:1–5.
- Desbrosses G, Contesto C, Varoquaux F, Galland M & Touraine B. 2009. PGPR-Arabidopsis interactions is a useful system to study signalling pathways involved in plant developmental control. *Plant Signal Behav* 4:321–323.
- Dong YH, Xu JL, Li XZ & Zhang LH. 2000. AiiA, an enzyme that inactivates the acylhomoserine lactone quorum-sensing signal and attenuates the virulence of *Erwinia carotovora*. *Proc Natl Acad Sci U S A* 97:3526–3531.
- do Vale BFM, Seldin L, de Araujo FF, & de Lima Ramos Mariano R. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and applications. In: D.K. Maheshwari (ed.), *Plant growth and health promoting bacteria*, Microbiology Monographs 18. p : 21 – 43.

- Duffy BK. 2001. Competition. in: Maloy OC, Murray TD (eds) Encyclopedia of plant pathology. Wiley, New York, p : 243-244.
- Esitken A, Pirlak L, Turan M & Sahin F. 2006. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. Sci Hort 110:324-327.
- Estrada de los Santos P, Bustillos-Cristales MR & Caballero- Mellado J. 2000. Burkholderia, a genus rich in plant- associated nitrogen fixers with wide environmental and geographic distribution. Appl Environ Microbiol 67:2790-2798.
- Farmer EE. 2001. Surface-to-air signals. Nature 411:854-856.
- Frankowski J, Lorito M, Scala F, Schmidt R, Berg G & Bahl H .2001. Purification and properties of two chitinolytic enzymes of *Serratia plymuthica* HRO-C48. Arch Microbiol 176:421-426.
- Fuentes-Ramirez LE, Bustillos-Cristales R & Tapia- Hernandez A . 2001. Novel nitrogen-fixing acetic acid bacteria, *Gluconacetobacter johannae* sp. nov. and *Gluconacetobacter azotocaptans* sp. nov., associated with coffee plants. Int J Syst Evol Microbiol 51:1305-1314.
- Ghosh S, Penterman JN, Little RD, Chavez R & Glick BR. 2003. Three newly isolated plant growth-promoting *Bacilli* facilitate the seedling growth of canola, *Brassica campestris*. Plant Physiol Biochem 41:277-281.
- Glick BR. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Can J Microbiol 41:109-117.
- Glick BR & Pasternak JJ. 2003. Plant growth promoting bacteria. In: Glick BR, Pasternak JJ (eds) Molecular biotechnology – principles and applications of recombinant DNA, 3rd edn. ASM Press, Washington DC, p: 436-454.

- Griffiths BS, Ritz K, Ebbelwhite N & Dobson G. 1999. Soil microbial community structure: effects of substrate loading rates. *Soil Biol Biochem* 31:145–153.
- Gutierrez-Manero FJ, Ramos B, Probanza A, Mehouiachi J & Talon M. 2001. The plant growth promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Plant Physiol* 111:206–211.
- Hernández-Castillo FD, Carvajal CR, Guerrero E, Sánchez A, Gallegos G & Lira-Saldivar RH. 2005. Susceptibilidad a fungicidas de grupos de anastomosis del hongo *Rhizoctonia solani* Kühn colectados en zonas paperas de Chihuahua. *Méx Int J Expt Bot* 74:259–269.
- Hoffland E, Pieterse C, Bik L & van Pelt JA. 1995. Induced systemic resistance in radish is not associated with accumulation of pathogenesis-related proteins. *Physiol Mol Plant Pathol* 46:309–320.
- James EK, Olivares FL, de Oliveira ALM, dos Reis FB, da Silva LG & Reis VM. 2001. Further observations on the interaction between sugarcane and *Gluconacetobacter diazotrophicus* under laboratory and greenhouse conditions. *J Exp Bot* 52:747– 760.
- Jing YD, He Z & Yang XE. 2007. Role of soil rhizobacteria in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *J Zhejiang Univ (Sci)* 8:192–207.
- Jones KA & Burges HD. 1998. Technology of formulation and application. Springer science+business media, B.V. p: 7- 27.
- Karlidag H, Esitken A, Turan M & Sahin F. 2007. Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. *Sci Hort* 114:16–20.
- Kloepper JW & Schroth MN. 1978. Plant growth - promoting rhizobacteria on radishes. In: Proc. of the 4th Int. Conf. on

Plant Pathogenic Bacteria, vol 2, Station de Pathologie Vegetale et Phytobacteriologie, INRA, Angers, p: 879–882.

- Kloepper JW & Schroth MN. 1981. Plant growth promoting rhizobacteria and plant growth under gnotobiotic conditions. *Phytopathology* 71:642–644.
- Kumar V, Haseeb A & Sharma A. 2009. Integrated management of *Meloidogyne incognita* and *Fusarium solani* disease complex of chilli. *Indian Phytopath* 62:324–327.
- Lugtenberg BJJ & Dekkers LC. 1999. What make *Pseudomonas* bacteria rhizosphere competent? *Environ Microbiol* 1:9–13.
- Lynch JM & Whipps JM. 1991. Substrate flow in the rhizosphere. In: Keister DL, Cregan B (eds) *The rhizosphere and plant growth*, vol 14, Beltsville symposium. In agricultural research. Kluwer, Dordrecht, p: 15–24.
- Mansoor F, Sultana V & Haque SE. 2007. Enhancement of biocontrol potential of *Pseudomonas aeruginosa* and *Paecilomyces lilacinus* against root rot of mungbean by a medicinal plant *Launaea nudicaulis* L. *Pak J Bot* 39: 2113–2119.
- Mantelin S & Touraine B. 2004. Plant growth-promoting bacteria and nitrate availability: impacts on root development and nitrate uptake. *J Exp Bot* 55:27–34.
- Mayak S, Tirosch T & Glick BR. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiol Biochem* 42:565–572.
- McCully ME. 2001. Niches for bacterial endophytes in crop plants: a plant biologist's view. *Aust J Plant Physiol* 28:983–990.
- Mirza MS, Mehnaz S & Normand P. 2006 Molecular characterization and PCR detection of a nitrogen fixing *Pseudomonas* strain promoting rice growth. *Biol Fertil Soils* 43:163–170.

- Nelson EB. 2004. Microbial dynamics and interactions in the spermosphere. *Ann Rev Phytopathol* 42:271–309.
- Newton JA & Fray RG. 2004. Integration of environmental and host - derived signals with quorum sensing during plant-microbe interactions. *Cell Microbiol* 6:213–224.
- Ordentlich A, Elad Y & Chet I. 1988. The role of chitinase of *Serratia marcescens* in biocontrol of *Sclerotium rolfsii*. *Phytopathology* 78:84–88.
- Parra G & Ristaino J. 200. Resistance to Mefenoxam and Metalaxyl among field isolates of *Phytophthora capsici* causing Phytophthora blight of bell pepper. *Plant Dis* 85:1069–1075.
- Reinhold-Hurek B, Hurek T & Gillis M. 1993, *Azoarcus* gen. nov., nitrogen-fixing Proteobacteria associated with roots of Kallar grass (*Leptochloa fusca* (L.) Kunth), and description of two species, *Azoarcus indigenus* sp. nov. and *Azoarcus communis* sp. nov. *Int J Syst Bacteriol* 43:574–584.
- Riggs PJ, Chelius MK, Iniguez AL, Kaeppler SM & Triplett EW 2001. Enhanced maize productivity by inoculation with diazotrophic bacteria. *Aust J Plant Physiol* 28:829–836.
- Riley M. 1993. Molecular mechanisms of colicin evolution. *Mol Biol Evol* 10:1380–1395.
- Riley MA & Wertz JE. 2002. Bacteriocins: evolution, ecology, and application. *Ann Rev Microbiol* 56:117–137.
- Ristaino JB. 1991. Influence of rainfall, drip irrigation, and inoculum density on the development of *Phytophthora* root and crown rot epidemics and yield in bell pepper. *Phytopathology* 81:922–929.
- Ryu CM & Farag MA. 2003. Bacterial volatiles promote growth in *Arabidopsis*. *Proc Natl Acad Sci U S A* 100:4927–4932.

- Ryu CM, Farag MA, Hu CH, Reddy MS, Kloepper JW & Pare PW. 2004. Bacterial volatiles induce systemic resistance in *Arabidopsis*. *Plant Physiol* 134:1017–1026.
- Saleem M, Arshad M, Hussain S & Bhatti AS. 2007. Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture. *J Ind Microbiol Biotechnol* 34:635–648.
- Salisbury FB. 1994. The role of plant hormones. In: Wilkinson RE (ed) *Plant–environment interactions*. Marcel Dekker, New York, p : 39–81.
- Sultana V, Ara J, Parveen G, Haque SE & Ahmad VU. 2006. Role of Crustacean chitin, fungicides and fungal antagonists on the efficacy of *Pseudomonas aeruginosa* in protecting chilli from root rot. *Pak J Bot* 38:1323–1331.
- Vessey JK. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil* 255:571–586.
- Von Bodman SB, Bauer WD & Coplin DL. 2003. Quorum sensing in plant-pathogenic bacteria. *Ann Rev Phytopathol* 41:455–482.
- Weller DM, Raaijmakers JM, McSpadden Gardener BB & Thomashow LS. 2002. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annu Rev Phytopathol* 40:309–348.
- Yadav AN, Verma P, Kour D, Rana KL, Kumar V, Singh B, Chauahan VS, Sugitha TCK, Saxena AK & Dhaliwal HS. 2017. Plant microbiomes and its beneficial multifunctional plant growth promoting attributes. *Int J Environ Sci Nat Res. Review Article* 3 (1). ISSN 2572-1119.
- Yanti Y. 2015. Peroxidase enzyme activity of rhizobacteria- introduced shallots bulbs to induce resistance of shallot towards bacterial leaf blight (*Xanthomonas axonopodis* pv *allii*). *Procedia Chemistry* 14 : 501-507.

- Yanti Y, Astuti FF, Habazar T & Nasution CR. 2017. Screening of rhizobacteria from rhizosphere of healthy chili to control bacterial wilt disease and to promote growth and yield of chili. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 18(1) : 1-9.
- Yanti Y, Habazar T & Nasution CR. 2016. Phenylalanine ammonia lyase activity of soybean's seedlings introduced with rhizobacteria, which had ability to induce resistance of soybeans towards bacterial pustule (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*). *Thai Journal of Agricultural Science*, 49(2): 40-47.
- Yanti Y, Habazar T, Reflinaldon, Nasution, CR & Felia S. 2017b. Indigenous *Bacillus* spp. ability to growth promoting activities and control bacterial wilt disease (*Ralstonia solanacearum*). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 18 (4) : 1562-1567.
- Yanti Y, Habazar T, Resti Z & Suhalita D. 2013. Penapisan isolat rizobakteri dari perakaran tanaman kedelai yang sehat untuk pengendalian penyakit pustul bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 13(1) : 24-34.
- Yanti Y & Resti Z. 2010. Induksi ketahanan tanaman bawang merah dengan bakteri rhizoplan indigenus terhadap penyakit hawar daun bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv *allii*). Dalam *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*. Purwokerto. p: 10-11.
- Yanti Y, Warnita & Reflin. 2017c. Pengembangan produk biopestisida bakteri endofit indigenus dengan formulasi untuk pengendalian penyakit layu utama dan peningkatan produksi pada tanaman solanaceae. *Laporan Akhir Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Universitas Andalas*.
- Yanti Y, Warnita & Reflin. 2018. Development of selected PGPR consortium to control *Ralstonia syzigii* sub sp. *indonesiensis* and promote growth of tomato. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 19(6): 2073-2078.

- Yanti Y, Warnita, Reflin, R, & Busniah, M. 2018b. Identification and characterizations of potential indigenous endophytic bacteria which had ability to promote growth rate of tomato and biocontrol agents of *Ralstonia solanacearum* and *Fusarium oxysporum* fsp. solani. Microbiology Indonesia, 11(4).
- Yanti Y, Warnita, Reflin & Nasution, CR. 2017. Effectivity of *Bacillus cereus* tocontrol *Ralstonia syzygii* subsp. indonesiensis and growth promoting of chili pepper. Journal of Biopesticides, 10(2):113-119.

Peranan Cendawan Mikoriza Indigenus (CEMIKO) sebagai Pupuk Hayati di Daerah Tropika Basah

Eti Farda Husin dan Auzar Syarif

*Guru Besar Biologi Tanah pada Jurusan Ilmu Tanah,
Guru Besar Ekofisiologi pada Jurusan Budidaya Pertanian*

*Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang
e-mail: etifarda@agr.unand.ac.id; etifardahusin@yahoo.co.id;
auzarsyarif@agr.unand.ac.id; auzar_syarif@yahoo.com*

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara megabiodiversitas di kawasan tropika basah. Kondisi iklim di Indonesia seperti curah hujan dan suhu yang tinggi, khususnya Indonesia bagian barat, menyebabkan tingginya laju dekomposisi bahan organik, erosi tanah, dan pencucian hara. Tingginya laju pelapukan mempercepat penyusutan bahan organik tanah, sehingga tanah-tanah pertanian di Indonesia umumnya memiliki kandungan bahan organik rendah (Subowo 2009). Lahan di wilayah Indonesia bagian Barat memiliki deposit mineral primer dan kandungan bahan organik tanah lebih rendah, sehingga didominasi oleh tanah-tanah miskin seperti Oxisol, Ultisol dan Alfisol.

Kesuburan tanah pada lahan pertanian intensif di daerah tropika basah umumnya rendah akibat tipisnya lapisan tanah, pH tanah yang masam, kandungan bahan organik rendah, miskin hara makro dan mikro sebaliknya kaya logam berat yang meracun tanaman, dan terdapat lapisan padat di bawah lapisan olah. Akibatnya daya dukung tanah untuk pertumbuhan tanaman menjadi rendah, penurunan produktivitas dan biodiversitas flora dan fauna.

Untuk mengatasi masalah ini telah banyak dilakukan, diantaranya pemakaian bahan kimia seperti pupuk buatan (SP36, Urea dan KCl), pupuk organik, pengapuran dalam jumlah yang cukup besar. Penggunaan bahan tersebut tidak hanya memerlukan energi yang cukup besar dan biaya tinggi, tetapi juga menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas lingkungan. Dampaknya antara lain *eutrofikasi* di perairan, pencemaran air tanah oleh nitrat, meningkatnya efek rumah kaca dan perusakan lapisan ozon oleh N_2O dan NO yang dihasilkan oleh peristiwa denitrifikasi dari agroekosistem.

Untuk masa yang akan datang, konsep pertanian tidak lagi hanya mengacu kepada peningkatan produksi tanaman saja dalam waktu yang singkat, tetapi harus berorientasi kepada sistem pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*). Dalam hal ini mengusahakan peningkatan produksi secara berkelanjutan dengan tetap mempertahankan produktivitas lahan dan kelestarian lingkungan. Prinsip utama pertanian berkelanjutan adalah mempertimbangkan aspek ekonomi (memelihara kelayakan ekonomi usaha tani, menghasilkan pangan yang sesuai kebutuhan), ekologi (optimisasi pengelolaan sumber daya alam, memelihara lingkungan dan keanekaragaman hayati) dan sosial (menopang kesejahteraan masyarakat setempat, melindungi kesehatan petani dan konsumen).

Salah satu teknik budidaya tanaman yang mengacu pada konsep ini adalah *low external input of sustainable agriculture* (LEISA). Dalam teknik ini, upaya untuk meningkatkan dan mempertahankan produktivitas lebih menitikberatkan kepada pemanfaatan mikroba yang potensial (bermanfaat) sebagai agens pupuk hayati (*biofertilizer*), pengendalian hama dan penyakit, bioremediasi, teknologi pupuk organik (kompos, pupuk kandang, kascing, dan pendaurulang limbah rumah tangga, pertanian dan pasar), teknik bercocok tanam yang baik (*good agricultural practices*, GAP) dan rekayasa tanaman sehingga dapat dibudidayakan pada lahan-lahan marginal dan adaptif pada berbagai lingkungan yang ekstrim.

Pemanfaatan sumber daya hayati tanah merupakan strategi penting dalam upaya meningkatkan bahan organik tanah, mencegah

erosi dan pencucian hara, dan jelajah akar tanaman semakin luas, serta ketersediaan air tanah lebih baik. Diantara mikroba, salah satunya yang bermanfaat dan berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai *biofertilizer* adalah cendawan (fungi) mikoriza. Cendawan mikoriza bersimbiosis dengan akar tanaman dan berhubungan secara mutualistik (saling menguntungkan). Hubungan ini terjadi karena cendawan dapat mengkolonisasi akar tanaman, sehingga menguntungkan bagi tanaman inang yaitu pertumbuhan tanaman lebih baik dan hasilnya meningkat. Cendawan juga mendapatkan keuntungan karena dapat memperoleh makanan sebagai energi dari tanaman inangnya.

Kelompok cendawan mikoriza yang telah banyak diteliti dan dikembangkan sebagai *biofertilizer* untuk berbagai jenis tanaman dan bioremediasi adalah fungi mikoriza arbuskula (FMA). Berdasarkan hasil penelitian tim penulis beserta mahasiswa S₁, S₂ dan S₃ Universitas Andalas sudah lebih 150 penelitian tentang FMA pada berbagai jenis tanaman sejak tahun 1990-an, maka pada tahun 2018 telah keluar merek dagang pupuk hayati “CEMIKO” no 3DN000620536 dari Jakarta.

Hasil penelitian mengenai CEMIKO telah banyak dipublikasikan, bahkan usaha untuk memproduksinya telah dirintis. CEMIKO dapat membantu meningkatkan produksi tanaman pangan, perkebunan dan kehutanan terutama pada tanah kritis. Selanjutnya CEMIKO juga sangat berperan dalam meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi lahan kritis di tropical basah, seperti kekeringan dan banyak terdapatnya logam-logam berat. Namun demikian masih terdapat beberapa kendala yang dihadapi dalam upaya pemanfaatan CEMIKO. Salah satu diantaranya, adalah upaya untuk memproduksi inokulan CEMIKO dalam skala besar dan waktu yang dibutuhkan relatif lama manfaatnya yang didapat dari penelitian terbukti CEMIKO cukup diberikan satu kali saja selama tanaman itu hidup, karena pada tanaman yang diinokulasi CEMIKO saat tanam waktu dianalisis sesudah panen terbukti jamur ini tetap ada.. Disamping hal-hal tersebut penggunaan CEMIKO masih menemukan kesulitan karena

penggunaanya dalam jumlah relatif besar. Oleh karena itu masih diperlukan penelitian-penelitian lebih lanjut dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan CEMIKO dan memperpendek waktu memproduksinya.

Tulisan ini bertujuan untuk menjelaskan tentang peranan CEMIKO dalam menunjang pertanian berkelanjutan yang berwawasan lingkungan pada daerah tropika basah. Untuk itu dibahas secara umum tentang manfaat, pengenalan dan cara aplikasi. Disamping itu dibahas pula tentang strategi, prospek, dan tantangan pengembangan CEMIKO pada masa depan.

II. PENGENALAN PUPUK CEMIKO

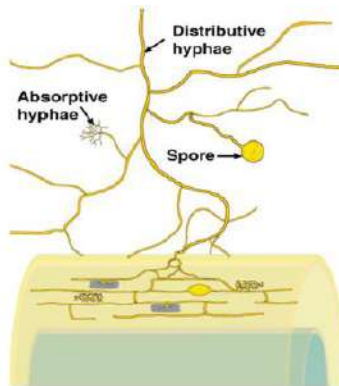
Pupuk CEMIKO dirakit berdasarkan manfaatnya sebagai *biofertilizer* untuk peningkatan hasil berbagai jenis tanaman pangan, tanaman hortikultura dan tanaman perkebunan serta peranannya dalam bioremediasi. Berdasarkan hasil penelitian tim penulis beserta mahasiswa S₁, S₂ dan S₃ tentang FMA pada berbagai jenis tanaman sejak tahun 1990-an.

2.1. Definisi CEMIKO

Aplikasi CEMIKO pada berbagai tanaman terbukti dapat menghemat 50% kebutuhan pupuk anorganik tanaman (Husin, 1997). Disamping itu CEMIKO juga memiliki beberapa fungsi lainnya yang menguntungkan tanaman. CEMIKO memperbaiki siklus hara dan kualitas tanah melalui pembentukan agregat tanah sehingga dapat menghambat erosi tanah dengan kapasitas perakaran tanaman yang lebih baik. CEMIKO mempengaruhi biodiversitas tanaman, melindungi tanaman terhadap hama dan penyakit, meningkatkan kebugaran tanaman dan kemampuan hidup bibit setelah dipindahkan ke lapangan, meningkatkan pembungaan dan pembuahan, meningkatkan hasil dan kualitas tanaman, memperbaiki toleransi terhadap kekeringan dan salinitas tanah, dan memperbaiki pertumbuhan tanaman pada tanah yang mengalami defisiensi hara atau lingkungan yang tercemar polusi

2.2. Manfaat CEMIKO

Manfaat CEMIKO bagi tanaman telah banyak diteliti, antara lain sebagai perbaikan nutrisi tanaman, karena tanaman yang dikolonisasi CEMIKO akan memunculkan hifa-hifa eksternal yang panjang dari akar tanaman (Gambar 24). Syarif (2001) menemukan bahwa FMA mampu meningkatkan serapan hara P pada tanaman manggis pada umur 16 bulan di lapangan. Peneliti lain menemukan bahwa pemanfaatan FMA indigenos meningkatkan kandungan P helaian daun tanaman serai wangi dan peningkatan lebih tinggi pada kondisi air di bawah kapasitas lapang (Armansyah, 2019) serta meningkatkan serapan N, P, dan K tanaman bawang merah yang peka atau toleran pada kondisi kekeringan (Susila, 2019).



Gambar 24. Struktur hifa eksternal dari FMA (Khanday *et al.*, 2016)

Peningkatan ketahanan tanaman terhadap kekeringan karena pada tanaman sudah tersedia air yang lebih banyak melalui bantuan hifa FMA pada saat sebelum terjadi kekeringan. Hasil penelitian Armansyah (2019) menemukan bahwa pemanfaatan FMA indigenos meningkatkan ketahanan serai wangi terhadap kekeringan sampai 50% kapasitas lapang. Melalui pemanfaatan FMA tersebut, pertumbuhan dan minyak atsirinya pada kapasitas lapang tersebut hampir sama dengan 100 % kapasitas lapang. Kenyataan yang hampir sama juga ditemukan Susila (2019), pemanfaatan FMA indigenos meningkatkan

ketahanan tanaman bawang merah baik yang peka ataupun toleran terhadap kondisi kekeringan.

Memperbaiki sifat kimia, fisika dan biologi tanah. Perbaiki sifat kimia tanah oleh FMA yaitu melalui peningkatan ketersediaan unsur hara tanah. Perbaiki sifat fisik tanah melalui peningkatan kadar air dan perbaikan struktur tanah. Perbaiki sifat biologi tanah terkait dengan peningkatan jumlah dan jenis organisme tanah.

FMA Sebagai agen biokontrol untuk pengendalian hama dan penyakit tanaman, karena tanaman yang diinokulasi dengan FMA mampu meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan patogen serta mampu bersinergi dengan mikroorganisme lain yang menguntungkan tanaman antara lain dengan *Rhizobium*. Mempertahankan keanekaragaman tumbuhan yaitu 96 % jenis tanaman di dunia dilaporkan dapat bersimbiosis dengan FMA.

FMA juga mampu menghasilkan berbagai jenis hormon (auksin, sitokinin dan gabungan dari zat pengatur tumbuh) yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Aplikasi FMA pada tanaman dapat meningkatkan efisiensi penyerapan pupuk oleh tanaman sehingga menghemat penggunaan pupuk anorganik sampai 50 %. Aplikasi pupuk CEMIKO cukup sekali saja seumur hidup tanaman karena tanaman yang berumur tahunan pun setelah panen tetap ada CEMIKO pada akarnya.

2.3. Aplikasi CEMIKO

Aplikasi CEMIKO pada persemaian berbeda antara tanaman semusim dengan tanaman tahunan.

a. Persemaian tanaman semusim

Untuk persemaian tanaman semusim seperti cabai dan tomat dibutuhkan 2 kg CEMIKO/ha. Cara aplikasi CEMIKO adalah sebagai berikut: lapisan tanah bagian atas persemaian dibuka lebih kurang 2 cm, ditaburkan CEMIKO secara merata kemudian ditutup dengan lapisan tanah tadi secara merata. Benih disemaikan diatas tanah penutup CEMIKO, ditutup kembali dengan selapis tipis tanah dan persemaian disiram dengan air.

b. Persemaian tanaman tahunan:

1) Pre nursery

Untuk *pre nursery* tanaman tahunan seperti karet diinokulasi dengan CEMIKO melalui penaburan cemiko diatas media tanah tempat benih disemaikan, kemudian cemiko bersama benih ditutup lagi dengan tanah secara merata. Kelembaban tanah harus terjaga dengan baik selama di *pre nurseri*.

2) Main nursery

Pada *main nursery* tanaman tahunan diinokulasi kembali dengan CEMIKO di dasar lubang tempat penanaman bibit dari pre nurseri. Kebutuhan cemiko setiap bibit sekitar 1 g per lubang tanam.

c. Penanaman benih tanaman semusim

Kedalam lubang tanam yang telah ditugal sedalam 3 cm ditaburkan CEMIKO/lobang ditimbun dengan tanah, dan diletakkan benih diatasnya kemudian ditutup lagi dengan selapis tanah secara merata, setelah itu disiram dengan air.

d. Penanaman benih tanaman tahunan

CEMIKO dapat juga diaplikasikan pada tanaman di lapangan sampai berumur 5 tahun. dengan dosis 20 gram/tanaman.

III. DAMPAK PEMANFAATAN CEMIKO TERHADAP PRODUKTIVITAS HASIL PERTANIAN SERTA PENINGKATAN EKONOMI PETANI

Berdasarkan manfaat CEMIKO seperti terurai secara ringkas pada Bab II yang diterapkan dengan strategi yang tepat menunjukkan bahwa CEMIKO berperan penting dalam bidang pertanian pada berbagai jenis tanaman tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan tanaman kehutanan. Pemanfaatan CEMIKO secara mandiri ataupun dikombinasikan dengan pupuk organik, pupuk anorganik maupun dengan mikroorganisme lainnya mampu memberikan efek positif bagi tanaman. Perannya itu semakin jelas jika tanaman itu dibudidayakan pada lahan kritis seperti lahan padang alang-alang, lahan salin, dan lahan yang kondisi tanahnya tercemar logam berat.

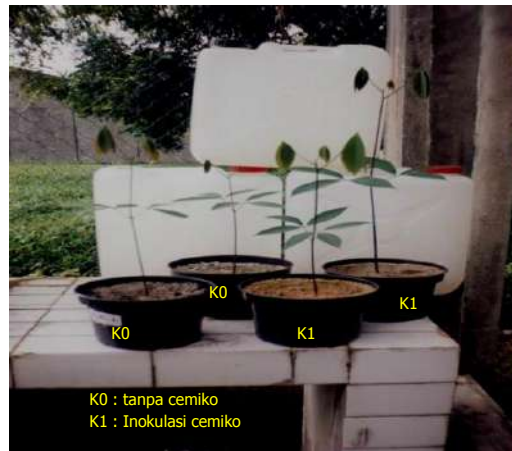
Secara umum perannya dalam bidang pertanian dirinci sebagai berikut.

3.1. Tanaman perkebunan

Tanggap bibit kelapa sawit sudah mulai terlihat pada saat *pre-nursery* yang dicirikan terutama dengan meningkatnya persentase infeksi CEMIKO pada akar tanaman dan berkurangnya serangan hama dan penyakit pada tanaman tersebut. Saat *main-nursery* respons tanaman kelapa sawit terhadap CEMIKO terbukti semakin nyata. Hal ini terlihat dengan meningkatnya bobot tanaman, peragaan tanaman di lapangan, persentase infeksi CEMIKO di perakaran dan terhadap serapan P tanaman. Pemanfaatan CEMIKO meningkatkan serapan P, pertumbuhan, dan kandungan minyak atsiri tanaman serai wangi (Armansyah, 2019). Muzakir *et al.* (2016) mendapatkan bahwa CEMIKO meningkatkan serapan P dan bobot kering bibit jarak pagar pemberian inokulan CEMIKO yang dikombinasikan dengan kascing dapat meningkatkan tinggi tanaman, bobot segar, dan bobot kering tanaman serta serapan P tanaman kelapa sawit. Respons bibit teh terhadap CEMIKO sudah mulai terlihat pada umur 7 bulan, walaupun masih belum begitu jelas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan dosis 10 g inokulan CEMIKO per tanaman telah dapat memberikan hasil yang terbaik untuk pertumbuhan tanaman gambir pada fase muda atau umur 16 MST. Pertumbuhan bibit kayu manis akan lebih baik dengan tingkat naungan 25% sampai 75% dan diberi inokulan CEMIKO.

Kombinasi pemberian CEMIKO dengan bahan lainpun memberikan efek positif terhadap tanaman perkebunan dan kehutanan. Hal ini terbukti dari aplikasi CEMIKO dan pupuk kandang pada tanaman rami dapat meningkatkan serapan P tanaman dan berat serat rami menjadi 3 kali lipat (Muzakir *et al.*, 2010). Jenis CEMIKO pun memberikan efek yang berbeda terhadap tanaman perkebunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi beberapa galur CEMIKO (*Glomus fasciculatum*, *Glomus maanihatatus*, *Acaulospora heterogama*, dan *Gigaspora rosae*) pada bibit gambir, mampu

meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan bibit. Penginokulasian 5 g inokulan CEMIKO strain *Glomus maanihatatus* per tanaman merupakan yang terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit gambir sampai umur 16 minggu. Husin *et al.* (2006) menemukan pula bahwa tanaman karet yang diberi cemiko tumbuh lebih baik daripada tanpa CEMIKO. Penampilan tanaman karet yang diinokulasi dengan CEMIKO terlihat pada Gambar 25.



Gambar 25. Penampilan tanaman karet tanpa dan diinokulasi CEMIKO

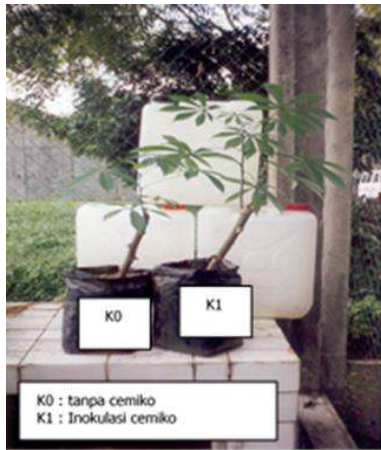
3.2. Tanaman pangan

Pemberian CEMIKO pada tanaman kacang tanah dapat meningkatkan jumlah bintil akar, jumlah polong bernas dan persentase kandungan P dalam biji kacang tanah. Dari hasil penelitian Husin (1992) terbukti bahwa CEMIKO yang dikombinasikan dengan pupuk fosfor yang diberikan pada tanaman jagung di tanah Ultisol Rangkas Bitung terbukti dapat meningkatkan serapan hara N dan P tanaman jagung serta bobot kering tanaman. Kadar P tanaman jagung akibat CEMIKO meningkat sampai 12 kali lebih (0,48 menjadi 5,96 mg/pot) sedangkan bobot kering tanaman meningkat 5 kali lebih (6,82 menjadi 40,82 g/pot). Hal ini didukung dengan meningkatnya persentase infeksi CEMIKO pada akar tanaman dan meningkatnya jumlah spora CEMIKO dalam tanah. Penambahan CEMIKO dan pupuk

TSP pada tanaman padi gogo di tanah jenis Ultisol Pasir Pangarayan dapat meningkatkan tinggi tanaman, bobot kering, serapan P dan Zn tanaman serta meningkatkan kandungan P tersedia dan Zn-dd tanah (Husin, 1997).

Inokulasi CEMIKO yang dibarengi dengan pemberian pupuk hijau *Sesbania rostrata* di Ultisol juga menunjukkan peningkatan hasil tanaman jagung 2 kali lebih besar (2,36 menjadi 4,8 ton/ha). Hasil percobaan di rumah kaca melalui perlakuan CEMIKO yang diikuti dengan penambahan pupuk P ternyata dapat meningkatkan bobot kering tanaman jagung, cabai dan bawang merah yang diikuti dengan bertambahnya persentase infeksi CEMIKO pada akar tanaman dan tinggi tanaman. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya ketersediaan P tanah dan meningkatnya serapan P tanaman (Husin *et al.*, 2006). Penampilan beberapa jenis tanaman pangan seperti tanaman kacang tanah dan ubi kayu yang diinokulasi dengan CEMIKO terlihat pada Gambar 26.

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa pemanfaatan CEMIKO dari rizosfer jagung berpengaruh meningkatkan serapan hara P tanaman (0,13 g/tanaman), P tanaman (0,39%), efisiensi relatif inokulan (72,8%), efisiensi relatif serapan hara P (133,3%), bobot kering brangkasan (35,4 g/tanaman), jumlah polong isi (106 polong), dan bobot kering biji kedelai (27,6 g/tanaman). Budi daya lahan kering dengan inokulan FMA dari rizosfer jagung memiliki kolonisasi akar yang lebih besar. Namun secara keseluruhan budidaya pada kondisi jenuh air, pemanfaatan inokulan FMA dari jagung berpengaruh terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil biji kedelai varietas Tanggamus (Muis *et al.*, 2016).



Gambar 26. Penampilan ubi kayu dan kacang tanah tanpa dan diinokulasi CEMIKO

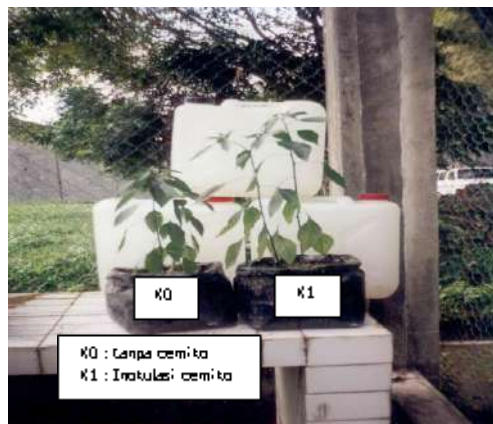
3.3. Tanaman hortikultura

Dari hasil penelitian Badal (1996) membuktikan bahwa inokulasi CEMIKO pada tanaman bawang merah dapat meningkatkan jumlah anakan, kandungan hara N, P dan K tanaman serta meningkatkan bobot kering dan jumlah umbi bawang merah. Inokulasi CEMIKO yang disertai dengan penambahan pupuk P dapat memperbaiki pertumbuhan dan meningkatkan hasil tanaman tomat yang tercermin dengan meningkatnya jumlah dan bobot buah per tanaman. Susila *et al.* (2018) menemukan pemanfaatan CEMIKO indigenos meningkatkan serapan N, P, K, serta memperbaiki pertumbuhan dan meningkatkan hasil tanaman bawang merah di lahan kering dataran rendah. Sebelumnya Nurmajdi *et al.* (2016) melaporkan pula bahwa CEMIKO dapat memperbaiki pertumbuhan dan meningkatkan hasil bawang merah varietas bangkok.

Respons tanaman hortikultura terhadap CEMIKO akan semakin jelas apabila diberikan pada tanaman yang tumbuh di lahan marginal atau kritis dan dikombinasikan dengan bahan lain, tetapi kalau ditanam pada tanah yang kesuburannya sudah baik (Andisol), respons tanaman tersebut pada CEMIKO sudah tidak tampak lagi. Hasil

penelitian Widodo (2000) menunjukkan bahwa tanaman cabai rawit yang diinokulasi CEMIKO pada Andisol tidak menunjukkan respons, tetapi pada tanah jenis Psament dan Ultisol, tanaman cabai rawit menunjukkan peningkatan hasil sebesar 54 % dan 35%.

Hubungan yang baik antara CEMIKO dengan mikroorganisme lain dapat memberikan keuntungan terhadap tanaman. Hasil penelitian Husin *et al.* (1995) menunjukkan bahwa ada kerja sama antara CEMIKO dengan jamur pelarut fosfat dalam meningkatkan serapan P tanaman serta bobot kering tanaman cabai. Hal ini seiring dengan meningkatnya kandungan P-tersedia tanah tersebut. Besarnya respons tanaman terhadap CEMIKO ini tergantung dari jenis tanaman (Husin, 1997). Penampilan tanaman cabai yang diinokulasi dengan CEMIKO terlihat pada Gambar 27.



Gambar 27. Penampilan tanaman cabai tanpa dan diinokulasi CEMIKO

Peneliti lain menemukan pula bahwa pupuk hayati seperti CEMIKO mampu meningkatkan serapan hara dan pertumbuhan bibit manggis (Syarif, 2001) dan mengurangi waktu pemeliharaan di pembibitan (Syarif, 2002b). Pengaplikasian cemiko secara mandiri mampu memperbaiki pertumbuhan dan perkembangan berbagai jenis tanaman. Pemanfaatan cemiko pada tanaman hias (Gerbera) dapat memperbanyak bunga dan memperpanjang waktu layunya bunga.

IV. PENGGUNAAN CEMIKO DALAM BIDANG PERTANIAN

1. Cemiko penunjang sistem Pertanian Berwawasan Lingkungan

Dalam pemenuhan kebutuhan hidup manusia telah dilakukan berbagai aktivitas diantaranya mengintensifkan pengelolaan lahan pertanian produktif, ekstensifikasi pada lahan lahan marginal, pembukaan hutan, penambangan dan pembangunan perkotaan. Aktivitas itu sering kali dilakukan secara tidak bijaksana sehingga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan seperti kerusakan vegetasi hutan, sistem air, peningkatan laju erosi serta penurunan produktivitas lahan pertanian. Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukanlah upaya pengendalian yang mengarah kepada kegiatan penghijauan dengan menerapkan teknik budidaya yang tepat serta pemilihan jenis tanaman yang cocok. Kegiatan tersebut dapat diterapkan dalam upaya mereklamasi lahan yang telah rusak, lahan labil, lahan tidak produktif dan mengurangi erosi permukaan, kegiatan tersebut dapat memperbaiki iklim mikro, memulihkan biodiversitas dan meningkatkan produktivitas lahan.

Nyatanya kegiatan stabilitas pada lahan lahan yang telah rusak sangat sulit karena kondisi lahan tidak menguntungkan untuk pertumbuhan tanaman pada lahan tersebut tanaman sukar tumbuh dan mempunyai daya hidup yang rendah, Karena sebagian besar lahan tersebut bereaksi masam (pH rendah), miskin hara makro dan mikro, lapisan olah tipis yang miskin bahan organik, dan kaya logam berat. Untuk mengatasi masalah itu telah banyak dilakukan seperti pupuk buatan, pupuk organik, pengapuran dan pestisida dalam jumlah yang cukup besar. Penggunaan bahan tersebut tidak hanya memerlukan energi yang cukup besar dan biaya tinggi, tapi juga menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas lingkungan. Dampaknya antara lain eutrofikasi perairan, pencemaran air tanah oleh nitrat dan berbagai pestisida, dan meningkatnya efek rumah kaca serta kerusakan lapisan oleh ozon N_2O dan NO yang dihasilkan oleh peristiwa denitrifikasi dan agroekosistem.

Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan pemanfaatan CEMIKO sebagai agen pupuk hayati atau pengendali hama dan

penyakit, bioremediasi atau teknologi pengurangan pupuk anorganik dengan tetap mempertimbangkan teknologi yang telah ada sehingga sistem pertanian dapat berkembang di lahan marginal dan adaptif pada lingkungan yang ekstrem.

Manfaat CEMIKO sangat menjanjikan karena CEMIKO mempunyai kemampuan memperbaiki nutrisi tanaman, melindungi tanaman dari pathogen, meningkatkan resistensi tanaman terhadap kekeringan, meningkatkan resistensi tanaman terhadap logam berat, terlibat dalam siklus biotanaman, sinergis dengan mikroorganisme lain, dan mempertahankan keanekaragaman tanaman. Berdasarkan fungsinya para pakar pertanian dan lingkungan meyakini bahwa CEMIKO dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif teknologi untuk membantu pertumbuhan tanaman, meningkatkan produktivitas tanaman dan kualitas lingkungan, serta kualitas terutama tanaman yang di tanam pada lahan lahan marginal.

Keberadaan CEMIKO di alam dapat mempercepat terjadinya suksesi secara alami pada habitat- habitat yang mendapat gangguan ekstrim. Keberadaannya mutlak diperlukan karena berperan penting dalam mengefektifkan daur ulang hara sehingga efektif untuk mempertahankan produktivitas lahan, stabilitas ekosistem hutan dan keanekaragaman hayati. Pemakaian CEMIKO sebagai keseimbangan ekologi, aman dipakai (tidak pathogen), tidak menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Dengan demikian CEMIKO dapat dikatakan mampu mempertahankan kualitas lingkungan dengan tetap menyediakan hara untuk pertumbuhan tanaman

2. Peranan CEMIKO Pada Perbaikan Lahan Kritis

Hal itu terjadi sebagai akibat kebergantungan bibit manggis terhadap CEMIKO tergolong tinggi (Syarif, 2002b; Syarif, 2005) yang ditandai dengan infektifitas nya juga tinggi pada stadia bibit (Syarif, 2002a). Selain itu, bibit yang telah diinokulasi dengan CEMIKO pada stadium bibit akan tumbuh lebih baik dan cepat di lapangan serta dapat mengurangi pupuk P sebesar 61.5 persen dibandingkan dengan tanpa CEMIKO (Syarif, 2005). Manfaat itu terjadi karena

disamping akarnya tumbuh lebih baik, bibit manggis yang diinokulasi dengan CEMIKO lebih adaptif terhadap lingkungan bermasalah seperti hara dan air tersedia rendah karena CEMIKO itu sendiri mampu memfasilitasi akar menyerap hara dan air dari dalam tanah. Keadaan itu dapat dipahami karena selain akarnya terinfeksi CEMIKO, sistem perakarannya dapat berkembang dengan baik yang diindikasikan oleh partisi asimilat bibit manggis yang diinokulasi CEMIKO lebih tinggi ke akar daripada tanpa CEMIKO (Syarif, 2003).

Tanaman yang telah terinfeksi CEMIKO mampu tumbuh dengan baik pada kondisi kekeringan. Hal ini disebabkan karena jaringan hifa eksternal akan memperluas permukaan serapan air dan mampu menyusup ke pori kapiler sehingga serapan air untuk kebutuhan tanaman inang meningkat. Penelitian lain menunjukkan bahwa tanaman pepaya (Cruz *et al.*, 2000) berCEMIKO memiliki ketahanan yang lebih besar terhadap kekeringan dibandingkan tanaman tanpa CEMIKO yang ditandai dengan kandungan air dalam jaringan dan transpirasi yang lebih besar, meningkatnya tekanan osmotik, terhindar dari plasmolisis, meningkatnya kandungan pati dan kandungan *proline* (total dan daun) yang lebih rendah selama tercekam air.

Tanaman yang berkembang dengan baik di lahan limbah batubara tersebut, ditemukan adanya "*oil droplets*" dalam vesikular akar CEMIKO. Hal ini menunjukkan bahwa ada mekanisme filtrasi, sehingga bahan beracun tersebut tidak sampai diserap oleh tanaman.

Beberapa pakar lainnya menjelaskan bahwa CEMIKO juga dapat mempengaruhi pemindahan dan translokasi logam berat ke dalam tanaman. Kandungan logam berat dalam tajuk tanaman yang berCEMIKO lebih rendah dibandingkan dengan tanaman yang tidak berCEMIKO. Mekanisme toleransi tanaman yang berCEMIKO terhadap logam berat sangat erat hubungannya dengan toleransi fungi CEMIKO itu sendiri yang terlibat dalam mengimmobilisasi logam berat di sekitar atau di dalam jaringan fungi tersebut.

V. PENUTUP

Kondisi iklim di Indonesia menyebabkan tingginya laju dekomposisi bahan organik, erosi tanah, dan pencucian hara sehingga kesuburan tanah pada lahan pertanian umumnya rendah. Akibatnya daya dukung tanah menjadi rendah dan terjadi penurunan produktivitas. Pemakaian bahan kimia seperti pupuk buatan menimbulkan berbagai dampak yang merugikan bagi lingkungan sehingga upaya peningkatan produksi harus dilakukan secara berkelanjutan dengan tetap mempertahankan produktivitas lahan dan kelestarian lingkungan.

Salah satu teknik budidaya tanaman yang mengacu pada konsep pertanian berkelanjutan adalah teknik *low external input of sustainable agriculture* (LEISA), salah satunya dengan pemanfaatan mikroba yang potensial (bermanfaat) sebagai agens pupuk hayati (*biofertilizer*) yaitu fungi mikoriza arbuskula (FMA) yang dikeluarkan dengan merk dagang CEMIKO. CEMIKO dapat membantu meningkatkan produksi tanaman dan meningkatkan toleransi tanaman pangan, perkebunan dan kehutanan terutama pada tanah kritis. Pemberian CEMIKO cukup efektif karena cukup sekali saja saat tanam.

Namun demikian beberapa kendala dalam penggunaan CEMIKO masih ditemui yaitu upaya untuk memproduksi inokulan CEMIKO dalam skala besar dan waktu yang dibutuhkan relatif lama selain penggunaannya dalam jumlah relatif besar. Oleh karena itu masih diperlukan penelitian-penelitian lebih lanjut dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan CEMIKO dan memperpendek waktu memproduksinya.

REFERENSI

Armansyah. 2019. Peranan fungi *Mikoriza arbuskula* (FMA) indigenos pada tanaman serai wangi (*Andropogon nardus* L.) di lahan kering. Disertasi. Program Studi S3 Ilmu Pertanian Fakultas Pertanian, Unand

- Badal B. 1996. Efek mikoriza *Vesicular arbuskular* dan pupuk kandang terhadap serapan P dan hasil Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) pada tanah berkadar fosfat tinggi. Tesis. PPS Unand, Padang
- Cruz AF, Ishii T, & Kadoya K. 2000. Effect of *Arbuscular mycorrhizal* fungi on tree growth, leaf water potential, and levels of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid and ethylene in the roots of papaya under water stress conditions. *J. Mycorrhiza*. 10(3): 121-123
- Husin EF. 1992. Perbaikan sifat kimia tanah podzolik dengan pemberian pupuk hijau dan FMA serta efeknya terhadap serapan hara dan hasil tanaman jagung. Disertasi, Program Doktor Universitas Padjadjaran. Bandung
- Husin EF. 1997. Respons beberapa jenis tanaman terhadap mikoriza dan pupuk pada tanah ultisol pasir pangarayan. Prosiding Seminar Hasil Penelitian BKS-PTN Wilayah Barat
- Husin EF & Kasli. 2006. Rehabilitasi lahan melalui pemanfaatan cendawan cemiko Arbuskula dan peranannya terhadap berbagai tanaman. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional dan Workshop Wilayah Sumatera di Universitas Syiah Kuala Banda
- Husin EF, Syafei S, Kasim M & Hartawan R. 2000. Respons pertumbuhan bibit mangium di persemaian terhadap cemiko dan rhizobium. p. 232-245. In Setiadi Y *et al.* (eds). Pros. Sem. Nas. Cemiko I, Pemanfaatan cendawan cemiko sebagai agen bioteknologi ramah lingkungan dalam meningkatkan produktivitas lahan di bidang kehutanan, perkebunan, dan pertanian di era milenium baru. Bogor
- Husin EF, Kasli, Yurnalis & Halim. 1997. Respons pertumbuhan bibit sengon terhadap FMA dalam keadaan cekaman air. Seminar Hasil Penelitian BKS-BTN Wilayah Barat, UNJA, Jambi.
- Koske RE. 1982. Evidence for a volatile attractant from plant roots affecting *Germ tube* of a VA-Mycorrhiza Fungus. *Transact. Br. Mycol. Soc.* 79 : 30 – 310

- Khanday M, Bhat RA, Haq S & Dervash MA, Bhatti AA, Nissa M& Mir NM. 2016. *Arbuscular mycorrhizal* fungi boon for plant nutrition and soil health. In: Hakeem KR *et al.* (eds) Soil science: Agricultural and environmental prospective. Springer International Publishing. Switzerland
- Muis R, Ghulamahdi M, Melati M, Purwono & Mansur I. 2016. Kompatibilitas Fungi Mikoriza Arbuskular dengan Tanaman Kedelai pada budi daya jenuh air. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 35(3): 229-237
- Muzakkir M, Husin EF, Agustian & Syarif A. 2010. Efektivitas berbagai Fungi Mikoriza Arbuskular indigenus terhadap serapan hara P dan pertumbuhan tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) 7(2):137-143
- Nurmajdi I, Syarif A & Suswati S. 2016. Respon beberapa varietas bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap berbagai dosis fungi *Mikoriza arbuskular* pada ultisol. *Jurnal Biosains (Bio)*. 2(3):20-25
- Subowo G. 2009. Pemberdayaan sumber daya lahan untuk meningkatkan daya saing dan nilai tambah produk pertanian. *Jurnal Sumber daya Lahan* 3 (2) : 97-106
- Susila E. 2019. Budidaya bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) pada lahan kering dataran rendah Sumatera Barat dengan pemanfaatan fungi *Mikoriza arbuskula* (FMA) indigenus. Disertasi. Program Studi S3 Ilmu Pertanian Fakultas Pertanian, Unand
- Susila E, Anwar A, Syarif A & Agustian. 2018. Selection of six types of isolates of indigenous *Arbuscular mycorrhizal* fungi for growth, yield and essential oil content of shallots (*Allium ascalonicum* L.). *Intern. J. Advance sci. engine. Inform. Technol. (Int. J. Adv. Res.)*. 6(7):856-864

- Syarif A. 2001. Respons bibit manggis (*Garcinia mangostana* L.) terhadap inokulasi cendawan mikoriza arbuskular, aplikasi pupuk fosfat, dan penanaman pada ultisol di Padang, Sumatera Barat. Disertasi, Program Doktor Universitas Padjadjaran. Bandung
- Syarif A. 2002a. Infektivitas cendawan cemiko arbuskular dan efeknya terhadap pertumbuhan bibit manggis. *Stigma*, J. 10(2):137-140
- Syarif A. 2002b. Kebergantungan bibit manggis yang diberi pupuk fosfat terhadap cendawan cemiko arbuskular. *Stigma* J.10(3):242-246
- Syarif A. 2003. Partisi fotosintat pada bibit manggis sebagai efek dari naungan, cendawan cemiko arbuskular, dan pupuk fosfat. *Andalas J.* 15 (1) : 35 - 39
- Syarif A. 2005. Kebergantungan manggis (*Garcinia mangostana* L.) terhadap cendawan cemiko arbuskular dan pupuk fosfat di lapang. *Stigma* J.10(3):242-246
- Widodo H. 2000, Pertumbuhan dan hasil cabe rawit yang diinokulasi cendawan mikoriza arbuskula pada tiga jenis tanah. Tesis. PPs Unand. Padang

Ekologi Lanskap dan Konservasi Hymenoptera Parasitoid

Yaherwandi

*Dosen bidang Ekologi Serangga pada Program Studi Hama dan Penyakit
Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Andalas.
e-mail : yaherwandi@agr.unand.ac.id; yaherwandi_04@yahoo.com*

I. PENDAHULUAN

Lanskap pertanian berbeda dari lanskap alami karena keanekaragaman hayatinya yang lebih kecil dibanding bentuk lanskap alami. Lanskap pertanian mengalami gangguan setiap musim tanam karena aktivitas budidaya seperti pembajakan, penanaman, aplikasi pemupukan dan pestisida serta panen. Sistem yang terganggu sangat berat memperlihatkan keanekaragaman spesies yang rendah dan rantai makanan yang pendek, sehingga sering kali terjadi ledakan hama (Landis & Orr, 2004). Sebelumnya, Kruess & Tschardtke (1994) melaporkan bahwa peningkatan fragmentasi dan isolasi habitat serta penurunan kompleksitas struktur lanskap cenderung menyebabkan ketidakstabilan interaksi biotik yang terdapat pada lanskap tersebut. Dalam lanskap pertanian yang lebih kompleks melalui upaya peningkatan keanekaragaman jenis tanaman, stabilitas dari ekosistem tersebut dapat ditingkatkan (Price & Waldbauer, 1982).

Lanskap pertanian adalah sekumpulan ekosistem yang tidak hanya meliputi lahan pertanaman (agroekosistem) tetapi juga ekosistem seperti vegetasi liar, jalan raya, perkampungan dan lainnya (Forman & Godron, 1986). Lanskap pertanian (persawahan) pada daerah tropika basah di Indonesia struktur lanskapnya berkisar dari yang sederhana sampai yang kompleks. Di dataran rendah misalnya,

lanskap pertanian hanya terdiri dari satu atau beberapa ekosistem saja seperti padi atau palawija dan vegetasi liar, sedangkan pada dataran tinggi tidak hanya terdiri dari satu ekosistem, tapi terdiri dari berbagai ekosistem yaitu: sayuran, padi, vegetasi liar dan lahan bera. Struktur lanskap persawahan di daerah tropika basah seperti Indonesia umumnya terdiri dari pertanaman padi (*matrix*), berbagai bidang lahan (*patch*), yaitu pertanaman sayuran, palawija, kebun campur, lahan bera, semak-semak dan perkampungan, sedangkan koridor (*corridor*) berupa pematang sawah, pinggiran sungai dan saluran irigasi. Komponen-komponen lanskap tersebut merupakan habitat yang dapat ditempati oleh serangga, termasuk Hymenoptera parasitoid dan musuh alami lainnya.

Kajian ekologi lanskap mencakup studi tentang struktur, interaksi antara komponen penyusun lanskap dan perubahan atau kerusakan habitat yang terjadi dalam lanskap (Forman & Godron, 1986; Kruess & Tschardtke, 1994) dan akan lebih bermakna apabila dikaitkan dengan konservasi musuh alami, khususnya Hymenoptera parasitoid. Hal ini terutama disebabkan Hymenoptera parasitoid mempunyai peranan penting dalam mengatur populasi alami serangga hama dan mampu menempati berbagai komponen lanskap, sehingga apabila tanaman utama dipanen atau tidak ada di lapangan, maka parasitoid ini dapat berpindah ke habitat lain di sekitarnya (Noyes & Hayat, 1984; Dennis & Fry, 1992; Quicke, 1997) dan apabila kondisi pertanaman membaik dapat kembali merekolonisasi pertanaman tersebut.

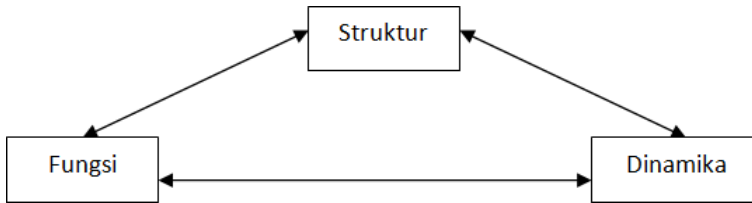
Parasitoid tidak hanya menyerang serangga hama yang memakan tanaman budidaya, tapi juga serangga inang alternatif yang hidup pada vegetasi liar. Dengan demikian parasitoid dapat menempati dan menginvasi berbagai tipe habitat yang tersebar di lanskap pertanian (Kruess & Tschardtke, 2000). Vegetasi liar yang terdapat di sekitar pertanaman padi yang umum terdapat di daerah-daerah tropika, dapat memberikan beberapa keuntungan bagi komunitas serangga yang mendiaminya, termasuk Hymenoptera parasitoid. Selain untuk tempat berlindung, vegetasi liar tersebut juga menyediakan inang alternatif, ketika inang utama terbunuh misalnya

karena aplikasi insektisida (Van Emden, 1991). Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan di daerah tropika seperti yang dilaporkan oleh Heong *et al.* (1991) & Herlinda (1999) menunjukkan bahwa pola pertanaman padi yang bercampur dengan pertanaman lain seperti sayuran, palawija dan vegetasi liar pada suatu lanskap yang kompleks menunjukkan keanekaragaman arthropoda yang lebih tinggi daripada pertanaman padi monokultur dengan lanskap yang sederhana. Hasil yang mirip juga ditemukan di daerah sub tropika pada pertanaman jagung dengan struktur lanskap yang kompleks (polikultur) keanekaragaman Hymenoptera parasitoid dari serangga *Pseudaletia unipuncta* Haworth (Lepidoptera: Noctuidae) lebih tinggi daripada pertanaman jagung monokultur (Marino & Landis, 1996; Menalled *et al.*, 1999).

Pada bagian pertama tulisan ini saya akan menguraikan secara ringkas teori ekologi lanskap. Pada bagian berikutnya dibahas konsep keanekaragaman hayati dan keanekaragaman fungsional Hymenoptera. Selanjutnya diuraikan pengaruh struktur lanskap pertanian terhadap keanekaragaman Hymenoptera dan peluang dan tantangan konservasi Hymenoptera parasitoid pada lanskap pertanian. Pada bagian akhir artikel ini akan diulas hasil penelitian saya tentang keanekaragaman Hymenoptera pada beberapa lanskap pertanian di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cianjur, Jawa Barat.

II. EKOLOGI LANSKAP

Ekologi lanskap pada dasarnya mencakup tentang susunan semua bidang lahan dari habitat tanaman dan vegetasi liar dalam satu lanskap dan pengaruh susunan spasial habitat tersebut terhadap spesies yang hidup di dalamnya. Dengan demikian definisi lanskap yang paling praktis dan banyak digunakan adalah yang dikemukakan oleh Forman & Godron (1986) yaitu suatu lahan/areal heterogen yang tersusun dari ekosistem yang saling berinteraksi dan memiliki pola semacam yang berulang-ulang. Menurut Fry (1999) ada tiga proses dasar yang terjadi dalam suatu lanskap yaitu struktur, fungsi dan dinamika (Gambar 28).



Gambar 28. Proses-proses dasar dari ekologi lanskap (Fry, 1999)

Struktur Lanskap

Struktur lanskap merupakan hubungan spasial antara ekosistem atau elemen-elemen lanskap seperti pertanian, vegetasi di luar pertanian, perkampungan, jalan raya, saluran irigasi dan lain-lain (Forman & Godron, 1986; Forman, 1995; Turner, 1998; Fry, 1999). Tiga struktur dasar lanskap adalah matriks (*matrix*), bidang lahan (*patch*) dan koridor (*corridor*) (Samways, 1995). Matriks merupakan tipe elemen lanskap yang ukurannya paling luas dan berkelanjutan (Forman dan Godron, 1986; Forman, 1995). Matriks umumnya mengelilingi sebidang lahan dan berperan penting dalam fungsi lanskap (Samways, 1995). Matriks alami yang paling rentan, luas dan penting dalam hal keanekaragaman serangga adalah hutan hujan tropis (Samways, 1995).

Patch merupakan sebidang lahan yang memiliki permukaan yang tidak lurus yang berbeda penampakannya dari matriks yang mengelilinginya (Forman & Godron, 1986; Forman, 1995; Samways, 1995). Sebidang lahan yang mengalami gangguan (*disturbance patch*) akan membentuk suatu pulau dengan lahan yang rusak di dalam matriks yang masih utuh. Pada sistem pertanian berpindah yang dilakukan dalam areal yang luas dapat menyebabkan perubahan struktur lanskap dari bidang lahan menjadi matriks yang mengalami kerusakan. Proses tersebut dapat mempengaruhi perilaku dan kemampuan hidup serangga. Bidang lahan yang ditumbuhi tumbuhan introduksi (*introduced patch*) seperti lahan ilalang di tengah hamparan hutan merupakan habitat yang sesuai untuk serangga

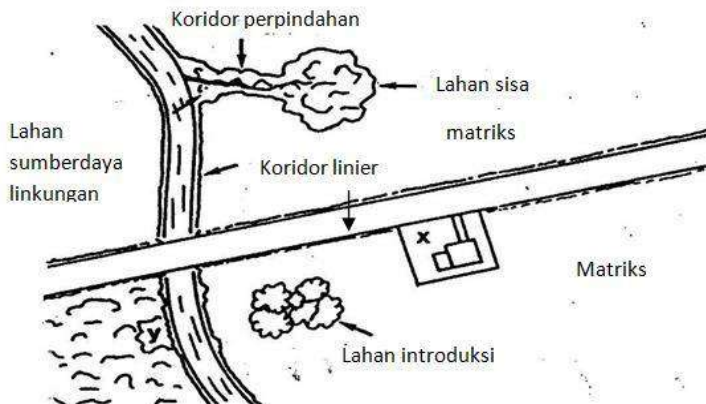
Orthoptera. Lahan sisa (*remnant patch*) yang tidak dibudidayakan berguna sebagai tempat arthropoda berlindung (Samways, 1995). Di lanskap pertanian, lahan sisa dapat berupa semak-semak yang tumbuh di lahan pinggir.

Koridor merupakan lahan yang sempit yang kedua sisinya linier dan berbeda dengan matriks (Forman & Godron, 1986; Forman, 1995). Koridor dapat berfungsi sebagai habitat, koridor perpindahan (*movement corridor*) dan koridor perintang (*barrier corridor*). Contoh koridor yang dapat berperan sebagai habitat serangga terutama pada kondisi yang tidak menguntungkan adalah tumbuhan pagar (Lewis, 1974; Samways, 1995). Koridor perpindahan dapat berfungsi sebagai penghubung yang membantu perpindahan atau pemencaran serangga dari suatu bidang lahan ke bidang lahan lainnya (Hess & Fischer, 2001). Dalam kaitannya dengan lanskap pertanian (persawahan), koridor perpindahan dapat berupa pematang sawah dan pinggiran saluran irigasi. Pematang sawah mempunyai peran penting sebagai koridor perpindahan bagi kumbang predator famili Carabidae karena kumbang tersebut umumnya tidak mampu memencar melalui udara (Herlinda, 1999). Koridor perintang adalah koridor yang dapat menghambat pergerakan spesies tertentu dalam melintasi lanskap (Forman & Godron, 1986; Landis & Orr, 1996). Koridor perintang pada lanskap pertanian antara lain adalah sungai dan saluran irigasi.

Elemen-elemen lanskap di atas mempunyai sifat fisik tertentu yang dapat diukur seperti ukuran, bentuk, jarak, jumlah habitat dan keterisolasian atau hubungan satu bidang lahan terhadap bidang lahan lain yang sama atau yang tidak sama (Fry, 1999). Pada lanskap pertanian, petani juga berperan dalam menyusun struktur lanskap tersebut, misalnya pertanaman padi yang serentak dalam skala spasial yang luas dengan sedikit vegetasi liar atau pertanaman padi dengan berbagai pertanaman sayuran dan vegetasi liar. Skema lanskap terdiri dari tiga elemen utama, yaitu matriks, bidang lahan dan koridor, dapat dilihat pada Gambar 29.

Fungsi Lanskap

Fungsi lanskap adalah hasil interaksi antara elemen-elemen spasial seperti aliran energi, material dan spesies di antara komponen-komponen ekosistem (Forman & Godron, 1986; Forman, 1995; Turner, 1998). Fungsi berhubungan dengan struktur, tetapi lebih menyangkut proses-proses biologi, kimia dan fisik yang terjadi di dalam lanskap. Keanekaragaman dan distribusi spesies, proses-proses populasi (migrasi, kelahiran dan kematian), genetika populasi dan interaksi tanaman-hama dan musuh alami semuanya itu dipengaruhi oleh struktur lanskap (Fry, 1999). Struktur lanskap seperti ukuran, bentuk lahan, proporsi habitat pertanian dan vegetasi liar akan mempengaruhi aliran spesies, energi dan nutrisi di dalam lanskap (Fry, 1999).



Gambar 29. Skema lanskap yang terdiri dari tiga elemen utama, yaitu matriks, bidang lahan dan koridor; x adalah perkampungan yang dikelilingi oleh matriks pertanian dan y merupakan bidang lahan yang mengalami kerusakan (Samways, 1995)

Dinamika Lanskap

Dinamika lanskap adalah perubahan yang terjadi pada struktur dan fungsi lanskap (Forman & Godron, 1986; Forman, 1995; Turner,

1998). Semua lanskap mengalami proses perubahan, demikian juga lanskap pertanian. Kebanyakan ekosistem pertanian modern sangat berbeda dari ekosistem alami. Faktor penting yang menyebabkan perubahan tersebut adalah karena sering kali terjadi gangguan dalam skala yang luas dari ekosistem tersebut (Landis & Menalled, 1998). Pada kebanyakan ekosistem, kebakaran, penebangan pohon dan banjir merupakan faktor utama sebagai penyebab terjadinya perubahan pada lanskap alami. Manusia mengonversi hutan menjadi lahan pertanian dengan cara menebangi pohon, membakar, membajak dan menanam dengan spesies tanaman yang berumur pendek dalam skala yang luas dan berlangsung secara terus-menerus sepanjang tahun merupakan gangguan terhadap lanskap alami. Hal ini menyebabkan perubahan lanskap terjadi dalam waktu yang singkat dan akan mengganggu komunitas serangga yang menempati ekosistem tersebut .

Perubahan dan fragmentasi lanskap alami yang luas dan berkelanjutan menjadi beberapa habitat oleh praktek pertanian, sering kali mengakibatkan kehilangan spesies dan rusaknya jaring makanan (Kruess & Tscharntke, 1994). Lanskap pertanian dicirikan oleh keanekaragaman spesies tumbuhan yang rendah dan kompleksitas arsitektur tumbuhan yang sederhana (Lawton, 1983 dalam Marino & Landis, 2000). Tumbuhan yang mempunyai arsitektur sederhana seperti pada awal suksesi memiliki sangat sedikit spesies serangga baik hama maupun musuh alami dibandingkan dengan komunitas tumbuhan yang arsitekturnya lebih kompleks seperti pada akhir suksesi (Morino & Landis, 2000). Lanskap pertanian yang ditopang oleh berbagai pertanaman dan vegetasi liar memiliki vegetasi yang lebih kompleks dan dihuni oleh musuh alami yang beragam daripada lanskap pertanian yang seragam (Ryszkowski *et al.*, 1993). Hal ini disebabkan oleh ekosistem tersebut menyediakan sumber daya berlimpah bagi musuh alami seperti makanan (nektar dan polen) bagi imago parasitoid, iklim mikro yang cocok dan inang alternatif untuk meningkatkan kemampuan bertahan hidup dan keefektifannya.

III. KEANEKARAGAMAN HAYATI

Keanekaragaman hayati atau *biological diversity* yang sering kali disingkat *biodiversity* merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan keanekaragaman spesies tanaman, binatang dan mikroorganisme yang ada dan berinteraksi dalam suatu ekosistem (Primack *et al.*, 1998; Altieri, 1999; Altieri & Nicholls, 2004). Keanekaragaman hayati terdapat dalam berbagai tingkat kehidupan, sering kali dibedakan menjadi keanekaragaman genetik, spesies dan ekosistem (Meffe & Carroll, 1997; Primack *et al.*, 1998; DEST, 2004).

Keanekaragaman genetik merupakan variasi genetik dalam spesies. Menurut Primack (1998) Keanekaragaman genetik mencakup variasi genetik suatu spesies dalam suatu populasi atau diantara populasi yang berbeda. Lebih lanjut dikatakan variasi genetik di dalam individu spesies terjadi karena adanya mutasi gen dan kromosom (Primack, 1998; DEST, 2004). Variasi genetik dalam suatu populasi muncul sewaktu keturunan menerima kombinasi unik gen dan kromosom dari induknya melalui rekombinasi gen selama reproduksi seksual (Primack, 1998; DEST, 2004). Variasi genetik dalam suatu populasi diperlukan untuk evolusi dan adaptasi. Populasi dengan variasi genetik yang tinggi memiliki beberapa individu yang mampu untuk beradaptasi terhadap perubahan- perubahan lingkungan yang terjadi (Canadian Biodiversity, 2005).

Keanekaragaman spesies adalah keanekaan jenis organisme yang menempati suatu ekosistem baik di darat maupun di lautan (Primack, 1998). Ide keanekaragaman spesies muncul berdasarkan asumsi bahwa populasi dari spesies-spesies yang secara bersama- sama terbentuk, berinteraksi satu sama lain, dan dengan lingkungan menunjukkan jumlah spesies dan kelimpahan relatifnya (McNaughton & Wolf, 1998). Dalam ekologi, secara umum keanekaragaman hayati lebih banyak diukur pada tingkat spesies (McNaughton & Wolf, 1998; DEST, 2004). Hal ini bukan berarti keanekaragaman spesies lebih penting dari keanekaragaman genetik, tetapi karena keanekaragaman spesies relatif

lebih mudah diidentifikasi dan diukur, sedangkan keanekaragaman genetik memerlukan laboratorium, waktu dan sumber daya yang khusus untuk mengidentifikasi keragaman, demikian juga halnya dengan keanekaragaman ekosistem membutuhkan banyak ukuran-ukuran yang kompleks dan dilakukan dalam periode waktu yang lama (*Canadian Biodiversity*, 2005). Keanekaragaman spesies dapat diukur dengan beberapa cara yaitu: kekayaan spesies (*species richness*), kelimpahan relatif spesies (*species abundance*) dan keanekaragaman taksonomi atau filogenetik (*taxonomy or phylogenetic diversity*) (McNaughton & Wolf, 1998; *DEST*, 2004).

Keanekaragaman ekosistem menggambarkan variasi bentuk dan jenis lanskap, daratan maupun perairan, berbagai tumbuhan, hewan dan organisme hidup lain yang saling berinteraksi dan membentuk keterikatan dengan lingkungan fisiknya untuk dapat bertahan hidup (*DEST*, 2004; *Canadian Biodiversity*, 2005). Lebih lanjut dikatakan keanekaragaman ekosistem lebih sulit didefinisikan daripada keanekaragaman genetik dan spesies, karena batas-batas komunitas dan ekosistem berubah-ubah (*DEST*, 2004). Karena konsep ekosistem sangat dinamis dan berubah-ubah, maka keanekaragaman ekosistem dapat diaplikasikan pada skala yang berbeda-beda (*DEST*, 2004). Dalam tulisan ini konsep ekosistem yang digunakan adalah pada skala yang lebih luas yaitu lanskap.

Mengukur Keanekaragaman Hayati

Disamping definisi keanekaragaman hayati yang telah diuraikan di atas, ada beberapa aspek-aspek kuantitatif yang dapat digunakan dalam rangka mengukur keanekaragaman hayati antara komunitas yang berbeda-beda. Nilai kuantitatif tersebut biasanya dinyatakan dalam indeks matematika yaitu: indeks kekayaan spesies, kelimpahan relatif, distribusi dan variasi spesies dalam suatu habitat dan ekosistem (Magurran, 1988; Spellberg, 1991; Krebs, 1999). Indeks matematika tentang keanekaragaman hayati sudah dikembangkan untuk menjelaskan keanekaragaman spesies pada skala geografik yang berbeda-beda yaitu: keanekaragaman alfa, keanekaragaman beta dan

keanekaragaman gama (Spellberg, 1991; Primack, 1998; Norris *et al.*, 2003).

Keanekaragaman alfa adalah keanekaragaman spesies pada suatu habitat atau ekosistem (Spellberg, 1991). Keanekaragaman ini dapat diukur dengan menentukan jumlah spesies dan kelimpahan relatif masing-masing spesies tersebut (Norris *et al.*, 2003). Lebih lanjut dikatakan bahwa nilai dari ukuran tersebut dapat digunakan untuk membuat suatu indeks matematika suatu komunitas yang menggambarkan keanekaragaman spesiesnya (Norris *et al.*, 2003). Indeks-indeks tersebut diantaranya adalah Shannon-Weiner, Simpson & Briloin (Magurran, 1988; Spellberg, 1991; Krebs, 1999; Norris *et al.*, 2003). Tidak ada suatu indeks yang secara universal dapat diaplikasikan atau diterima oleh semua orang (Norris *et al.*, 2003). Namun demikian, Krebs (1999) merekomendasikan bahwa untuk mengukur keanekaragaman spesies disarankan menggunakan indeks Shannon-Wiener, apabila lebih memberi penekanan kepada *rare species* atau pengaruh kekayaan spesies. Beberapa indeks keanekaragaman spesies yang disarankan dari Magurran (1988), Spellberg (1991) dan Krebs (1999) dapat dilihat pada Tabel 29.

Tabel 29. Beberapa indeks keanekaragaman spesies

Indeks	Persamaan	Keterangan
Hill's	$D = \frac{(\sum X)^2}{\sum X^2}$	D = indeks keanekaragaman X = kelimpahan spesies indeks ini dari segi data sulit diinterpretasikan dan tidak dipakai secara luas
Wiliam's alpha	$S = \alpha \log_e (1 + N/\alpha)$	α = indeks keanekaragaman S = total jumlah spesies N=total jumlah individu tidak sensitif terhadap ukuran sampel
Shannon-Wiener	$H = -\sum_{i=1}^s P_i(\log_e P_i)$	H = indeks Shannon-Wiener P _i = proporsi spesies ke i dalam komunitas sangat dipengaruhi oleh kekayaan spesies tetapi pengaruh ukuran sampel rendah
Simpson's	$D = \sum_{i=1}^s P_i^2$	D = indeks Simpson's P _i = proporsi spesies ke i dalam komunitas lebih memberi penekanan terhadap spesies umum; pengaruh ukuran sampel rendah
Briloin	$H = \frac{1}{N} \log_{10} \frac{N!}{N_1! N_2! N_3!}$	H = indeks Briloin N = Total jumlah individu N ₁ , N ₂ , N ₃ = jumlah individu spesies 1, 2, 3 memerlukan sampel yang lengkap

Keanekaragaman beta dan gama atau keanekaragaman ekosistem adalah variasi dalam komposisi spesies antara dua atau lebih habitat di suatu lanskap. Keanekaragaman beta merupakan tingkat perubahan komposisi spesies sepanjang gradien lingkungan pada skala regional (Mackenzie *et al.*, 1998) atau keanekaragaman diantara habitat (Spellberg, 1991). Keanekaragaman beta dinilai dengan membandingkan komposisi spesies dari dua area menggunakan indeks keanekaragaman alfa (Norris *et al.*, 2003). Keanekaragaman gama merujuk kepada skala geografis yang lebih luas; didefinisikan sebagai variasi di suatu daerah yang mencakup keanekaragaman alfa dan beta (Spellberg, 1991).

Secara kuantitatif, keanekaragaman spesies antar habitat dapat diukur dengan analisis kemiripan (Spellberg, 1991). Kemiripan atau kedekatan komunitas antar habitat dapat diukur dengan

menggunakan antara lain indeks kemiripan atau koefisien kemiripan spesies. Indeks kemiripan juga telah digunakan sebagai dasar untuk analisis pengelompokan (*cluster analysis*) (Magurran, 1988; Spellberg, 1991; Krebs, 1999). Indeks kemiripan yang dapat digunakan, antara lain adalah indeks kemiripan Sorensen dan indeks kemiripan Jaccard (Spellberg, 1991; Magurran, 1988). Indeks-indeks tersebut disajikan pada persamaan sebagai berikut:

$$C = \frac{2w}{A+B} \cdot 100 \quad (\text{Sorensen})$$

$$J = \frac{w}{A+B-w} \cdot 100 \quad (\text{Jaccard})$$

dimana C dan J adalah indeks kemiripan spesies Sorensen dan Jaccard, sedangkan w adalah jumlah spesies yang sama ditemukan pada kedua habitat dan A serta B adalah total jumlah spesies di masing-masing habitat.

Keanekaragaman Spesies Hymenoptera

Berdasarkan review pustaka oleh LaSalle & Gauld (1993) lebih dari 115.000 spesies Hymenoptera telah diidentifikasi. Lebih lanjut MacDonald (2003) mengatakan bahwa Hymenoptera mewakili sekitar 7,7% dari keseluruhan spesies serangga. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa Hymenoptera merupakan salah satu dari empat ordo serangga yang mempunyai keanekaragaman spesies yang tinggi pada ekosistem daratan di dunia (LaSalle & Gauld, 1993). Tiga yang lainnya adalah Coleoptera, Lepidoptera dan Diptera (LaSalle & Gauld, 1993; Whitfield, 1998). Dari jumlah spesies yang telah diidentifikasi ordo Coleoptera dan Lepidoptera lebih beragam daripada Hymenoptera (Arnett, 1985). Namun dari berbagai fakta yang dikumpulkan tentang jumlah total spesies, Hymenoptera baik yang telah maupun yang belum diidentifikasi, Gaston (1991) menduga bahwa Hymenoptera merupakan ordo serangga yang paling beragam di beberapa daerah beriklim sedang (*temperate regions*).

Daerah tropika, secara umum memiliki keanekaragaman spesies serangga yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah beriklim sedang. Hal ini karena daerah tropika tidak pernah mengalami periode glacial, sehingga sedikit terjadi kepunahan masal, selain itu daerah tropika juga memiliki iklim yang hangat dan stabil (Noyes, 1989). Namun data keanekaragaman spesies Hymenoptera di daerah tropika belum banyak tersedia. Noyes (1989) melaporkan keanekaragaman Hymenoptera di Sulawesi (daerah tropika) lebih tinggi daripada di Inggris (daerah beriklim sedang). Selain itu beberapa studi LaSalle & Gauld (1993) melaporkan keanekaragaman spesies Hymenoptera di daerah tropika tidak lebih tinggi dari daerah iklim sedang. Hal yang sama juga terjadi pada keanekaragaman Hymenoptera parasitoid (Gauld & Gaston, 1992).

Keanekaragaman Fungsional Hymenoptera

Ordo Hymenoptera mempunyai dua subordo, yaitu *Symphyta* dan *Apocrita* (Goulet & Huber, 1993). *Symphyta* merupakan subordo Hymenoptera yang paling primitif. Subordo ini mempunyai pertulangan sayap yang lengkap dan ruas abdomen pertama tidak mengalami penggentingan. Kebanyakan spesiesnya adalah fitofag dan mempunyai gaya hidup (*lifestyle*) sama dengan Lepidoptera. *Symphyta* merupakan subordo yang relatif kecil hanya terdiri dari 14 famili dan mempunyai tidak lebih dari 15% spesies Hymenoptera (LaSalle & Gauld, 1993).

Subordo *Apocrita* berdasarkan struktur ovipositornya dibagi menjadi dua kelompok, yaitu *aculeata* dan *parasitica* (Goulet & Huber, 1993). *Aculeata* adalah kelompok Hymenoptera yang struktur ovipositornya mengalami modifikasi sebagai alat penyengat dan kebanyakan spesiesnya adalah predator dan polinator (LaSalle & Gauld, 1993). Kelompok *Aculeata* terdiri dari 19 famili dan diantara famili tersebut yang mempunyai spesies terbanyak adalah Apidae, Formicidae dan Sphecidae (Goulet & Huber, 1993; LaSalle & Gauld, 1993).

Kelompok Hymenoptera yang terakhir dan terbesar adalah *Parasitica*. Kelompok ini ditandai dengan adanya penggentingan di ruas abdomen pertama dan ovipositor tidak berkembang sebagai alat penyengat. Hymenoptera *Parasitica* terbagi dalam 10 superfamili dan 48 famili yang sebagian besar bersifat parasitoid, namun beberapa diantaranya diketahui sebagai herbivor, pembuat puru dan predator. Sampai saat ini telah diketahui 39 famili Hymenoptera *Parasitica* sebagai parasitoid (LaSalle & Gauld, 1993).

Parasitoid merupakan serangga yang memarasit/ membunuh serangga lain dan mampu melengkapi perkembangannya dalam satu inang (Driesche & Bellows, 1996). Parasitoid merupakan tipe musuh alami yang sudah banyak digunakan dalam pengendalian hayati serangga hama. Kebanyakan parasitoid yang digunakan dalam program pengendalian hayati adalah ordo Hymenoptera (Driesche dan Bellows, 1996). Kelompok Hymenoptera yang sering digunakan dalam program pengendalian hayati adalah dari superfamili Ichneumonoidea dan Chalcidoidea (Greathead, 1986; Driesche & Bellows, 1996).

Superfamili Ichneumonoidea terdiri dari dua famili yaitu Ichneumonidae dan Braconidae. Ichneumonidae merupakan kelompok parasitoid yang anggotanya banyak memarasit berbagai jenis serangga hama. Subfamilinya yang penting dapat dikelompokkan berdasarkan tipe inang yang diserang yaitu; ektoparasitoid larva atau pupa berbagai ordo serangga di dalam jaringan tanaman (*Ephialtinae*), ektoparasitoid larva Lepidoptera yang hidup terbuka (*Typhoninae*), ektoparasitoid serangga dalam kokon (*Gelinae*), endoparasitoid larva Lepidoptera (*Brachinae*, *Porizontinae* dan *Ophioninae*), endoparasitoid pupa Lepidoptera (*Ichneumoninae*), endoparasitoid larva sawfly (*Scolobatinae*) dan endoparasitoid larva Syrphidae (*Diplazontinae*) (Driesche & Bellows, 1996)

Famili Braconidae telah banyak digunakan untuk pengendalian hayati, terutama untuk pengendalian kutu daun (*Homoptera*), Lepidoptera, Coleoptera dan Diptera (Goulet & Huber, 1993; Driesche & Bellows, 1996). Subfamili Braconidae yang penting dikelompokkan berdasarkan tipe inang yang diserang yaitu; endoparasitoid kutu daun

(*Aphidiinae*), endoparasitoid larva Lepidoptera dan Coleoptera (*Meteorinae*, *Blacinae*, *Microgasterinae* dan *Rogadinae*), endoparasitoid dewasa Coleoptera dan nimfa Hemiptera (*Euphorinae*), endoparasitoid telur-larva Lepidoptera (*Cheloninae*), endoparasitoid telur atau larva Diptera (*Alysiinae*) dan ektoparasitoid larva Lepidoptera yang hidup tersembunyi (*Braconinae*) (Driesche & Bellows, 1996).

Superfamili Chalcidoidea terdiri dari 20 famili (Goulet dan Huber, 1993), tapi hanya enam famili yang anggotanya banyak digunakan dalam program pengendalian hayati (Driesche dan Bellows, 1996). Famili yang anggotanya paling sering digunakan dalam program pengendalian hayati adalah Encyrtidae dan Aphelinidae (Driesche dan Bellows, 1996).

Encyrtidae merupakan famili yang sangat penting dalam pengendalian hayati. Banyak jenis artropoda yang diparasit oleh anggota famili ini diantaranya Homoptera, telur dan larva Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, Neuroptera dan Orthoptera (Goulet & Huber, 1993). Genus yang penting dan telah sukses digunakan dalam pengendalian hayati adalah *Coperia*, *Hunterellus*, *Oencyrtus* dan *Epidinocarsis* (Driesche & Bellows, 1996).

Aphelinidae merupakan parasitoid Homoptera dan parasitoid telur berbagai ordo serangga (Goulet & Huber, 1993). Genus yang penting dari famili ini adalah *Aphelinus*, *Aphytis* dan *Encarsia* (Driesche & Bellows, 1996). Lebih lanjut dikatakan bahwa famili ini bersama-sama dengan famili Encyrtidae telah sukses digunakan dalam berbagai program pengendalian hayati (Driesche & Bellows, 1996).

Eulophidae merupakan salah satu famili yang penting dari superfamili Chalcidoidea. Kisaran inang dari parasitoid ini cukup luas, mencakup telur laba-laba, Homoptera, Thysanoptera, Coleoptera, Lepidoptera dan Diptera (Goulet & Huber, 1993; Driesche & Bellows, 1996). Genus yang penting dan sering digunakan dalam pengendalian hayati adalah *Pediobius* dan *Sympiesis* (Driesche & Bellows, 1996).

Trichogrammatidae terdiri dari 620 spesies dan 80 genus. Semua anggota famili ini adalah parasitoid telur serangga lain (Pinto & Stouthamer, 1994). Beberapa spesies dari famili ini seperti

Trichogramma minutum Riley dan *T. pretiosum* Riley telah digunakan dalam pengendalian berbagai jenis Lepidoptera melalui pelepasan masal (Driesche & Bellows, 1996).

Superfamili Proctotrupoidea mempunyai sembilan famili, tetapi hanya dua famili yang penting dalam pengendalian hayati yaitu Proctotrupidae dan Diapriidae (Goulet & Huber, 1993; Driesche & Bellows, 1996). Proctotrupidae merupakan parasitoid serangga lain terutama Coleoptera yang hidup di bawah kulit batang kayu dan sarasah (Driesche & Bellows, 1996). Salah satu spesiesnya yang digunakan untuk pengendalian hama ulat api di Eropah adalah *Paracodrus apterogynus* (Haliday) (Driesche & Bellows, 1996). Diapriidae merupakan endoparasitoid berbagai genus Diptera seperti Mycetophilidae, Sciaridae, Cholorophidae, Muscidae dan Tephritidae (Driesche & Bellows, 1996).

Superfamili Platygastroidea terdiri dari dua famili yaitu Platygasteridae dan Scelionidae (Goulet & Huber, 1993). Platygasteridae, kebanyakan spesiesnya parasitoid Diptera, khususnya pembuat puru (*Cecidomyiidae*), sedangkan Scelionidae hampir semua spesiesnya adalah parasitoid telur serangga lain (Driesche & Bellows, 1996).

IV. STRUKTUR LANSKAP DAN KEANEKARAGAMAN PARASITOID

Struktur fisik sistem produksi pertanian pada skala spasial yang lebih luas (lanskap) dapat mempengaruhi hama dan kelimpahan serta keanekaragaman musuh alami. Perkembangan ilmu ekologi lanskap dan alat analisisnya telah meningkatkan penelitian tentang pengaruh struktur lanskap terhadap organisme yang berada di dalamnya. Komponen penting dari kompleksitas struktur lanskap terdiri dari derajat monokultur, fragmentasi, isolasi habitat, dan dampak keseluruhan kompleksitas struktur lanskap (Landis & Marino, 1999). Peningkatan fragmentasi habitat pada skala lokal dapat menyebabkan kehilangan spesies parasitoid dan lepasnya herbivor dari parasitisme (Kruess & Tscharrntke, 1994; Landis *et al.*, 2000).

Beberapa studi telah melaporkan dampak struktur lanskap terhadap keanekaragaman dan kelimpahan serangga. Heong *et al.* (1991) melaporkan bahwa di Filipina keanekaragaman spesies serangga lebih tinggi pada pertanaman padi monokultur yaitu 146 spesies daripada pertanaman padi polikultur yaitu 116 spesies, tetapi persentase serangga yang menguntungkan lebih tinggi pada pertanaman padi polikultur yaitu herbivor 45%, predator 50,9%, parasitoid, 3,9% dan perombak 0,2% daripada pertanaman padi monokultur yaitu herbivor 64,5%, predator 26,2%, parasitoid 1,9% dan perombak 7,5%. Lebih lanjut Marino & Landis (1996) melaporkan keanekaragaman dan laju parasitisme parasitoid ulat grayak *Pseudaletia unipuncta* pada struktur lanskap pertanian yang kompleks yang terdiri dari pertanaman jagung dengan *hedgerow*, *oldfield* dan *woodlot* lebih tinggi daripada struktur lanskap pertanian yang sederhana yang terdiri dari pertanaman jagung dengan sedikit vegetasi liar.

Sebelumnya Landis & Haas (1992) meneliti pengaruh struktur lanskap pertanian terhadap kelimpahan dan distribusi parasitoid larva dari penggerek batang jagung Eropah, *Erioborus terebrans* di Michigans. Mereka menemukan parasitisme oleh *E. terebrans* pada generasi pertama (F₁) *Ostrinia nubilalis* lebih tinggi di pinggir pertanaman jagung daripada di bagian tengah. Lebih jauh dilaporkan bahwa parasitisme oleh *E. terebrans* ini lebih tinggi di pinggir pertanaman yang berdekatan dengan *wooded* daripada pertanaman yang dekat dengan *non-wooded*. Pada generasi kedua (F₂), parasitisme tidak berbeda nyata antara di pinggir pertanaman dengan di bagian tengah. Dari data ini juga terlihat bahwa vegetasi liar yang terdapat di sekitar pertanaman, berperan penting terhadap keefektifan parasitoid *E. terebrans*.

Thies & Tscharrntke (1999) juga melakukan pengujian struktur lanskap terhadap parasitisme kumbang *Meligethes aeneus*, hama utama pada tanaman *Brassica napus* oleh parasitoid *Tersilochus heterocerus* dan *Phradis interstitialis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Hasil studi mereka menunjukkan bahwa parasitisme lebih tinggi dan

kerusakan tanaman lebih rendah pada lanskap dengan struktur yang kompleks dibandingkan dengan struktur yang sederhana. Hal ini dihubungkan dengan lahan pinggir dan habitat lainnya di sepanjang pertanaman *B. napus*. Dari berbagai hasil penelitian yang telah dikemukakan terlihat bahwa lanskap pertanian yang terdiri dari berbagai habitat atau ekosistem tidak hanya dapat mendukung kehidupan parasitoid, tetapi juga meningkatkan keanekaragaman dan keefektifannya dalam menekan populasi serangga hama.

V. EKOLOGI LANSKAP DAN KONSERVASI PARASITOID

Walaupun individu tanaman atau pertanaman dapat dipandang sebagai ekosistem yang fungsional, tetapi pertanaman tersebut juga dipengaruhi oleh vegetasi liar yang berdekatan. Pengaruh tersebut mencakup pertukaran spesies baik hama maupun musuh alami dan material seperti tanah, air dan nutrisi. Pertukaran ini dapat terjadi pada skala lokal atau regional (Landis & Marino, 1999). Dari sisi pengelolaan hama, vegetasi atau vegetasi liar yang terdapat di sekitar pertanaman utama penting untuk diketahui, karena dapat mempengaruhi dinamika populasi dan komunitas hama dan musuh alami seperti parasitoid.

Vegetasi liar berperan penting sebagai tempat berlindung dan menyediakan sumber makanan tambahan seperti nektar, dan polen bagi imago parasitoid. Makanan tambahan ini sangat dibutuhkan oleh imago parasitoid, karena nektar dan polen dapat meningkatkan lama hidup dan fekunditas parasitoid tersebut (Kartosuwondo, 1994). Beberapa laporan berikut menunjukkan bahwa vegetasi liar berdampak positif terhadap distribusi, kelimpahan, keanekaragaman dan parasitisme parasitoid.

Kartosuwondo (1994) menemukan bahwa persentase parasitisasi *Diadegma semiclausum* parasitoid larva *Plutella xylostella* (L.) di Bogor tiga kali lebih tinggi pada petakan tanaman kubis yang ditanami vegetasi liar di pinggirnya dibandingkan dengan petakan tanaman kubis saja. Idris & Grafius (1995) menambahkan bahwa vegetasi liar

berbunga dapat meningkatkan lama hidup *D. insulare* (Cresson), parasitoid *P. xylostella*. di Michigan.

E. terebrans (Gravenhorst), parasitoid spesialis penggerek batang jagung *O. nubilalis* Hubner, imago betinanya lebih banyak ditemukan di pinggir pertanaman jagung yang berbatasan dengan vegetasi liar dari pada di dalam pertanaman jagung (Dyer & Landis, 1997) dan hidup lebih lama apabila dibiarkan makan pada bunga (Landis & Morino, 1999) atau pada larutan gula (Dyer & Landis, 1996) daripada air saja. Baggen & Gurr (1996) melaporkan bahwa vegetasi liar juga dapat meningkatkan lama hidup dan parasitisme *Copidosoma koehleri*, parasitoid ngengat kentang (*Phthorimaea operculella*).

Vegetasi liar yang terdapat di pinggir pertanaman sering kali juga menyediakan inang alternatif bagi parasitoid. Keberadaan inang alternatif pada tumbuhan di lahan pinggir dapat mempengaruhi populasi parasitoid pada ekosistem pertanian (Powel, 1986). Di California *Anagrus epos* Gerault, parasitoid telur wereng daun anggur, *Erythroneura elegantula* Osbon lebih berlimpah pada pertanaman anggur yang berdekatan dengan *blackberry* liar (*Rubus neura elegantula* Osbon). Hal ini disebabkan karena pada tumbuhan tersebut terdapat inang alternatif dari *A. epos* (Doutt & Nakata 1973). Demikian juga halnya dengan parasitoid generalis, ketersediaan inang alternatif akan berdampak positif terhadap ukuran populasinya. Namun demikian, keanekaragaman dan kelimpahan inang alternatif tersebut akan sangat ditentukan oleh struktur, tipe dan luas habitat tumbuhan (Marino & Landis, 2000).

Penyederhanaan lanskap pertanian juga membuat iklim mikro relatif keras dan mungkin membatasi kelimpahan dan keanekaragaman parasitoid dan/atau menghalangi parasitoid untuk menemukan iklim mikro yang cocok pada habitat di luar pertanaman budidaya (Dyer & Landis, 1997). Dari hasil percobaan suhu di laboratorium untuk simulasi kondisi di lapangan ditemukan bahwa lama hidup dewasa parasitoid menurun seiring dengan meningkatnya suhu. Lama hidup *Xanthopimla stigmator* Thunberg menurun dari 42 hari (20°C) menjadi 15 hari (28 °C) dan lama hidup betina *Oencyrtus*

papilianis Ashmead menurun dari 10,4 hari (15 °C) menjadi 1,7 hari (35°C) (Rahim *et al.*, 1991; Hailemichael & Smith 1994 *dalam* Marino & Landis 2000). Selanjutnya percobaan di lapangan, membandingkan lama hidup *E. terebrans* yang dikurung pada pertanaman jagung dan habitat di luar pertanaman (*woodlots*, *wooded*, *fencerow* dan vegetasi herbacius) menemukan bahwa parasitoid hidup lebih lama pada *woodlots* (dengan iklim mikro yang lebih lunak) daripada pertanaman jagung (Dryer & Landis, 1996). Lebih lanjut dilaporkan bahwa kelimpahan *E. terebrans* lebih tinggi di tepi (*edge*) pertanaman jagung, hal ini bukan hanya disebabkan oleh banyaknya sumber makanan bagi imago, tapi juga karena iklim mikro yang lebih sesuai bagi parasitoid tersebut. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa struktur lanskap pertanian yang beragam dan kompleks dapat meningkatkan keanekaragaman dan kelimpahan Hymenoptera parasitoid. Dengan kata lain, lanskap pertanian yang terdiri dari berbagai ekosistem, termasuk vegetasi liar yang dapat sebagai habitat refugia dan menyediakan berbagai infrastruktur yang dapat dimanfaatkan oleh parasitoid dan pada akhirnya dapat mengkonservasi dan meningkatkan keanekaragaman parasitoid yang mendiami lanskap pertanian tersebut.

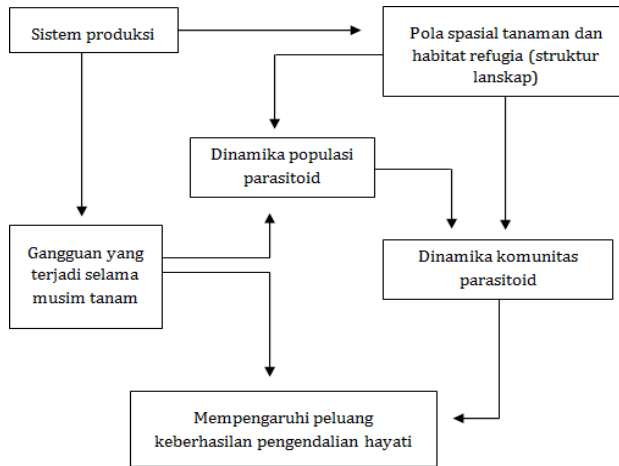
VI. KEANEKARAGAMAN HYMENOPETRA PARASITOID PADA LANSKAP PERTANIAN: STUDI KASUS DI DAERAH ALIRAN SUNGAI CIANJUR, JAWA BARAT

Pada bagian akhir dari tulisan ini saya akan menguraikan beberapa hasil penelitian tentang keanekaragaman hayati Hymenoptera parasitoid pada lanskap pertanian di daerah aliran sungai (DAS) Cianjur, Jawa Barat. Penelitian ekologi lanskap bertujuan untuk mempelajari interaksi antara pola lanskap dan fungsi lanskap. Penelitian tersebut mencoba mengungkapkan pengaruh pola atau struktur lanskap terhadap keanekaragaman spesies Hymenoptera parasitoid. Nilai indeks keanekaragaman dan kekayaan spesies digunakan untuk menggambarkan pengaruh struktur lanskap terhadap

keanekaragaman Hymenoptera parasitoid yang menghuni lanskap tersebut.

Daerah aliran sungai (DAS) Cianjur adalah sub-sub DAS Citarum tengah yang terletak di Kabupaten Cianjur. DAS Cianjur merupakan suatu sistem yang khas bila ditinjau dari segi pengelolaan lanskap. DAS Cianjur dari hulu sampai ke hilir mempunyai struktur lanskap pertanian yang beragam. Desa Nyalindung misalnya terletak di bagian hulu DAS Cianjur mempunyai 12 kelas elemen lanskap dan 30 *patch* membentuk struktur lanskap yang kompleks. Sedangkan desa Gasol yang terletak di bagian tengah mempunyai enam kelas elemen lanskap dan 28 *patch* dan Desa Selajambe yang terletak di bagian hilir mempunyai tiga kelas elemen lanskap dan 13 *patch* membentuk struktur lanskap yang lebih sederhana (Yaherwandi *et al.*, 2006). Jenis penggunaan lahan pada ketiga desa tersebut adalah, pertanaman padi, pemukiman, kebun campur, pertanaman sayur dan palawija. Ditinjau dari teori ekologi lanskap maka struktur dasar lanskap pertanian pada ketiga desa tersebut yaitu; (1) matriks (*matrix*) adalah pertanaman padi, (2) bidang lahan (*patch*) yaitu pemukiman, kebun campur, pertanaman sayur, palawija dan lahan bera dan (3) koridor (*corridor*) berupa pematang sawah dan pinggiran saluran irigasi. Ketiga struktur dasar lanskap ini merupakan habitat yang dapat dihuni oleh Hymenoptera parasitoid.

Lanskap pertanian merupakan ekosistem yang sangat terganggu. Dalam ekosistem pertanian, sistem produksi mempengaruhi pola spasial *patch* (tanaman) dan keberadaan habitat refugia untuk musuh alami seperti lahan bera, pematang sawah dan pinggiran saluran irigasi yang sekaligus juga berfungsi sebagai koridor perpindahan bagi musuh alami (Landis & Menaled, 1998; Landis *et al.*, 2000). Pada lanskap pertanian interaksi antara pertanaman (*habitat patch*), habitat lain yang terdapat di sekeliling pertanaman dan gangguan yang terjadi dalam ekosistem tersebut (pengolahan tanah, aplikasi pestisida, panen dan lain-lain) mempengaruhi keberadaan spesies parasitoid (Gambar 30).



Gambar 30. Diagram pengaruh sistem produksi terhadap kesuksesan pengendalian hayati pada ekosistem pertanian (modifikasi dari Landis & Marino, 1998)

Banyak ekosistem pertanian yang mengalami gangguan yang sangat berat dan terjadi berkali-kali setiap musim tanam, sehingga ekosistem tersebut didominasi serangga hama yang dapat beradaptasi dan populasinya meningkat dengan cepat. Sejalan dengan itu ekosistem pertanian dicirikan oleh keanekaragaman spesies yang rendah dan kompleksitas struktur tanaman yang rendah (ekosistem pertanian monokultur). Sebaliknya pada ekosistem yang beragam (polikultur) kelimpahan individu spesies menurun. Hal ini disebabkan sumber daya pada ekosistem tersebut terpencar-pencar dan menghalangi pemanfaatan oleh satu spesies serangga hama dan memungkinkan untuk meningkatnya keanekaragaman spesies, terutama musuh alami (Schowalter, 2000). Adanya komunitas parasitoid yang beragam dan berlimpah meningkatkan peluang kesuksesan pengendalian hayati secara alami pada ekosistem tersebut

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Yaherwandi *et al.* (2006) menunjukkan bahwa keanekaragaman Hymenoptera lebih tinggi pada lanskap pertanian di Desa Nyalindung daripada Gasol dan Selajambe. Berdasarkan jumlah famili dan spesies maka kelompok

parasitoid lebih dominan daripada predator, polinator dan herbivor pada ketiga lanskap tersebut. Fenomena yang sama juga terlihat pada keanekaragaman Hymenoptera parasitoid di pertanaman padi (Yaherwandi *et al.*, 2007) dan di habitat vegetasi liar (Yaherwandi *et al.*, 2008). Tingginya keanekaragaman Hymenoptera pada lanskap pertanian di Nyalindung disebabkan oleh adanya faktor-faktor yang menunjang kehidupan Hymenoptera parasitoid yang terdapat pada komponen-komponen lanskap tersebut.

Lanskap persawahan di Nyalindung terdiri atas pertanaman padi, sayuran, palawija dan vegetasi liar, sehingga membentuk struktur lanskap yang kompleks. Habitat-habitat tersebut menyediakan berbagai sumber daya yang dapat diakses oleh Hymenoptera parasitoid. Vegetasi liar misalnya, menyediakan nektar dan tepung sari dari vegetasi liar terutama dari famili Asteraceae (Yaherwandi *et al.*, 2008) sebagai makanan tambahan imago parasitoid. Disamping itu, habitat tersebut kadangkala juga menyediakan inang alternatif ketika inang utama tidak tersedia di lapangan terutama pada saat panen dan bera. Semua sumber daya ini diketahui dapat meningkatkan kelimpahan dan kekayaan spesies Hymenoptera parasitoid.

Selain itu, tanaman sayuran yang ditanam berdampingan dengan tanaman padi pada lanskap persawahan di Desa Nyalindung memberi kesempatan untuk terjadinya aliran atau pertukaran spesies diantara kedua habitat tersebut (Yaherwandi *et al.*, 2008). Aliran spesies ini umumnya terjadi ketika pertanaman sayuran diperlakukan dengan insektisida untuk mengendalikan serangan hama. Kondisi ekosistem seperti itu tidak mendukung kehidupan Hymenoptera parasitoid, sehingga banyak Hymenoptera parasitoid penghuni ekosistem sayuran bermigrasi ke pertanaman padi yang relatif aman dari insektisida. Dengan demikian, aliran spesies ini akan meningkatkan keanekaragaman Hymenoptera parasitoid pada pertanaman padi di Desa Nyalindung (Yaherwandi *et al.*, 2007). Banyak penelitian yang menunjukkan bahwa kompleksitas struktur lanskap mempengaruhi keanekaragaman spesies parasitoid (Osmatman *et al.*, 2001; Hunter, 2002). Lanskap yang mempunyai keanekaragaman habitat yang tinggi

(struktur yang kompleks) mendukung lebih banyak spesies parasitoid daripada lanskap dengan struktur yang sederhana (pertanaman monokultur) (Marino & Landis, 1996; Menalled *et al.*, 1999; Thies & Tscharntke, 1999; Kruess, 2003).

Pertanaman padi monokultur pada lanskap persawahan di Desa Gasol dan Selajambe relatif tidak diperlakukan dengan insektisida, kondisi pertanaman padi tersebut menyediakan lingkungan yang sesuai bagi Hymenoptera parasitoid (Yaherwandi 2005). Keanekaragaman Hymenoptera parasitoid pada kedua lanskap ini sungguhpun lebih rendah, tapi tidak berbeda nyata dengan lanskap Nyalindung (Yaherwandi *et al.*, 2007 & Yaherwandi *et al.*, 2008). Hal ini menunjukkan bahwa pertanaman padi monokultur tanpa penggunaan insektisida dapat menjaga keanekaragaman parasitoid yang menghuninya. Hasil ini mendukung kesimpulan Settle *et al.* (1996) yang mengatakan bahwa salah satu strategi untuk konservasi dan meningkatkan peranan musuh alami yang sudah ada pada lanskap pertanian adalah dengan mengurangi penggunaan insektisida dan meningkatkan keanekaragaman habitat.

Pertanaman padi merupakan ekosistem yang *ephemeral*, yaitu ekosistem yang tidak stabil dan selalu terganggu setiap musim terutama saat panen. Pada saat itu lingkungan menjadi tidak layak huni bagi parasitoid, termasuk Hymenoptera parasitoid. Dalam kaitan ini maka vegetasi liar yang terdapat di sekeliling pertanaman padi menjadi sangat penting dalam menjaga komunitas parasitoid agar tidak punah. Vegetasi liar pada lanskap pertanian di Desa Nyalindung, Gasol dan Selajambe banyak terdapat di lahan pinggir seperti pematang sawah, pinggiran saluran irigasi, lahan bera dan kebun campur (Yaherwandi, 2005). Pematang sawah dan pinggiran saluran irigasi tidak hanya berfungsi sebagai koridor perpindahan musuh alami, tetapi juga dapat sebagai habitat konservasi Hymenoptera parasitoid. Hal ini dapat dicapai karena lokasi pematang sawah dan pinggiran saluran irigasi umumnya lebih dekat dengan pertanaman padi daripada kebun campur. Yaherwandi *et al.* (2008) melaporkan bahwa tingkat kemiripan komunitas Hymenoptera parasitoid antara

pertanaman padi dan vegetasi liar pada lanskap persawahan di Desa Nyalindung, Gasol dan Selajambe cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa ada aliran spesies Hymenoptera parasitoid antara kedua habitat tersebut.

Selain dengan pertanaman padi, aliran spesies juga terjadi antara pertanaman sayuran dengan vegetasi liar (Yaherwandi *et al.*, 2008). Pertanaman sayuran merupakan ekosistem yang paling sering mendapat gangguan baik karena perlakuan insektisida maupun panen. Oleh karena itu, banyak Hymenoptera parasitoid bermigrasi dari pertanaman sayuran ke vegetasi liar. Dengan demikian vegetasi liar tidak hanya menerima aliran spesies dari pertanaman padi, tetapi juga dari pertanaman sayuran, sehingga keanekaragaman Hymenoptera parasitoid pada habitat vegetasi liar pada lanskap pertanian di Desa Nyalindung lebih tinggi daripada Gasol dan Selajambe (Yaherwandi *et al.*, 2008).

Adanya aliran spesies antara pertanaman padi, sayuran dan vegetasi liar, berarti ada pemencaran Hymenoptera parasitoid ke lahan pinggir. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa vegetasi liar berfungsi sebagai penampung Hymenoptera parasitoid saat pertanaman padi dan sayuran dipanen atau aplikasi insektisida dan berfungsi sebagai sumber kolonisasi untuk musim tanam berikutnya. Secara umum hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Yaherwandi *et al.* pada lanskap pertanian di DAS Cianjur, Jawa Barat memberikan gambaran tentang kemungkinan pemanfaatan habitat vegetasi liar untuk konservasi Hymenoptera parasitoid pada ekosistem yang *ephemeral*, seperti pertanaman padi dan sayuran pada lanskap persawahan di Desa Nyalindung, Gasol dan Selajambe. Selama ini, banyak orang beranggapan vegetasi liar yang terdapat di sekeliling pertanaman padi hanya sebagai sumber hama dan penyakit tanaman. Dari hasil penelitian Yaherwandi *et al.* terungkap bahwa vegetasi liar juga berfungsi sebagai habitat, tempat berlindung dan *reservoir* Hymenoptera parasitoid. Dengan demikian apabila dilakukan pembersihan terhadap habitat-habitat tersebut berarti turut juga

merusak habitat Hymenoptera parasitoid dan mengancam keanekaragaman hayati parasitoid pada lanskap pertanian tersebut.

Dari berbagai uraian di atas, tidak dapat dipungkiri bahwa vegetasi liar memiliki keanekaragaman Hymenoptera parasitoid yang cukup tinggi dan membuktikan pentingnya pengelolaan lanskap pertanian. Lanskap pertanian dengan struktur yang kompleks (polikultur) lebih baik daripada lanskap yang sederhana yang hanya terdiri atas satu jenis tanaman (monokultur) untuk mendukung konservasi musuh alami pada agroekosistem. Pada giliran berikutnya, serangga hama dapat dikendalikan, berarti keberadaan racun kimia di lapangan dapat dikurangi bahkan ditiadakan dan sekaligus memberi tempat yang aman bagi spesies lain untuk hidup dan memainkan peranannya dalam menjaga kesehatan agroekosistem.

VII. PENUTUP

Lanskap pertanian (persawahan) pada daerah tropika basah di Indonesia terdiri dari berbagai ekosistem yaitu: padi, sayuran, palawija, vegetasi liar dan lahan bera. Kajian ekologi lanskap mencakup studi tentang struktur, interaksi antara komponen penyusun lanskap dan perubahan atau kerusakan habitat yang terjadi dalam lanskap. Kajian ekologi lanskap akan lebih bermakna jika dikaitkan dengan keanekaragaman Hymenoptera parasitoid mendiami lanskap tersebut.

Lanskap pertanian yang terdiri dari berbagai ekosistem, termasuk vegetasi liar sebagai habitat refugia dan menyediakan berbagai infrastruktur yang dapat dimanfaatkan oleh parasitoid dan pada akhirnya dapat mengonservasi dan meningkatkan keanekaragaman parasitoid yang mendiami lanskap pertanian tersebut. Vegetasi liar yang terdapat di lahan pinggir berpotensi untuk dikelola sebagai habitat konservasi musuh alami pada ekosistem *ephemeral* seperti ekosistem padi dan sayuran.

REFERENSI

- Altieri MA. 1999. The Ecological Role Of Biodiversity In Agroecosystems. Di dalam: Paoletti MG, editor. Invertebrate Biodiversity as bioindicators of Sustainable Landscapes. Amsterdam: Elsevier. p. 19-31.
- Arnett RH. 1985. American Insect: A Handbook of the Insects of America North of Mexico. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Baggen LR & Gurr GM. 1997. The influence of food on *Copidosoma koehleri* (Hym: Encyrtidae), and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lep: Gelechiidae). Biological Control. 11: 9-17.
- Canadian Biodiversity. 2005. An introduction to biodiversity theory. <http://www.canadianbiodiversity.mcdill.ca/english/theory/thelevels.html> [10 Januari 2005].
- Corbett A & Rosenhein JA. 1996. Impact of a natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. Ecol. Entomol. 21: 155 – 164.
- Denis P, Fry LA. 1992. Field margin: Can they enhance natural enemy population densities and general arthropod diversity on farm land. Agryc. Ecosyst. Environ. 406 : 95 – 115.
- [DEST] Departement of the Environment, Sport and Territories. 2004. Biodiversity and its value. <http://www.deh.gov.au/biodiversity/publications/series/paper1/index.html> [10 Desember 2004].
- Doutt RL & Nakata J. 1973. Rubus leafhopper and its egg parasitoid: an endemic biotic system useful in grape pest management. Environ. Entomol. 3: 381 – 386.
- Driesche RG & Bellows TS. 1996. Biological Control. New York: Chapman & Hall.
- Dryer LE & Landis DA. 1996. Effect of habitat, temprature and sugar availability on longevity of *Eriborus terebrans* (Hym: Ichneumonidae). Environ. Entomol. 25: 1192 –1201.

- Dryer LE & Landis DA. 1997. Influence of non-crop habitat on distribution of *Eriborus terebrans* (Hym: Ichneumonidae) in cornfields. *Environ. Entomol.* 26: 924 - 932.
- Forman RTT & Godron M. 1986. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley and Sons.
- Forman RF. 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscape and Region*. Melbourne: Cambridge University Press.
- Fry GLA. 1995. *Landscape Ecological Principles and Sustainable Agriculture*. BCPC Symposium Proceedings No 63; p. 247 - 254.
- Gaston KJ. 1991. The magnitude of global insect species richness. *Conservation Biology* 5: 283-296.
- Gauld ID & Gaston KJ. 1992. Plant allelochemicals, tritrophic interactions and the anomalous diversity of tropical parasitoid: the "nasty" host hypothesis. *Oikos* 65: 353-357.
- Goulet H & Huber JT. 1993. *Hymenoptera of The World: And Identification Guide to Families*. Ottawa: Agriculture Canada Publication.
- Heong KL, Aquino GB & Barrion AT. 1991. Arthropod community structure of rice ecosystem in the Philippines. *Bulletin of Entomol. Research* 81: 407 - 416.
- Herlinda S. 1999. Analisis artropoda predator di ekosistem persawahan daerah Cianjur, Jawa Barat [Disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana Iinstitut Pertanian Bogor.
- Hess GR & Fischer RA. 2001. Communicating clearly about conservation corridors. *Landscape and Urban Planing*. 55 : 195 - 208.
- Idris AB & Grafius E. 1995. Wildflowers as nectar sources for *Diadegma insulare* (Hym: Ichneumonidae), a Parasitoid of Diamondback moth (*Lep: Yponomeutidae*). *Environ. Entomol.* 24: 1726 - 1735.
- Kartosuwondo U. 1994. Populasi *Plutella xylostella* (L.) (Lep: Yponomeutidae) dan parasitoid *Diadegma semiclausum* Helen (Hym: Ichneumonidae) pada kubis dan dua jenis Brassicaceae liar. *Bul HPT*. 7 : 39 - 49.

- Krebs CJ. 1999. Ecological Methodology. New York: An imprint of Addison Wesley longman, Inc.
- Kruess A & Tscharntke T. 1994. Habitat fragmentation, species loss, and biological control. *Science*. 264: 1581 – 1584.
- Kruess A & Tscharntke T. 2000. Species richness and parasitism in a fragmented landscape: experiments and field studies with insects on *Vicia sepium*. *Oecologia*. 122: 129-137.
- Kruess A. 2003. Effects of landscape structure and habitat type on a plant-herbivore-parasitoid community. *Ecography*. 26 : 283-290.
- Landis DA & Haas MJ. 1992. Influence of landscape structure on abundance and within-field distribution of European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Hubner) (Lep: pyralidae) larval parasitoid in Michigan. *Environ. Entomol.* 21: 409 – 416.
- Landis DA & Menaled F. 1998. Ecological Consideration in Conservation of Effective Parasitoid Communities in Agricultural System. Di dalam: Barbosa P, editor. *Conservation Biological Control*. San Diego: Academic Press, C.A. p. 101–121.
- Landis DA & Marino PC. 1999. Landscape Structure and Extra-Field Processes: Impact on Management of Pests and Beneficials. Di dalam: Ruberson RR, editor. *Handbook of Pest Management*. New York: Marcel Dekker Inc. p. 79 – 104.
- Landis DA, Wratten SD & Gurr GM. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu. Rev. Entomol.* 45: 175 – 201.
- Landis DA & Orr DB. 2004. Biological control: Approaches and applications. <http://www.ipmworld.umn.edu> [20 April 2004].
- LaSalle J & Gauld ID. 1993. Hymenoptera: Their Diversity, and Their Impact on The Diversity of Other Organisms. Di dalam. LaSalle J, Gauld ID, editor. *Hymenoptera and Biodiversity*. Wallingfor, UK: CAB International. p. 1-26.
- MacDonald G. 2003. *Biogeography: Introduction to Space, Time and Life*. Los Angeles: John Willey & Sons, Inc.
- Mackenzie A, Ball AS & Virdee SR. 1998. Instant Note in: *Ecology*. London: Bios Scientific Publishers.

- Maguran AE. 1988. Ecological Diversity and Measurement. Lodon: Chapman & Hall.
- Manalled FD, Marino PC, Gage SH & Landis DA. 1999. Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitoid diversity Eco. Appli. 9 (2): 634-641.
- Marino CP & Landis DA. 1996. Effect of landscape structure on parasitoid diversity and parasitism in agroecosystem. Eco. Appl, 6 (1): 276 – 284.
- Marino CP & Landis DA. 2000. Parasitoid Community Structure (Implication for Biological Control in Agriculture Landscapes). Di dalam: Ekbon B, Irwin ME, Robert Y, editor. Interchanges of Insects Between Agiculture and Surrounding Landscape. Boston: Kluwer Academic Publishers. p. 183 – 193.
- McNaughton SJ & Wolf LL. 1998. Ekologi Umum. Pringgoseputro S, penerjemah. Yokyakarta: Gajah Mada Universiti Press. Terjemahan dari: General Ecology.
- Meffe GK & Carroll CR. 1997. Principles of Conservation Biology. Massachusetsts: Sinauer Associates, Inc. Publisher.
- Norris RF, Caswel-Chen EP & Kogan M. 2003. Consepts In Integrated Pest Management. New Jersey: Prentice Hall.
- Noyes JS & Hayat M. 1984. A review of the genera of Indo-pasific Encyrtidae (Hymenoptera: Calcidoidea). Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Ent). 48: 131-395.
- Noyes JS. 1989. The diversity of Hymenoptera in tropics with spesial refrence to parasitica in Sulawesi. Ecological Entomology 14: 197-207.
- Ostman O, Ekbon B & Bengtsson J. 2001. Landscape heterogenity and farming practice influence biological control. Basic Appl. Ecol. 2: 365-371.
- Pinto JD & Stouthamer R. 1994. Systematic of the *Trichogrammatidae* with Emphasis on *Trichogramma*. Dalam. Wajnberg dan Hasan SA, editor. Biological Control with Egg Parasitoids. Wallingford: CAB International. p. 1-36.

- Powell W. 1986. Enhancing Parasitoid Activity in Crop. Di dalam: Waage J, Greathead D, editor. *Insect Parasitoids*. Orlando: Academic Press. p. 319 – 340.
- Price PW & Waldbouer GP. 1982. Ecological Aspects of Pest Management. Di dalam Metcalf RL, Luckman WH, editor. *Introduction to Insect Pest Management*. New York: John Willey and Sons. p. 530 – 543.
- Primack RS. 1998. Biologi Konservasi. Primack RS, Supriatna J, Indrawan M, Kramadibrata P, penerjemah. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia. Terjemahan dari: *A Primer of Conservation Biology*.
- Ryszkowski L, Karg L, Margalit G, Paoletti MG & Zlotin R. 1993. Above Ground Insect Biomass In Agricultural Landscape of Europe. Di dalam: Bunce RBH, Ryszkowski L, Paoletti MG, editor. *Landscape ecology and Agroecosystems*. Michigan: Lewis, Ann Arbor, p. 71 – 82.
- Quicke DLJ. 1997. *Parasitic Wasps*. London. Chapman & Hall.
- Samways MJ. 1995. *Insect Conservation Biology*. London: Chapman & Hall.
- Schowalter TD. 1996. *Insect Ecology: An Ecosystem Approach*. San Diego: Academic Press.
- Settle WH *et al.* 1996. Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *Ecology* 77 (7): 1975-1988.
- Spellberg IF. 1991. *Monitoring Ecological Change*. Melbourne: Cambridge University Press.
- Thies C & Tscharntke T. 1999. Landscape structure and biological control in agroecosystem. *Science*. 285 : 893 – 895.
- Turner MG. 1998. Landscape ecology: living in a mosaic. Di dalam: Dodson SI, *et al.*, editor. *Ecology*. New York: Oxford University Press. p. 77-122.
- Van Emden HF. 1991. Plant Diversity and Natural Enemy Efficiency in Agroecosystems. Di dalam: Mackauer M, Ehler LE, Roland J, editor. *Critical Issues in Biological Control*. London: Cambridge University Press. p. 63-80.

- Whitfield JB. 1998. Phylogeny and evolution of host parasitoid interaction in Hymenoptera. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 129-151.
- Yaherwandi. 2005. Keanekaragaman Hymenoptera Parasitoid Pada Beberapa Tipe Lanskap Pertanian di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cianjur Kabupaten Cianjur, Jawa Barat.[Disertasi]. Bogor. Pascasarjana IPB.
- Yaherwandi, Manuwoto S, Buchori D, Hidayat P & Prasetyo LB. 2006. Analisis spasial lanskap pertanian dan keanekaragaman Hymenoptera di daerah aliran sungai (DAS) Cianjur, Jawa Barat. *Jurnal Hayati* 13 (4): 137 – 144.
- Yaherwandi, Manuwoto S, Buchori D, Hidayat P & Prasetyo LB. 2007. Keanekaragaman Hymenoptera parasitoid pada sturuktur lanskap pertanian berbeda di daerah aliran sungai (DAS) Cianjur, Jawa Barat. *Jurnal HPT Tropika* 7 (1) :10 – 20.
- Yaherwandi, Manuwoto S, Buchori D, Hidayat P & Prasetyo LB. 2008. Struktur komunitas Hymenoptera parasitoid pada vegetasi liar di sekitar pertanaman padi di daerah aliran sungai (DAS) Cianjur, Jawa Barat. *Jurnal HPT Tropika* 8 (2): 90 – 101.

Potensi Nilam Sumatera Barat untuk Indonesia

Reni Mayerni

*Guru Besar Tanaman Perkebunan Jurusan Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian, Universitas Andalas.*

email: renimayerni@agr.unand.ac.id; profrenimayerni@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth) adalah tanaman perkebunan penghasil minyak atsiri utama di Indonesia. Minyak atsiri adalah minyak yang dihasilkan dari proses metabolisme sekunder tanaman yang mempunyai aroma, mudah menguap, larut dalam alkohol dan biasanya tersusun dari senyawa terpen atau sesquiterpen. Minyak atsiri ini dapat digunakan sebagai salah satu bahan baku produk wewangian, farmasi, kosmetika, pengawetan pangan dan kebutuhan industri lainnya. Aroma minyak nilam dikenal 'berat' dan 'kuat' dan telah berabad-abad digunakan sebagai wangi-wangian (parfum) dan bahan dupa atau setanggi pada tradisi timur. Harga jual minyak nilam termasuk yang tertinggi apabila dibandingkan dengan minyak atsiri lainnya.

Minyak nilam diperoleh dari hasil penyulingan daun, batang dan cabang tumbuhan nilam. Kadar minyak tertinggi terdapat pada daun dengan kandungan utamanya adalah *patchouly alcohol* (PA) yang berkisar antara 30–50 %. Aromanya segar dan khas dan mempunyai daya fiksasi yang kuat, sehingga sulit digantikan oleh bahan sintesis.

Menurut Caiger, 2016. Nilam adalah penyumbang devisa terbesar di antara tanaman atsiri lainnya. Indonesia adalah sebagai pemasok 90 % kebutuhan minyak nilam dunia. Minyak nilam (*dilem*, bahasa Jawa), merupakan salah satu komoditas ekspor unggulan yang

belum dikenal secara luas di Indonesia, tetapi cukup dikenal di pasar Internasional. Kekhasan aroma, warna dan komponen yang terkandung dalam minyak nilam asal Indonesia merupakan kelebihan tersendiri. Dengan demikian minyak ini menjadi suatu primadona dalam bisnis minyak atsiri Internasional. Bahkan negara kita telah mendapat sebutan produsen *patchouli Sumatera*, karena sebagian besar tanaman nilam diusahakan oleh petani di daerah Aceh, Sumatera Utara dan Sumatera Barat.

Berdasarkan laporan Caiger (2016), sentra produksi minyak nilam awalnya adalah Jawa dan Sumatera. Beberapa tahun belakang ini didominasi oleh Sulawesi yang menguasai 80% produksi nasional. Akan tetapi, standar minimum kualitas minyak nilam Sumatera lebih tinggi berdasarkan kadar *patchouli alcohol* adalah antara 30–34 % dibandingkan Sulawesi antara 26–30 % dan pada kualitas yang sama (30 %), minyak nilam Sumatra dihargai 60 USD per kilogram lebih tinggi dibanding asal Sulawesi (Sumatera 56 USD/kg dan Sulawesi 50 USD/kg). Selama ini daerah atau wilayah yang telah mengembangkan tanaman nilam tersebar di Aceh, Sumatera Utara, Bengkulu, Lampung, Sumatera Barat, Jawa Barat, Jawa Tengah, sebagian Jawa Timur dan bahkan dijumpai di areal transmigran di daerah Kalimantan Tengah (Pangkalan Bun).

Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia (2015) menyatakan bahwa produksi nilam Indonesia tahun 2014 mencapai 2.690 ton dengan luas areal 31.288 Ha. Sumatera Barat merupakan produsen minyak nilam terbesar di Indonesia. Pada tahun 2012 luas areal tanaman nilam Sumatera Barat mencapai 2.735 Ha dengan produksi sebesar 201 ton. Rendahnya produktivitas dan mutu minyak nilam Indonesia antara lain disebabkan oleh kualitas bahan tanam yang digunakan, manajemen budidaya yang masih sederhana, berkembangnya berbagai hama dan penyakit serta teknik panen dan proses pengolahan produksi minyak masih konvensional.

Hasil penelitian Junaidi *et al.* (2009), Sumatera Barat merupakan daerah yang memiliki areal tanaman nilam yang cukup luas secara nasional, dengan sentra produksi salah satunya di

Kabupaten Pasaman Barat. Menurut sejarah tanaman nilam di Sumatera Barat pertama kali ditanam di kaki Gunung Pasaman yang dikenal dengan Bukit Nilam, Kabupaten Pasaman Barat yang dibawa Belanda pada tahun 1895. Menurut Dinas Perkebunan Kabupaten Pasaman Barat (2014), pertanamannya pun tersebar di beberapa Kecamatan diantaranya sentra produksi terdapat di Kecamatan Kinali, Kecamatan Luhak Nan Duo, Kecamatan Pasaman, Kecamatan Gunung Tuleh dan Kecamatan Lembah Melintang. Minyak nilam disini sudah dikenal mutunya dipasaran international.

Meskipun potensi peran ekonomi tanaman nilam sangat menjanjikan tetapi perhatian terhadap pengembangan tanaman ini masih kurang. Hal ini ditandai dengan masih rendahnya produktivitas dan mutu minyak nilam disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya belum jelasnya varietas nilam yang ditanam petani dan belum digunakannya varietas unggul, teknologi budidaya yang masih sederhana, serangan penyakit, teknik panen dan pasca panen yang belum tepat. Untuk daerah Pasaman Barat, melalui Dinas Perkebunan telah menggunakan varietas unggul yang didistribusikan ke petani baik dari APBD I, II maupun APBN. Tetapi jika dilihat ke lapangan masih ditemukannya petani yang tetap menanam klon lokal secara turun temurun dikarenakan petani memiliki keyakinan bahwa klon tersebut lebih unggul dan memiliki keunikan dalam hasilnya. Sehingga jenis tanaman nilam lokal yang dibudidayakan di daerah itu cukup beragam, tetapi petani tidak mampu menjelaskan varietas nilam apa yang mereka budidayakan. Dalam penggunaan bibit mereka menggunakan dari bahan pertanaman sebelumnya secara terus menerus berpuluh tahun. Dengan demikian tanaman telah beradaptasi, ini menyebabkan kemungkinan terjadi mutasi secara alami walaupun frekuensinya biasanya rendah.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas tanaman pertanian adalah dengan cara intensifikasi. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan benih atau bibit dari varietas unggul. Pada tanaman nilam produksi minyaknya ditentukan oleh varietas yang digunakan. Untuk mendapatkan hasil yang baik

secara kualitas dan kuantitas diperlukan bibit tanaman nilam dari varietas unggul.

klon lokal sangat memiliki peranan penting sebagai sumber plasma nutfah karena klon ini tergolong tipe yang telah beradaptasi luas dan spesifik pada lokasi setempat. Dimana klon lokal memiliki keragaman genetik yang masih alami. Salah satu sumber gen yang dijadikan untuk perbaikan tanaman adalah mencarinya pada keragaman genetik alami yang masih tersisa. Tahap awal yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan eksplorasi dan identifikasi terhadap tanaman lokal yang ada.

II. TENTANG TANAMAN NILAM

Asal Usul, Botani dan Ekologi Tanaman Nilam

Tanaman nilam merupakan jenis tanaman perdu yang termasuk famili *labiate* yaitu kelompok tanaman yang mempunyai aroma yang mirip satu sama lain. Terdapat sekitar 80 jenis tanaman nilam yang tersebar di Asia Selatan, Asia Tenggara, China dan Jepang serta satu varietas di Australia. Tanaman nilam yang banyak di usahakan secara komersil adalah *Pogostemon cablin* Benth.

Asal usul tanaman nilam, ada yang menduga berasal dari India, Srilanka bahkan Philipina. Namun menurut Rumpf, sekitar tahun 1653 orang telah menemukan dan menduga sebagai salah satu jenis nilam yang disebut dengan *melisa latoria*. Beberapa sumber menyebutkan, bahwa Pelletier Sautelet juga menemukan salah satu jenis nilam sekitar tahun 1845, dan diberi nama *Pogostemon cablin* Pell. Kemudian tahun 1896 Holmes telah berhasil mengidentifikasi nama tersebut menjadi *Pogostemon cablin* Benth. Kata cablin berasal dari kata cablam, nama sebuah tanaman asli di Philipina.

Menurut Santoso (1990), pada tahun 1895 seorang Belanda membawa tanaman nilam jenis *Pogostemon cablin* yang berasal dari Filipina ke Indonesia. Pertama kali tanaman tersebut digunakan sebagai tanaman sela di perkebunan kopi di kaki gunung Pasaman, Sumatera Barat. setelah perang Aceh, tanaman nilam mulai menyebar

ke daerah sekitar Aceh dan ditanam sebagai tanaman sela di perkebunan tembakau dan kelapa sawit.

Ada tiga jenis tanaman nilam yang terdapat di Indonesia. Ketiganya dapat dibedakan antara lain dari karakter morfologi, kandungan, kualitas minyak dan ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik. Ketiga jenis nilam tersebut adalah: 1) *Pogostemon cablin* Benth disebut nilam Aceh, 2) *Pogostemon heyneanus* Benth disebut nilam Jawa dan 3) *Pogostemon hortentis* Becker disebut nilam sabun. Diantara ketiga jenis nilam tersebut, nilam Aceh dan nilam sabun tidak berbunga. Tanaman nilam yang paling luas penyebarannya dan banyak dibudidayakan yaitu nilam Aceh, karena kadar minyak dan kualitas minyaknya lebih tinggi dari kedua jenis yang lainnya.

Tanaman nilam termasuk tanaman herba semusim dan tanaman perdu wangi yang berakar serabut, Batangnya berkayu dengan diameter 10-20 mm relatif hampir berbentuk segi empat dengan sistem percabangannya bertingkat-tingkat (3-5 cabang pertingkat). Daunnya sebagian besar berpasangan dan melekat pada ranting. Tanaman ini mempunyai umur yang panjang yaitu sekitar 2-3 tahun, dengan panen perdana bisa dilakukan pada bulan ke 6-7 dan panen seterusnya dapat dilakukan setiap 2-3 bulan tergantung pemeliharaan dan pola tanam. Setelah itu dapat diremajakan kembali menggunakan bahan tanam dari hasil panen tersebut.

Tanaman nilam relatif mudah dibudidayakan karena mudah tumbuh serta mampu menciptakan iklim mikro di lingkungan daerah yang kering dan tandus. Tanaman ini dapat tumbuh dan berkembang didataran rendah sampai pada dataran tinggi yang mempunyai ketinggian 1.200 m diatas permukaan laut. Akan tetapi, nilam akan tumbuh dengan baik dan berproduksi tinggi pada ketinggian tempat 50- 400 m dpl. Tanaman ini dapat tumbuh dengan baik di dataran tinggi, namun kadar minyaknya lebih rendah (< 2%). Sebaliknya, pada dataran tinggi kadar *patchouli alkohol* (PA) akan lebih tinggi dibanding didataran rendah. Kadar PA merupakan faktor terpenting dalam menentukan mutu minyak nilam. Nilam yang tumbuh di dataran rendah-sedang (0-700 m dpl) kadar minyaknya lebih tinggi

dibanding nilam yang tumbuh di dataran tinggi (>700 m dpl). Penanaman bibit nilam dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu 1) Penanaman langsung (menggunakan stek) 2) Penanaman secara tidak langsung (khusus budidaya), bibit yang digunakan pada cara ini harus melalui proses penyemaian atau pembibitan terlebih dahulu.

Kandungan Zat Bermanfaat dan Kegunaan Tanaman Nilam

Menurut laporan Kadir, 2007. Kandungan kimia yang terdapat pada minyak nilam terdiri dari senyawa *patchouly alcohol* ($C_{15}H_{26}OH$) sebagai komponen utama, *patchouly camphor*, *eugenol benzoat*, *benzaldehyde*, *cinnamic aldehyde*, dan *cadinene* (Kadir, 2007). Minyak nilam memiliki warna kuning jernih, berbau khas, kuat dan tahan lama serta agak “apek” atau *musty* sehingga minyak nilam diberi julukan “*King Of The Indonesian Essential Oil*” atau rajanya minyak atsiri Indonesia.

Minyak nilam merupakan bahan baku yang penting untuk industri wewangian, kosmetika, dan sering pula dipakai sebagai bahan campuran pembuatan kompos. Minyak nilam mempunyai sifat-sifat diantaranya : (1) sukar tercuci, (b) sukar menguap dibandingkan minyak atsiri lainnya, (c) dapat larut dalam alkohol dan (d) dapat dicampur dengan minyak eteris lainnya. Karena sifat inilah minyak nilam dipakai sebagai fiksatif (unsur pengikat) untuk industri wewangian.

III. PENGEMBANGAN KOMODITAS NILAM DI INDONESIA

Sejarah masuknya nilam ke Indonesia ada dalam berbagai versi dan sumber. Dalam Santoso (1990), nilam jenis *Pogostemon cablin* yang berasal dari Filipina dibawa ke Indonesia oleh seorang Belanda tahun 1895. Tanaman ini pertama kali di tanam sebagai tanaman sela di perkebunan kopi di kaki Gunung Pasaman, Sumatera Barat. Pada tahun 1940, tanaman nilam dicoba untuk dikembangkan oleh AHG Blokzein di Jawa Timur seluas 35 ha dan di Jawa Tengah disekitar daerah Magelang. Namun kurang mendapatkan sambutan karena jenis nilam yang digunakan berbeda dengan jenis nilam yang ditanam di

Sumatera sehingga kadar minyak atsirinya rendah dan kualitasnya jelek. Akan tetapi menurut Heyne (1971) dan Kadir (2007), tanaman nilam pertama kali masuk ke Indonesia tahun 1889. Di tanam di Jawa dan kemudian di tanam di Aceh tahun 1908 yang selanjutnya dikembangkan diberbagai daerah seperti Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu, Jawa Tengah dan Jawa Barat.

Menurut Rosman (2010), nilam merupakan tanaman perdu yang masuk ke Indonesia melalui Singapura pada tahun 1895 dan di tanam di Cultuurtuin Cimanggu Bogor (Heyne, 1927; Rosman, 2010). Dimasa penjajahan Belanda, nilam belum ditanam secara luas. Penyulingan daun nilam mulai dilakukan pada tahun 1920 sehingga tahun 1921 negara Indonesia mulai mengekspor minyak nilam.

Pada saat ini di wilayah Sumatera Barat terdapat budidaya tanaman nilam di berbagai Kabupaten. Hal ini sesuai dengan data dari Badan Pusat Statistik Sumatera Barat (BPS, 2017) bahwa tanaman nilam terdapat di 13 Kabupaten di antaranya Kab.Kep.Mentawai, Kab.Pesisir Selatan, Kab. Solok, Kab. Sijunjung, Kab. Tanah Datar, Kab. Agam, Kab. Padang Pariaman, Kab. Lima Puluh Kota, Kab. Pasaman, Kab. Dharmasraya, Kab. Solok Selatan, Kab. Pasaman Barat, dan Kab. Sawahlunto dengan total produksi di tahun 2015 sebesar 196 ton. Menurut Hidayat (2017), di Kabupaten Pasaman Barat banyak terdapat tanaman nilam yang telah dibudidayakan oleh masyarakat. Hal ini dibuktikan dengan terdapatnya klon-klon lokal disetiap Kecamatan. Dari 11 kecamatan di Pasaman Barat terdapat 6 Kecamatan yang telah di temukan klon – klon Nilam, diantaranya Kecamatan Kinali (Klon Aie Maruok), Kecamatan Pasaman (Klon Rimbo Binuang dan Bukik Nilam), Kecamatan Talamau (Klon Tombang), Kecamatan Gunung Tuleh (Klon Tanjung Durian), Kecamatan Lembah Melintang (Klon Situak), dan di Kecamatan Koto Balinka (Klon Lubuk Godang).

IV. PELUANG DAN TANTANGAN PENGEMBANGAN TANAMAN NILAM

Mangun *et al.* (2012) menyatakan bahwa budidaya tanaman nilam sangat prospektif dan menguntungkan. Tanaman ini memiliki beberapa keunggulan dalam pengembangannya dikarenakan (a) masa panen tanaman nilam relatif singkat dan mempunyai jangka waktu hidup yang relatif lama, (b) proses pemeliharaan dan pengendalian tanaman relatif mudah, (c) potensi pasarnya sudah jelas, (d) pola perdagangan minyak nilam tidak terkena kuota ekspor dan (e) belum ditemuinya bahan sintesis atau bahan pengganti yang dapat menyamai manfaat minyak nilam. Sehingga kondisi dan potensi minyak nilam merupakan *basic power*.

Terdapat beberapa strategi pengembangan nilam secara umum yang dapat dilakukan, antara lain; 1) Untuk memenuhi tingginya kebutuhan minyak nilam di pasar local maupun internasional dapat memanfaatkan lahan yang tersedia untuk pengembangan komoditi nilam dengan teknik budidaya dan pengolahan hasil yang lebih baik; 2) Mengembangkan bibit komoditi nilam varietas unggul dengan teknik budidaya yang baik untuk meningkatkan produksi nilam dalam memenuhi kebutuhan konsumen yang semakin tinggi; 3); Mengembangkan bibit komoditi nilam varietas unggul dengan teknik budidaya nilam dan pengolahan hasil yang baik ; 4) Mengembangkan bibit komoditi nilam varietas unggul untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi minyak nilam agar terpenuhi tuntutan konsumen dan mampu bersaing dengan minyak atsiri lain ; 5) Mengembangkan system budidaya komoditi nilam menetap dengan teknik budidaya yang lebih baik; 6) Memanfaatkan lahan yang tersedia untuk pengembangan budidayakomoditi nilam dengan sosialisasi dan pembinaan tentang komoditi nilam pada masyarakat petani; 7) Memanfaatkan tenaga kerja yang ada di pedesaan untuk mengembangkan komoditi nilam dengan meningkatkan sosialisasi dan pembinaan tentang komoditi nilam; 8) Memanfaatkan ketersediaan tenaga kerja pedesaan dalam mengembangkan teknik budidaya nilam

dan pengolahan hasil yang lebih; 9) Memberikan kepastian dan jaminan harga komoditi nilam di tingkat petani dengan kecenderungan pengguna minyak nilam mendekat keemasan; 10) Mengembangkan teknologi penyulingan komoditi nilam di tingkat petani agar minyak nilam mampu bersaing dengan minyak atsiri lainnya; 11) Memberikan kepastian dan jaminan harga komoditi nilam di tingkat petani dan melakukan sosialisasi serta pembinaan tentang komoditi nilam pada masyarakat petani.

Dalam pengembangan tanaman nilam di Sumatera Barat, bibit nilam yang digunakan selain berasal dari bantuan Pemerintah yang sudah dapat dipastikan jenis atau varietasnya, tetapi di beberapa daerah petani masih saja konsisten menggunakan klon yang telah mereka gunakan sebelumnya. bibit yang ditanam berupa stek batang dan stek pucuk yang langsung ditanam ke lahan. Teknis budidaya yang dilaksanakan, seperti diantaranya :

1. Jorong Aia Maruok Suginanti Kecamatan Kinali tanaman nilam dibudidayakan dengan penggunaan lahan bekas penanaman jagung dan padi. Petani nilam Lokasi Aia Maruok umumnya melakukan pemupukan 1-2 kali satu periode tanam, sedangkan panen dilakukan dengan mencabut batang tanaman nilam dan juga dipangkas hingga 10 cm dari permukaan tanah.
2. Jorong Bukik Nilam Kecamatan Pasaman menunjukkan karakteristik budidaya tanaman nilam dengan penggunaan lahan sawit yang sedang diremajakan dan sengaja dilakukan tumpangsari kelapa sawit dengan nilam. Petani nilam Lokasi Bukik Nilam tidak melakukan pemupukan langsung namun mengandalkan hara dari pemupukan kelapa sawit, sedangkan panen dilakukan dengan mencabut batang tanaman nilam dan juga dipangkas hingga 15 cm dari permukaan tanah.
3. Rimbo Binuang Kecamatan Pasaman untuk lahan yang digunakan adalah lahan penanaman jagung, bibit nilam yang digunakan umumnya berasal dari nilam lokal yang dipercaya oleh petani sekitar memiliki keunggulan tersendiri berupa hasil rendemen minyak yang tinggi, bibit langsung ditanam diantara barisan

tanaman jagung yang masuk fase pematangan. Petani nilam Lokasi Rimbo Binuang umumnya melakukan pemupukan 2 kali satu periode tanam, sedangkan panen dilakukan dengan mencabut batang tanaman nilam dan membuang batang nilam hingga 30 cm dari pangkal batang nilam, hanya ranting dan daun nilam yang dilakukan penyulingan.

4. Petani nilam yang ada di wilayah Tombang menggunakan lahan yang berada di lereng-lereng bukit bekas bukaan hutan, bahan tanam berupa bibit diperoleh dari nilam hasil penanaman sebelumnya tanpa mencampur dari bibit nilam yang berasal dari luar wilayah Tombang maupun bibit unggul pemerintah. Petani nilam tidak melakukan pemupukan namun mengandalkan hara yang tersedia dari bahan organik sisa bukaan hutan sebelumnya. Panen dilakukan dengan memotong batang nilam hingga 15 cm dari tanah dan dilakukan penjemuran.
5. Jorong Tanjung Durian Kec. Gunung Tuleh menunjukkan karakteristik budidaya tanaman nilam yang dilakukan petani menggunakan lahan bekas penanaman tanaman padi bahkan ada yang di lereng-lereng bukit yang tidak ditumbuhkan pohon-pohon besar. Petani nilam tanjung durian umumnya melakukan pemupukan 2-3 kali untuk satu periode tanam, sedangkan panen dilakukan dengan dipangkas hingga 15-20 cm dari permukaan tanah.
6. Jorong Situak Kec. Lembah Melintang menunjukkan karakteristik budidaya tanaman nilam dengan penggunaan lahan bekas penanaman padi bahkan dilakukan tumpang sari dengan tanaman padi saat umur 2-3 bulan. Petani nilam Lokasi Situak melakukan pemupukan 1-2 kali dalam satu periode tanam, sedangkan panen dilakukan dengan mencabut batang tanaman nilam dan juga dipangkas hingga 15 cm dari permukaan tanah.
7. Wilayah Lubuk Godang Kec. Kotobalingka untuk lahan yang digunakan adalah lahan penanaman padi dan ditumpangsarikan pada kebun kelapa sawit, bibit nilam yang digunakan umumnya berasal dari nilam lokal di wilayah tersebut,. Petani nilam Lubuk

Godang umumnya melakukan pemupukan 1-2 kali satu periode tanam, sedangkan panen dilakukan dengan mencabut batang tanaman nilam secara keseluruhan.

Karakteristik Morfologi Aksesori Tanaman Nilam Pasaman Barat

Kegiatan eksplorasi fenotip tanaman nilam yang telah dilakukan menunjukkan beberapa perbedaan karakteristik morfologi pada masing-masing aksesori tanaman nilam. Perbedaan morfologi suatu tanaman tidak hanya dipengaruhi oleh faktor genetik, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan, yang dipengaruhi secara langsung oleh letak ketinggian suatu tempat dari permukaan laut. Ketinggian tempat yang berbeda akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Ketinggian tempat dapat mempengaruhi intensitas cahaya, temperature, kelembaban, curah hujan, dan faktor lingkungan lainnya.

Gardner *et al.* (1991) menyatakan bahwa faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah cahaya, temperatur, kelembaban, nutrisi atau garam-garam mineral, dan oksigen. Hal ini juga selaras dengan kondisi pertanaman nilam di beberapa lokasi aksesori nilam yaitu memiliki ketinggian (Tabel 30) yang berbeda sehingga dipastikan baik intensitas cahaya, temperatur, kelembaban, hara maupun oksigen yang diterima tanaman nilam berbeda. Selain itu, berkaitan dengan teknis budidaya yang dilakukan petani nilam juga terjadi perbedaan. Beberapa petani nilam tetap melakukan penambahan nutrisi atau hara berupa pemberian pupuk 1 – 2 kali dalam satu periode tanam seperti petani nilam di Aia Maruok, Rimbo Binuang, Tanjung Durian, Situak dan Lubuk Godang. Sehingga pertumbuhan tanaman nilam optimal. Sedangkan beberapa lokasi aksesori nilam lainnya tidak melakukan pemberian pupuk dan hanya mengandalkan hara yang masih ada didalam tanah, hal ini juga dilihat dari sistem budidaya petani nilam yang menggunakan lahan bekas bukaan hutan dan lahan perkebunan yang masih memiliki hara dari pelapukan serasahnya dan sisa pemupukan tanaman utama seperti pada wilayah Tombang, Bukik Nilam.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai eksplorasi fenotip tanaman nilam di Kabupaten Pasaman Barat, yaitu pada beberapa kecamatan sentral produksi nilam yang masih menggunakan sumber bibit lokal sehingga didapat 35 aksesori nilam sebagai objek pengamatan. Maka hasil penelitian dapat dirangkum dalam tabel karakteristik morfologi tanaman nilam Pasaman Barat pada Tabel 30.

Berdasarkan Tabel tersebut karakteristik morfologi dapat dilihat bahwa tiap aksesori tanaman nilam yang tumbuh pada beberapa kecamatan di Kabupaten Pasaman Barat memiliki perbedaan yang terlihat jelas pada karakter kuantitatif dan kualitatif. Perbedaan pada karakter kuantitatif dapat dilihat pada karakter tinggi tanaman, jumlah cabang primer, panjang cabang primer, panjang daun, dan lebar daun, sedangkan pada karakter kualitatif perbedaan terlihat pada bentuk pangkal daun. Pada karakter bentuk pangkal daun runcing (*Acutus*) hanya terdapat pada lokasi aksesori Bukik Nilam, Tombang, dan Lubuk Godang sedangkan bentuk pangkal daun meruncing (*Acuminatus*) terdapat pada lokasi aksesori Aia Maruok, Rimbo Binuang, Tanjung Durian, dan SiTuak. Selain itu terdapat perbedaan karakter bulu daun pada beberapa aksesori, yang memiliki bulu daun banyak dan kasar terlihat pada lokasi aksesori Aia Maruok, Rimbo Binuang, dan SiTuak sedangkan berbulu banyak dan halus terlihat pada lokasi aksesori Bukik Nilam, Tombang, Tanjung Durian, dan Lubuk Godang. pada karakter akar umumnya memiliki akar serabut meskipun terdapat perbedaan pada perkembangan akar yang berbeda tiap lokasi aksesinya.

Variasi yang terlihat pada beberapa karakter kuantitatif seperti karakter tinggi tanaman yang memiliki kisaran tinggi tanaman paling tinggi terdapat pada aksesori Tombang (114,2-163,9 cm) dan kisaran paling rendah terdapat pada lokasi aksesori Tanjung Durian. Selain itu karakter jumlah cabang primer, panjang cabang primer, panjang daun, dan lebar daun juga memperlihatkan variasi pada tiap aksesori yang memberikan gambaran bahwa terdapat perbedaan morfologi yang jelas di tiap lokasi aksesori nilam, hal ini juga tidak terlepas bahwa Karakter kuantitatif tanaman lebih dipengaruhi oleh faktor lingkungan,

sedangkan karakter kualitatif tanaman dipengaruhi oleh genetik tanaman itu sendiri. Informasi mengenai keragaman morfologi juga sangat berguna dalam pengelolaan plasmanutfah suatu jenis tanaman.

Tabel 1. Karakteristik Morfologi Aksesori Tanaman Nilam di Pasaman Barat

	Lokasi							
Karakteristik	A ia Maruok	I ulik Nilam	H imbo Binuan g	H Tombang	Tanjung Durian	Situak	Labuk Godang	Sidikalang
Tinggi Tanaman (cm)*	108,5-127,9	111,7-140,8	109,5-138,2	114,2-163,9	105,3-118,0	117,2-129,0	116,2-132,3	70,70-75,69
Warna Batang Muda	Ungu	Ungu	Ungu	Ungu	Ungu	Ungu	Ungu	Ungu
Warna Batang Tua	Hijau keuneuan	Hijau Kekuningan	Hijau keuneuan	Hijau keuneuan	Hijau	Hijau kekuningan	Hijau keuneuan	Ungu kehitaan
Bentuk Cabang Primer*	Persegi	Persegi	Persegi	Persegi	Persegi	Persegi	Persegi	Persegi
Jumlah Cabang Primer*	8-12	20-28	17-30	14-26	18-32	18-30	10-13	8,00-15,65
Panjang Cabang P. Cm*	76,5-102,2	68,3-108,2	89,1-118	103,2-131,5	78,4-86,2	89,3-103,4	81,4-94,0	43,01-61,69
Warna Cabang Primer	Hijau keuneuan	Hijau Kekuningan	Hijau keuneuan	Hijau keuneuan	Hijau	Hijau kekuningan	Hijau	
Panjang Daun (cm) *	6,2-7,5	10,5-12,3	8,8-13,4	9,3-13,7	7,4-9,3	6,2-8,6	7,2-9,5	6,30-6,45
Lebar Daun (cm)*	5,0-7,5	7,8-9,2	7,6-10,4	7-9,8	5,5-7,6	5,2-7,1	5,6-7,2	4,88-6,26
Panjang Tangkai Daun*	4,9-5,8	4,0-6,3	3,2-5,9	4,3-5,9	3,9-4,8	3,5-4,2	4,1-4,7	
Bangun Daun	Delta	Delta	Delta	Delta	Delta	Delta	Delta	Delta, bulat telur

Tabel (lanjutan)

Karakteristik	Lokasi						
	Aia Maruok	Bukik Nilam	Rimbo Binuang	Tombang	Tanjung Durian	Situak	Lubuk Godang
Bentuk Pangkal Daun	<i>Acuminatus</i>	<i>Acutus</i>	<i>Acuminatus</i>	<i>Acutus</i>	<i>Acuminatus</i>	<i>Acuminatus</i>	<i>Acutus</i>
Bentuk Ujung Daun	<i>Acutus</i>	<i>Acutus</i>	<i>Acutus</i>	<i>Acutus</i>	<i>Acutus</i>	<i>Acutus</i>	<i>Acutus</i>
Bentuk Tepi Daun	<i>Biserratus</i>	<i>Biserratus</i>	<i>Biserratus</i>	<i>Biserratus</i>	<i>Biserratus</i>	<i>Biserratus</i>	<i>Biserratus</i>
Warna Daun Muda	5 GY 4/6	5 GY 4/6	5 GY 6/6	5 GY 4/6	5 GY 4/6	5 GY 4/6	5 GY 5/6
Warna Daun Tua	5 GY 5/6	5 GY 4/4	7.5 GY 4/6	5 GY 4/4	5 GY 5/4	5 GY 4/8	5 GY 4/4
Bulu Daun	Banyak, kasar	Banyak, Halus	Banyak, Kasar	Banyak, Halus	Banyak, Halus	Banyak, Kasar	Banyak, Halus
Pertulangan Daun	<i>Penninervis</i>	<i>Penninervis</i>	<i>Penninervis</i>	<i>Penninervis</i>	<i>Penninervis</i>	<i>Penninervis</i>	<i>Penninervis</i>
Akar	Serabut	Serabut	Serabut	Serabut	Serabut	Serabut	Serabut
Bunga	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada

Pada daun nilam sel atau kelenjar minyak banyak ditemukan pada jaringan palisade dan parenkim bunga karang. Jumlah sel minyak lebih banyak ditemukan pada bagian sel palisade karena dekat dengan permukaan epidermis atas daun yang mendapatkan sinar matahari lebih banyak sehingga hasil metabolisme pembentukan sel minyak lebih sempurna. Kelenjar minyak merupakan salah satu sel yang dapat menghasilkan minyak atsiri yang berwarna kuning kecoklatan, kuning kemerahan sampai kuning mengkilat (Haryudin *et al.*, 2002). Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan sel minyak ke tujuh aksesori daun dan batang nilam berwarna kuning kecoklatan sampai kuning mengkilat dan berbentuk oval.

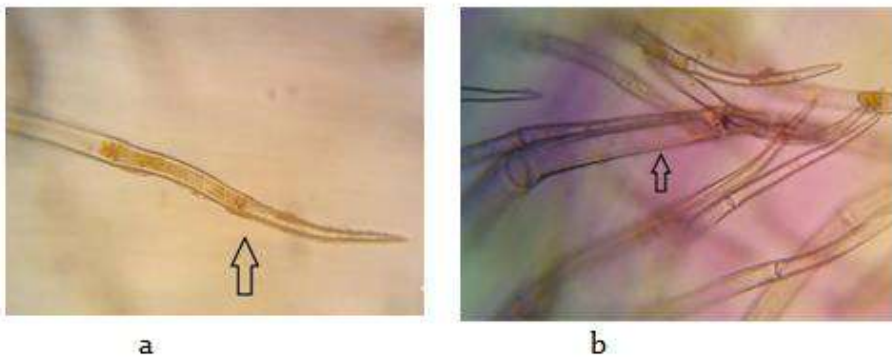


Gambar 31. Sel minyak tanaman nilam. a pada daun dan b pada batang

Disamping kandungan minyak pada daun yang terdapat pada sel minyak, ternyata pada tanaman nilam kandungan minyak juga terdapat pada trikoma yang terdiri atas sel tunggal atau banyak sel yang memiliki fungsi penting bagi tumbuhan diantaranya adalah untuk mengurangi penguapan (apabila terdapat pada bagian epidermis daun), meneruskan rangsang, mengurangi gangguan hewan, membantu penyebaran biji, membantu penyerbukan bunga, dan menyerap air serta garam-garam mineral dalam tanah (Nugroho *et al.*, 2006).

Trikoma tanaman nilam termasuk tipe trikoma golongan glandular (berkelenjar) dan non glandular (tidak berkelenjar),

berbentuk seperti duri dan runcing pada ujungnya, terdiri atas dua sel atau lebih. Trikoma ini terdapat hampir diseluruh bagian daun dan batang kecuali akar. Pada daun dan batang yang sudah tua sebagian besar trikoma sudah gugur (Saptriyawati,2011). Sejalan dengan Hasil pengamatan terhadap trikoma dapat dilihat pada Gambar 31 dan Gambar 31. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada 7 aksesi nilam Di Kabupaten Pasaman Barat umumnya termasuk tipe trikoma glandular dan non glandular.



Gambar 32. Trikoma tanaman nilam. a pada daun dan b pada batang

V. PENUTUP

Kabupaten Pasaman Barat sebagai daerah sentra nilam di Sumatera Barat mempunyai potensi sebagai daerah yang dapat dijadikan pengembangan klon harapan tanaman nilam. Ditemukan 7 (tujuh) jenis klon unggul lokal sesuai dengan nama daerah asalnya. Hasil penelitian yang telah dilakukan dari 7 (tujuh) jenis tersebut 2 (dua) diantaranya sangat potensial sebagai klon harapan, yaitu

1. Aksesori Rimbo Binuang dan Situak dapat dijadikan klon harapan baru
2. Situak dapat dijadikan daerah pengembangan nilam di Kabupaten Pasaman Barat karena potensi aksesori Situak yang mengandung kadar *Patcouli* Alkohol yang tinggi

REFERENSI

- Abidin Z. 1987. Ilmu tanaman. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Alastar. 2011. Variabilitas dan hubungan kekerabatan tanaman gambir tipe udang pada berbagai lokasi di Sumatera Barat berdasarkan fenotipik. [Skripsi]. Universitas Andalas. Padang.
- Armando R. 2009. Produksi 15 minyak asiri berkualitas. Penebar swadaya. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Pasaman Barat. 2016. Sosial dan Kependudukan, Geografi. [diakses pada tanggal 17 Maret 2016].
- Burhani R. 2011. Produktivitas panen nilam sumbar stagnan. <http://m.antaranews.com/berita/254991/produktivitas-panen-nilam-sumbar-stagnan>. [diakses 20 Januari 2017].
- Cahyani W. 2010. Substitusi jagung (*Zea mays*) dengan tanaman jail (*Coix lacryma-jobi* L.) pada pembuatan tortila: kajian karakteristik kimia dan sensori. [skripsi] Surakarta. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. 63 p.
- Dhalimi, Anggraini A & Hobir. 1998. Sejarah perkembangan budidaya nilam di Indonesia. Dalam Monograf Nilam. Balittro. p : 1-9.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2009. Nilam (*Patchouli*). Statistik Perkebunan Indonesia 2007-2009. 17 p.
- Djazuli M. 2011. Karakteristik agronomi beberapa aksesori dan varietas nilam pada umur panen berbeda. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik.
- Fauza H. 2009. Identifikasi karakter gambir (*Uncaria* spp.) di Sumatera Barat dan analisis RAPD. [disertasi]. Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Bandung. 308 p.
- Gardner FP, Pearce RB & Mitchell RL. 1991. Fisiologi tanaman budidaya. Terjemahan oleh Herawati Susilo & Subiyanto. 1991. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Irawan TAB. 2010. Peningkatan mutu minyak nilam dengan ekstraksi dan destilasi pada berbagai komposisi pelarut. Universitas Diponegoro. Semarang.

- Jamsari. 2008. Pengantar pemuliaan landasan genetis, biologis, dan molekuler. Penerbit Unri Press. Pekanbaru.
- Junaedi A & Hidayat A. 2009. Uji Asal Sumber Bibit Nilam (*Benth*) Di Pasaman Barat Sumatera Barat *Pogostemon cablin* . (Source Of Nilam Seedlings Test At West Pasaman District, West Sumatera). Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. 28 No. 3 September 2010: 241-254.
- KBBI. 2015. Kamus besar bahasa Indonesia. <http://kbbi.web.id/eksplorasi>. [diakses 5 Mei 2015].
- Kholida. 2014. Varietas unggul baru nilam. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/tansim.berita-202-varietas-unggul-baru-nilam.html>. [diakses 22 Januari 2017].
- Mangun HMS, Waluyo H & Agus PS. 2012. Nilam, hasilkan rendemen minyak hingga 5 kali lipat dengan fermentasi kapang. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Nuraida D. 2012. Pemuliaan tanaman cepat dan tepat melalui pendekatan marka molekuler. Universitas PGRI Ronggolawe. Tuban.
- Nuryani Y. 2006. Jurnal Budidaya Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). Balai penelitian Tanaman Rempah dan Aromatika.
- Nuryani Y, Emmyzar & Wahyudi A. 2007. Nilam, perbenihan dan budidaya pendukung varietas unggul. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Perkebunan. Bogor.
- Nuryani Y, Emmyzar & Wiratno. 2005. Budidaya tanaman nilam. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Balai penelitian Tanaman Obat dan Aromatika.
- Pandin DS. 2009. Keragaman genetik kultivar kelapa dalam mapanget (DMT) dan dalam tenga (DTA) berdasarkan penanda random amplified polymorphic DNA (RAPD). Buletin Palma. 36: 17-27.
- Pinaria A, Baihaki A, Setiamihardja R & Drajat AA. 1995. Variabilitas genetik dan heritabilitas karakter-karakter biomassa 53 genotipe kedelai. Zuriat 6(2): 80-87.

- Rencana Kerja Pemerintah Daerah Pasaman Barat. 2014. <http://pasamanbaratkab.go.id/file/tpad/rkpd> [diakses 23 Januari 2017].
- Rukmana. 2004. Nilam prospek agribisnis dan teknik budidaya. Kanisius. Yogyakarta.
- Rusli S & Hobir. 1990. Hasil penelitian dan pengembangan tanaman minyak atsiri Indonesia. Simposium I Hasil Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri. Puslitbangtri – Bogor.
- Salam AS. 1994. Keanekaragaman genetik. Andi Offset. Yogyakarta.
- Salisbury FB & Ross CW. 1992. Fisiologi tumbuhan jilid 3. Terjemahan oleh Diah R. Lukmana dan Sumaryono. 1995. Penerbit ITB. Bandung.
- Santoso HB. 1990. Bertanam nilam. Kanisius. Yogyakarta.
- Sugiyatno. 2007. Studi keragaman morfologi beberapa varietas lengkeng di Indonesia. Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika. Batu.
- Suyono AA. 2011. Nilam, tanaman semak pencetak dolar. Intisari Online: www.indomedia.com/intisari [diakses 17 Maret 2017].
- Swasti E. 2007. Pengantar pemuliaan tanaman. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang.
- Untung O. 2009. Minyak atsiri. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Wijayanto, Boer T & Ente. 2013. Hubungan kekerabatan aksesori pisang kepok (*Musa paradisiaca* formatypica) di kabupaten muna berdasarkan karakter morfologi dan penanda RAPD. Jurnal Agroteknos. 3 (3) : 163-170.

Pengembangan Tanaman Hortikultura di Sumatera Barat

Warnita

*Guru Besar Hortikultura dan Kultur Jaringan pada Jurusan Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang
e-mail: warnita@unand.agr.ac.id; warnita_irnu@yahoo.com*

I. PENDAHULUAN

Tanaman hortikultura merupakan tanaman yang mempunyai prioritas untuk dikembangkan di Indonesia termasuk Sumatera Barat. Peningkatan jumlah penduduk yang terus meningkat setiap tahun membutuhkan tanaman hortikultura sebagai sumber vitamin dan mineral yang tinggi juga. Produksi tanaman hortikultura seperti, tanaman sayur, tanaman buah dan tanaman hias serta tanaman biofarmaka masih rendah, perlu peningkatan produksi untuk memenuhi kebutuhan.

Komoditas hortikultura merupakan kelompok komoditas pertanian yang sangat banyak ragamnya. Kementerian Pertanian telah menetapkan sebanyak 323 jenis produk hortikultura yang meliputi 60 jenis buah-buahan, 80 jenis sayuran, 66 jenis biofarmaka (tanaman obat) dan 117 jenis tanaman hias (florikultura). Jumlah produk hortikultura ini tentu saja akan bertambah banyak di masa mendatang. Dari jumlah tersebut, baru sekitar 90 jenis produk hortikultura yang secara komersial dan luas dikembangkan yang terdiri dari 25 jenis sayuran, 26 jenis buah-buahan, 24 jenis tanaman hias dan 15 jenis tanaman biofarmaka. Kementerian Pertanian telah menetapkan 40 komoditas unggulan nasional, 11 diantaranya adalah komoditas hortikultura yaitu : cabai, bawang merah, kentang, jeruk, mangga,

manggis, salak, pisang, durian, rimpang dan tanaman hias (Direktorat Jendral Hortikultura, 2014).

Peluang pasar tanaman hortikultura dalam negeri terus meningkat sejalan dengan pertambahan jumlah penduduk. Hal ini juga diperkuat dengan meningkatnya pendapatan dan kesadaran masyarakat akan pentingnya nilai gizi. Terutama anak-anak dan remaja sangat membutuhkan tanaman hortikultura sebagai sumber vitamin dan mineral.

Daya saing tanaman hortikultura di Sumatera Barat ataupun Indonesia masih rendah karena fluktuasi harga yang sangat tajam antara panen raya dan tidak panen raya. Harga produk sangat murah pada saat panen raya dan sangat mahal pada saat langka. Fluktuasi harga ini sangat merugikan bagi masyarakat terutama yang berpenghasilan rendah dan juga akan menimbulkan inflasi yang tinggi.

Pola konsumsi produk hortikultura terbagi dua yaitu komplementer dan non komplementer. Pola komplementer adalah jika harga suatu komoditi mahal maka dapat digantikan dengan komoditi lain yang lebih murah, seperti jika buah anggur harganya mahal dapat diganti buah apel yang harganya lebih murah. Sebaliknya untuk produk non komplementer yang tidak dapat digantikan oleh produk lain, meskipun harganya mahal konsumen tetap membutuhkan produk tersebut karena tidak dapat digantikan, seperti bawang merah, cabai merah dan tomat meskipun mahal maka masyarakat tetap akan mengkonsumsi produk tersebut. Kenaikan harga tersebut akan memacu terjadinya inflasi. Oleh karena itu produk hortikultura dianggap sebagai kebutuhan sehari-hari yang tidak dapat digantikan.

Kebijakan Pengembangan tanaman Hortikultura tahun anggaran 2017 melanjutkan kebijakan tahun sebelumnya melalui refocusing target dan kinerja anggaran yang memprioritaskan pada pencapaian target produksi hortikultura. Kegiatan utama dalam rangka refocusing pelaksanaan tahun anggaran 2017 diarahkan kepada: 1) pengembangan kawasan untuk komoditas prioritas, yaitu aneka cabe, bawang merah dan jeruk; 2) pengembangan kawasan di wilayah perbatasan, tertinggal dan terluar; 3) produksi benih dan sertifikasi

bawang merah; 4) Pengendalian OPT komoditas prioritas; 5) Gudang/bangsas Pasca panen; 6) Sarana prasarana pascapanen gudang packing house (rumah kemas); serta 7) Sarana pengolahan; dan 8) Dukungan manajemen dan teknis lainnya pada ditjen hortikultura. (Dirjen Horti, 2017).

Produk Sayuran termasuk ke dalam tanaman hortikultura yang memiliki sifat khusus, antara lain mudah atau cepat busuk, namun selalu dibutuhkan setiap hari dalam keadaan segar. Sayur dan buah juga memiliki nilai estetika, sehingga harus memenuhi keinginan masyarakat umum, dan produksi umumnya bersifat musiman, beberapa diantaranya tidak tersedia sepanjang tahun (Kementan, 2011).

Komoditas hortikultura memerlukan teknologi terobosan terbaru yang dapat menghasilkan jumlah bibit dalam jumlah yang besar dengan waktu yang singkat untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Teknologi yang dapat dikembangkan adalah dengan metode kultur jaringan. Dengan metode ini bukan hanya menghasilkan bibit dalam jumlah banyak juga dapat ditingkat kualitas dari bibit tersebut. Bibit-bibit yang dihasilkan dari teknologi ini akan terbebas dari hama dan penyakit.

II. CIRI-CIRI TANAMAN HORTIKULTURA

Tanaman hortikultura yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat mempunyai ciri-ciri/sifat khusus. Berdasarkan jenis tanaman, tanaman hortikultura dibedakan menjadi tanaman tahunan dan semusim. Tanaman hortikultura tahunan adalah tanaman hortikultura yang umur tanamannya lebih dari satu tahun sedangkan tanaman yang umurnya kurang dari satu tahun digolongkan menjadi tanaman hortikultura semusim. Tanaman hortikultura (tahunan dan semusim) meliputi buah-buahan, sayuran, obat-obatan, dan tanaman hias.

Produk hortikultura bersifat perisabel atau mudah rusak atau membusuk sehingga tidak tahan disimpan lama. Meskipun mudah busuk tetapi produk hortikultura selalu dinanti dan dibutuhkan dalam keadaan segar setiap hari. Kualitas hasil dan harga pasar sangat

ditentukan oleh penanganan secara cermat dan efisien dari sejak panen sampai ke pasar. Produk tidak tahan lama atau waktu pembusukan lebih cepat maka pengelolaan pasca panen sangat diperlukan.

Tanaman hortikultura termasuk tanaman yang mudah terserang hama dan penyakit. Keadaan sangat sulit diprediksi dan sangat tergantung pada cuaca. Cuaca yang lembab akan menyebabkan penyakit cepat berkembang, sementara pada musim kering hama yang mengganas. Untuk penanganan hama dan penyakit tanaman hortikultura membutuhkan biaya yang cukup besar. Juga perlu pemilihan waktu tanam yang tepat bagi sayur-sayuran semusim sehingga terhindar dari risiko kegagalan panen.

Masa panen tanaman hortikultura beragam ada yang semusim dan ada yang tahunan. Untuk tanaman sayur-sayuran produksinya umumnya semusim seperti bawang, merah, bawang putih, cabai merah, kentang dan tomat. Pada umumnya produksi tanaman buah-buahan adalah musiman dan tidak tersedia sepanjang tahun. Contoh dari tanaman buah-buahan yang panennya musiman adalah durian, manggis, salak, duku, lengkeng, mangga, dan tanaman buah lainnya. Ada juga tanaman buah yang panen berkali-kali dalam setahun seperti nenas, pisang, semangka, stroberi dan sawo.

Harga produk hortikultura umumnya tidak stabil tergantung ada atau tidak tersedianya produk. Buah-buahan musiman harganya berfluktuasi sesuai dengan ketersediaan produk. Saat tidak panen terutama yang panennya musiman harganya tidak terjangkau. Pada saat panen raya dengan jumlah buah melimpah harga turun dengan drastis. Oleh karena itu perlu penanganan pasca panen pada saat panen melimpah menjadi produk olahan industri baik industri rumahan atau industri skala besar.

Tanaman hortikultura juga memiliki nilai estetika seperti tanaman hias. Tanaman hias semakin banyak digemari dan dibutuhkan pada beberapa kegiatan baik suka maupun duka. Tanaman hias diusahakan sebagai tanaman bibit, bunga pot dan bunga potong.

Tanamaan hias juga banyak digunakan untuk membuat taman baik di rumah sendiri, di kantor dan tempat umum lainnya.

III. KENDALA DAN TANTANGAN PENGEMBANGAN HORTIKULTURA

Dilihat dari keunggulan komparatif dan kompetitif yang dimiliki komoditas hortikultura maka komoditas hortikultura memiliki masa depan yang cerah. Oleh karena itu harus berani mengembangkan tanaman hortikultura seperti tanaman sayur-sayuran, buah-buahan, tanaman hias maupun tanaman biofarmaka saat ini.

Tanaman hortikultura dapat menghasilkan devisa bagi negara, apalagi Indonesia penghasil buah-buahan tropis unggul yang rasanya enak. Banyak negara-negara lain yang mengandalkan devisa dari produk hortikultura seperti Thailan dengan komoditas hortikultura yang serba Bangkok (durian bangkok, jambu bangkok, sawo bangkok dan belimbing bangkok), Belanda dengan bunga tulipnya, Nikaragua dengan pisangnya dan bahkan Israil telah mengekspor apel, jeruk, anggur dan sebagainya meskipun daerahnya terdiri dari gurun pasir.

Dalam pengembangannya tanaman hortikultura menghadapi beberapa kendala. Kendala-kendala yang dihadapi dalam pengembangan hortikultura antara lain:

1. Usaha tani tanaman hortikultura masih dalam skala kecil masih di sekitar pekarangan dan lokasi produksi masih terpencar-pencar. Contohnya penanaman markisah manis di Alahan Panjang Kabupaten
2. Belum ada standarisasi mutu yang sangat diperlukan terutama untuk ekspor. Hal ini akan sangat menghambat proses ekspor baik untuk konsumsi segar maupun produk olahannya.
3. Belum menerapkan teknologi pasca panen terhadap produk hortikultura pada saat panen, distribusi dan sampai ke pasar. Oleh karen itu perlu ada pelatihan yang khusus bagi tenaga kerja hortikultura dari panen sampai ke tangan konsumen.

Pengembangan hortikultura di Indonesia pada umumnya masih dalam skala perkebunan rakyat yang tumbuh dan dipelihara secara alami dan tradisional, sedangkan jenis komoditas hortikultura yang diusahakan masih terbatas. Tampak disini bahwa komoditas hortikultura memiliki potensi untuk menjadi salah satu pertumbuhan baru di sektor pertanian.

Peningkatan produksi hortikultura di tahun 2011 mengalami kenaikan pada masing-masing komoditi. Penurunan produksi dialami oleh produksi komoditi tanaman obat, yaitu mengalami penurunan sebesar 37.306 ton dari hasil produksi tahun 2010. Peningkatan produksi hortikultura pada masing-masing wilayah masih fluktuatif. Peningkatan produksi dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti faktor cuaca, faktor penanganan ketika proses pengelolaan, faktor hama, dan bisa juga dipengaruhi oleh faktor tenaga kerjanya (Liu & Madiono, 2013).

Indonesia khususnya di bidang pertanian akan terbuka untuk produk-produk hortikultura luar negeri. Kondisi ini merupakan tantangan sekaligus peluang dalam menjual produk hortikultura kompetitif Indonesia ke pasar Internasional. Tantangan yang cukup berat bagi Indonesia adalah bisa menjual produk hortikultura kompetitif dengan harga yang bersaing, sehingga perusahaan hortikultura tidak lagi berorientasi produksi tetapi lebih menitik beratkan pada pengembangan komoditi yang berorientasi pasar. Khususnya untuk tanaman hortikultura dalam pengembangan usaha harus efisien, mampu meningkatkan mutu, hasil dan produk olahannya. Dengan adanya variasi produk olahan akan meningkatkan nilai jual dan menunjang pengembangan wilayah.

Selain itu tantangan dalam pengembangan hortikultura adalah belum menggunakan bibit yang berkualitas atau mutu bibit yang digunakan masih rendah. Dengan mutu bibit yang rendah akan berpengaruh terhadap kualitas hasil. Demikian juga rendahnya penerapan teknologi budidaya dalam usaha tanaman hortikultura. Teknologi budidaya tanaman sayuran yang diterapkan petani masih

sederhana dengan pengetahuan yang rendah sehingga produktivitas hasil yang diperoleh dibawah potensi hasil komoditas.

IV. FAKTOR LINGKUNGAN YANG MEMPENGARUHI PERTUMBUHAN TANAMAN HORTIKULTURA

Faktor lingkungan adalah faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan organisme termasuk tanaman hortikultura. Faktor lingkungan terdiri dari lingkungan fisik seperti cahaya, suhu, kelembaban dan angin, lingkungan kimia seperti air, garam mineral dan logam serta lingkungan biotik yaitu organisme tertentu mempengaruhi kehidupan organisme lain seperti hama dan penyakit menyerang tanaman hortikultura.

Beberapa komponen faktor lingkungan yang penting dalam menentukan pertumbuhan dan produksi. Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman dibedakan menjadi dua, yaitu faktor biotik dan abiotik. Cahaya matahari sangat dibutuhkan oleh tanaman hortikultura untuk pertumbuhannya, dimana kebanyakan tanaman hortikultura membutuhkan cahaya langsung dan tidak bisa terlindung untuk pertumbuhannya. Tanaman cabai merah, bawang merah, kubis, kentang dan tanaman sayur lainnya membutuhkan cahaya matahari penuh, jika tidak maka pertumbuhannya akan terganggu. Cahaya matahari penuh akan menguntungkan bagi daun di bawah kanopi untuk mencapai efektifitas fotosintesis secara total bagi tumbuhan untuk mengimbangi kekurangan dari daun-daun yang berada dalam cahaya supraoptimal.

Pelaku hortikultura hendaknya mengetahui keadaan lingkungan setempat dimana mereka mengusahakan tanaman hortikultura. Dalam hal ini petani harus mengetahui tentang hama/penyakit penting yang dapat menyerang, gulma, kondisi tanah maupun iklim yang dapat membatasi pencapaian produksi maksimum dari tanaman yang diusahakan.

Menurut Wirjohamidjojo & Swarinoto (2007) suhu yang diperlukan bagi kegiatan pertanian meliputi suhu udara lingkungan

atau suhu permukaan & suhu tanah. Sumber utama yang menimbulkan panasnya atmosfer adalah sinaran matahari. Apabila sinaran matahari mengenai suatu benda sebagian sinaran dipantulkan, sebagian diteruskan, dan sebagian diserap. Penyerapan sinaran mengakibatkan benda tersebut mengalami berbagai macam proses, di antaranya memancarkan kembali sinaran dalam bentuk panas.

Suhu berkorelasi positif dengan radiasi matahari. Tinggi rendahnya suhu disekitar tanaman ditentukan oleh radiasi matahari, kerapatan tanaman, distribusi cahaya dalam tajuk tanaman, kandungan lengas tanah. Suhu mempengaruhi beberapa proses fisiologis penting: bukaan stomata, laju transpirasi, laju penyerapan air dan nutrisi, fotosintesis, dan respirasi. suhu sampai titik optimum akan diikuti oleh peningkatan proses di atas. Setelah melewati titik optimum, proses tersebut mulai dihambat baik secara fisik maupun kimia, menurunnya aktivitas enzim (enzim terdegradasi). Contoh tanaman yang tumbuh optimum pada suhu rendah adalah apel, kentang dan geranium.

Tanaman hortikultura tidak semuanya bisa menghasilkan biji di daerah tropis karena lama penyinaran di tropis hanya 12 jam per hari. Sementara ada tanaman hortiukultura yang membutuhkan lama penyinaran yang lebih dari 12 jam untuk dapat berbunga dan menghasilkan buah dan biji. Seperti tanaman kentang membutuhkan lama penyinaran 16 jam untuk dapat berbunga dan menghasilkan buah dan biji, meskipun ada beberapa varietas kentang yang dapat berbunga di tropis setelah mengalami adaptasi. Oleh karena itu kebanyakan tanaman hortikutura yang tidak dapat menghasilkan biji diperbanyak secara vegetatif seperti kentang dengan menggunakan umbi.

Propinsi Sumatera Barat merupakan wilayah daratan dengan topografi landai dan berbukit, yang berada pada ketinggian 0-3.805 meter di atas permukaan laut. Wilayah ini memiliki perairan umum yang berupa danau dan sungai. Iklim daerah Sumatera Barat termasuk tropis basah, dengan curah hujan yang beragam antara 3.000-7.929 milimeter setiap tahun. Suhu udara beragam antara 22-32 °C (BMKG,

2019). Suhu lingkungan sangat berpengaruh terhadap jumlah output yang dihasilkan oleh tanaman. Suhu yang sesuai akan mempercepat proses yang terjadi dalam tanaman, sedangkan suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi akan mengganggu proses dalam tanaman, semakin tinggi suhu lingkungan yang ada akan semakin memperlambat proses yang kemudian akan menurunkan tingkat kuantitas dan kualitas produk panen serta mengganggu masa vegetatif dan generatif tanaman. Menurut Saputra *et al.*, (2018), Sumatera Barat merupakan daerah yang dilalui garis katulistiwa yang memiliki curah hujan equatorial yang ditandai dengan adanya dua puncak musim hujan dalam satu tahun (bimodal).

Curah hujan berkorelasi erat dengan pembentukan biomassa (bahan organik) tanah, karena air merupakan komponen utama tetanaman maka kurangnya curah hujan akan menghambat pertumbuhan dan perkembangannya. Oleh karena itu pada tanah-tanah daerah arid umumnya dicirikan oleh rendahnya kadar BOT dan N serta aktivitas mikrobial heterotrofik (pengguna biomassa sebagai sumber energinya) sebaliknya pada tanah-tanah daerah kering bahkan pada kawasan rawa-rawa akan terbentuk tanah gambut yang ketebalannya dapat lebih dari 2 meter akibat terhadap terhambatnya mineralisasi dalam proses dekomposisi biomassa (humifikasi lebih dominan) (Febrian, 2014).

Namun, Curah hujan ekstrem pada tanaman sayuran (cabai, bawang merah dll), pengaruh langsung menimbulkan kerusakan dan atau tanaman muda mati, dan secara tidak langsung memicu serangan OPT terutama penyakit dari golongan cendawan (*Antaknosa*, *Layu fusarium*) dan bakteri (*Layu bakteri*) sehingga produktivitas rendah 20 – 25 %, bahkan gagal panen. Selain itu dilaporkan juga bahwa produksi benih sayuran turun sekitar 50 % (Dit Perbenihan & Sarana produksi) (Direktorat Perlindungan Hortikultura, 2019). Menurut Syukur (2012), kebutuhan tanaman cabai merah untuk suhu yaitu antara 24-27°C, kelembaban yaitu 70-80 persen, dan pada unsur curah hujan yang dibutuhkan sekitar 50-105 mm/perbulan (Syukur, 2012).

Menurut Takama *et al.* (2017) variabilitas hujan yang sangat tinggi, dimana saat curah hujan menurun secara signifikan akan menyebabkan musim hujan yang kering dan sebaliknya saat curah hujan meningkat secara signifikan juga diikuti oleh kondisi musim kemarau yang lebih basah. Kondisi tersebut menyebabkan terganggunya suplai air untuk berbagai sector termasuk pertanian.

V. PENGEMBANGAN BIBIT TANAMAN HORTIKULTURA DENGAN KULTUR JARINGAN

Pengembangan komoditas tanaman hortikultura perlu adanya teknologi yang dapat menyediakan kebutuhan bibit hortikultura dalam jumlah yang banyak dengan waktu yang relatif cepat dan singkat. Pemanfaatan teknologi kultur jaringan sangat menjanjikan untuk memenuhi kebutuhan bibit tanaman hortikultura dibandingkan dengan perbanyakan secara konvensional dengan waktu yang relatif lebih panjang.

Tanaman sayur-sayuran dapat diperbanyak dengan kultur jaringan seperti kentang, bawang putih, bawang merah dan jenis sayuran lain. Keberhasilan perbanyakan secara *in vitro* tergantung pada beberapa faktor pembatas. Seperti terjadinya kontaminasi pada setiap saat tahap kultur eksplan yang dilakukan, kemampuan regenerasi, tingkat fisiologi dan kesehatan eksplan, media dasar dan zat pengatur tumbuh. Warnita (2008) menggunakan media MS untuk pembentukan umbi mikro kentang.

Kentang juga merupakan komoditas hortikultura, menurut Husen *et al.* (2018) Keuntungan produksi kentang dengan teknik *in vitro* adalah: (1) Bahan Tanam yang digunakan kecil dan efisien, (2) Kondisi lingkungan aseptik dan terkendali sehingga tanaman planlet yang dihasilkan bebas organisme lain/pathogen, (3) Tingkat propagasi tinggi dan efisien, (4) membutuhkan tempat produksi yang relative kecil dengan produksi yang lebih banyak.

Kultur jaringan tanaman memberikan memberikan solusi untuk perkembangan teknologi dibidang pertanian khususnya dibidang

hortikultura. Menurut Tryharyanto & Sutrisno (2015) penerapan bibit bawang putih asal kultur jaringan dapat meningkatkan produktivitas budidaya bawang putih pada kelompok tani di desa Pancot Tawangmangu.

Beberapa penelitian perkembangan kultur in vitro pada tanaman hortikultura menurut Mariska (2000), seperti Tanaman obat Puar (*Elettaria sumatrana*), jambu mente (*Anacardium occidentale*), Pepaya (*Carica papaya*), abaka (*Musa textilis* Nee.), Panili (*Vanilla planifolia*), Jahe (*Zingiber officinale*) dan tanaman hortikultura lainnya menunjukkan tanaman hasil perbanyakan kultur jaringan lebih seragam pertumbuhannya, komponen pertumbuhan relatif lebih baik begitu pula produksi serat batangnya dibandingkan dengan bibit asal bonggol atau anakan.

Tanaman buah-buah seperti nenas, strowberi dan pisang telah banyak diperbanyak dengan kultur jaringan. Menurut Yusnita (2015) dalam budidaya pisang monokultur berskala luas, ketersediaan bibit yang jelas jenisnya, seragam ukurannya, sehat dan kuat dalam jumlah yang cukup menjadi faktor pembatas sehingga teknologi kultur jaringan menjadi solusi.

Waktu yang diperlukan untuk menghasilkan umbi mikro kentang dalam satu siklus penanaman di laboratorium adalah 12-16 minggu atau 84-102 hari. Panen umbi kentang di lapangan berkisar 100-120 hari tergantung kondisi cuaca di lapangan. Artinya waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi umbi mikro kentang sebagai propagul bibit yang sehat lebih pendek atau sama dibandingkan penyediaan umbi bibit di lapangan.

Umbi mini bila ditanam ke lapangan langsung dapat beradaptasi karena mempunyai cadangan makanan yang cukup dari umbi. Sementara jika dari setek mini perlu adaptasi terlebih dahulu, maka daya adaptasi kurang baik dibanding umbi mikro. Hasil penelitian Kasutjiani *et al.* (2018) menunjukkan kemampuan hidup tanaman asal benih umbi mikro menunjukkan daya adaptasi yang lebih baik (87.50%) dibandingkan dengan tanaman asal stek mini (70.83%). Asal bahan tanam umbi mikro memberikan pertumbuhan

tanaman dan produksi lebih baik dibandingkan asal bahan tanam stek mini.

Selain itu teknologi kultur jaringan juga menjadi solusi untuk tanaman strowberi di Indonesia, selama ini penyediaan benih strowberi dilakukan secara konvensional dengan menggunakan stolon. Kelemahannya adalah volume perbanyakannya relatif lebih sedikit dan tidak bebas penyakit karena infeksi patogen endogenus yang ditularkan dari tanaman induk. Bibit tertular patogen ini yang menyebabkan kualitas dan kuantitas produksi buah semakin menurun setelah tiga periode penanaman (Zebrowska, 2004). Menurut Mozafari (2012), perkembangbiakan strowberi secara konvensional menimbulkan banyak infeksi penyakit dan tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan bibit komersial sehingga diperlukan metode kultur jaringan untuk budidaya strowberi dengan mengupayakan perbaikan genetika benih atau bibit domestik (Nofrianinda *et al.*, 2017).

Tanaman hias yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi seperti Anggrek *Phalaenopsis* juga dapat dikembangkan secara *in vitro* untuk menghasilkan benih dalam jumlah yang banyak, seragam, dan dalam waktu yang lebih cepat ialah perbanyakannya melalui penerapan teknologi kultur jaringan. Sehingga dapat menghasilkan benih yang banyak dengan waktu yang relatif singkat akan meningkatkan produksi (Winarto, 2016).

Potensi produksi benih berkualitas yang dihasilkan menggunakan teknologi kultur jaringan cukup menjanjikan. Jumlah tunas 4.67 buah dan jumlah buku 31.92 buah pada pemberian 0.04 mg/l 2,4-D pada media kultur umur 8 MST. Tunas yang dihasilkan tegar dan kekar (Warnita, 1994). Selanjutnya masing-masing setek buku tunggal dapat diperbanyak lagi secara *in vitro* sehingga plantlet berlipat ganda dalam 1 tahun. Tunas-tunas yang kekar, keberhasilannya tinggi yaitu 80-95 %. Selanjutnya dapat dihasilkan setek mini dan umbi yang dapat digunakan sebagai kentang di lapangan.

Teknik kultur jaringan juga banyak diterapkan pada bebrbagai tanaman hias seperti anggrek, anyelir, krisan, nephentes dan lainnya.

Pengembangan anggrek secara kultur jaringan sudah lama dikembangkan. Menurut Winarto (2016). Jika dari satu sumber eksplan dalam bentuk rachis rerata menghasilkan embrio hingga lima embrio pada tahap inisiasi, maka dalam waktu 1 tahun akan dihasilkan 625 embrio. Jika persentase perkecambahan embrio mencapai 80% dan maka akan dihasilkan 500 planlets. Jika keberhasilan aklimatisasi mencapai 80%, maka akan dihasilkan 400 tanaman hasil aklimatisasi. Teknologi ini telah berhasil diaplikasikan pada perbanyakan klon-klon terseleksi *Phalaenopsis* hasil pemuliaan Balai Penelitian Tanaman Hias dengan tingkat keberhasilan yang berbeda.

VI. PENGEMBANGAN HORTIKULTURA DI SUMATERA BARAT

Potensi sumber daya lahan di Sumatera Barat cukup besar yang dapat mendukung pengembangan sektor pertanian khususnya tanaman hortikultura. Apalagi provinsi Sumatera Barat yang sangat strategis terletak di tengah pulau Sumatera dengan iklim termasuk tropika basah dengan curah hujan dan yang beragam dan cukup tinggi sepanjang tahun.

Faktor pendukung pengembangan hortikultura berupa tersedianya lahan pada dataran rendah, dataran medium dan dataran tinggi yang dapat ditanami sayur-sayuran, buah-buahan, tanaman hias dan tanaman biofarmaka. Kondisi iklim juga mendukung dari suhu rendah pada dataran tinggi dan suhu tinggi pada dataran rendah. Curah hujan merata sepanjang tahun sehingga dapat memenuhi kebutuhan air tanaman hortikultura yang diusahakan. Perbedaan antara musim kemarau dan musim hujan yang tegas di Sumatera Barat juga tidak ada. Sebagai daerah tropis cahaya matahari berlimpah selama 10–12 jam per hari.

Untuk menghasilkan produk hortikultura berupa sayuran-sayuran dataran tinggi seperti kubis, kentang, seledri, wortel, bawang putih, bawang merah, caisim dan lain-lain dapat dikembangkan di Kabupaten Agam, Kabupaten Solok dan Kabupaten Tanah Datar. Ketiga kabupaten ini merupakan sentra produksi sayur-sayuran di

Sumatera Barat. Beberapa komoditi unggulan sayur-sayuran seperti cabai merah Gero Kabupaten Tanah Datar, Cabai merah Kopay Kabupaten Lima Puluh Kota, Wortel Taluak Kabupaten Agam, bawang merah dan bawang putih Alahan Panjang, Kabupaten Solok yang berkualitas baik perlu ditunjang ketersediaan benih bermutu.

Menurut BPS (2019) pada tahun 2011 hingga 2015 suhu minimum dan maksimum Provinsi Sumatera barat berkisar antara 15,6–34,4 °C. Dari segi iklim cukup mendukung untuk pengembangan tanaman sayur-sayuran, buah-buahan, tanaman hias dan tanaman biofarmaka. Pada dataran tinggi dengan suhu rendah dapat dikembangkan tanaman kentang, kubis, seledri, bawang daun, caisim dan sayuran datara tinggi lainnya.

Demikian juga pengembangan buah-buahan sangat didukung oleh iklim, seperti ada buah-buahan yang tumbuh baik baik di dataran tinggi atau membutuhkan suhu rendah seperti markisah, strawberi, apel, kesemek dan lain-lain. Di Alahan Panjang sudah ada kesemek yang dapat dikembangkan. Untuk dataran medium dapat dikembangkan tanaman buah-buahan seperti pisang manggis, sawo, alpukat. Ada buah-buahan lokal unggul seperti Alpukat Mega Gagauan, Alpukat Mega Murapi, Alpukat Mega Panindahan, Manggis Ratu Kamang, Durian Tambago dan dan lain-lain.

Sumatera Barat sebagai salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki banyak jenis tanaman buah, baik yang sudah didomestikasi maupun yang masih tumbuh secara alamiah. Diantara yang masih tumbuh secara alamiah, memiliki potensi untuk dikomersialisasikan sebagai komoditas *trend setter*. Buah-buahan seperti duku, jeruk, durian yang telah tergolong buah eksotik sangat berpeluang memasuki pasar global.

Pergeseran buah-buahan lokal oleh buah-buahan impor dapat menyebabkan terancamnya keberadaan sumber daya genetik buah-buahan lokal seperti jambu kalinang dan sirukam, sijontiak, kapunduang, buah daro dan lain-lain. Buah-buahan ini jambu kalinang, sirukam dan karamuntiang menghasilkan antioksidan yang sangat bermanfaat dalam bidang farmasi.

Di Sumatera Barat perlu dikembangkan Agroekowisata pada suatu lokasi. Pengunjung tidak hanya mencicipi buah dari pohonnya, pengunjung juga dibawa ke kebun bibit hasil penelitian. Terdapat tanaman buan seperti Durian, Markisah, Pepaya, Manggis, Jeruk, Sirsak dan lain-lain. Berjalan diantara tanaman buah, pengunjung dapat merasakan suasana alam yang tenang, jauh dari kebisingan kota.

Untuk menghasilkan hasil tanaman tertentu diperlukan wilayah yang lebih spesifik agar hasilnya maksimal. Pada umumnya produksi tanaman buah-buahan beragam, ada masa musim panen raya dan ada musim gadu. Contoh buah-buahannya yang musiman adalah salak, durian, duku, manggis dan tanaman buah lain. Beberapa diantaranya tidak tersedia sepanjang tahun seperti sawo, pisang, jeruk. Untuk tanaman buah-buahan musim dapat dikembangkan teknologi *off-season* dimana pembuahan diatur sehingga dapat berbuah sepanjang tahun.

Buah-buahan tertentu memerlukan wilayah tanamnya yang spesifik di daerah tertentu, biasanya menonjol menghasilkan buah tertentu. Agroklimat untuk penanaman tanaman hortikultura terutama geografi yang spesifik seperti duku sijunjung, jeruk kacang, markisa manis dan durian gunung rajo. Pengembangan buah – buahan spesifik ini memerlukan lahan yang cukup luas untuk media penanaman.

Secara ekonomi Sumatera Barat mempunyai akses pasar ke provinsi tetangga terutama Jambi, Riau dan Sumatera Utara dan beberapa negara tetangga (Malaysia dan Singapura). Dengan meningkatnya kapasitas pasar, banyak pelaku usaha hortikultura dapat menjadikan produk hortikultura Sumatera Barat menjadi tuan rumah di negara sendiri dan dapat bersaing di pasar internasional. Untuk itu perlu persyaratan registrasi pasca panen yang sesuai standar. Untuk memperoleh produk yang bernilai tambah dan berdaya saing harus melakukan sertifikasi prima.

Subsektor hortikultura telah tumbuh menjadi salah satu sumber pertumbuhan kekuatan ekonomi baru sebagai penggerak ekonomi di pedesaan dan perkotaan. Saat ini peran subsektor hortikultura cukup

signifikan dalam pembangunan ekonomi nasional yang ditunjukkan oleh beberapa indikator, antara lain: Sumbangan Sub sektor hortikultura dalam Perekonomian Nasional secara makro seperti PDB, tenaga kerja, dan lain-lain maupun secara mikro seperti produksi, luas tanam/luas panen, ketersediaan benih dan sebagainya.

Pengembangan komoditas hortikultura andalan rakyat ke depan sangat tergantung dari intervensi, dukungan dan fasilitasi berbagai pihak terkait. Pada satu sisi, dalam kondisi sekarang daya saing komoditas tersebut di kawasan sentra sebelumnya kemungkinan sudah jauh berkurang dan komoditas alternatif sudah berkembang secara mapan. Sebaliknya pada sisi lain, perannya tetap diharapkan baik sebagai diversifikasi sumber pendapatan dan kesempatan kerja maupun ketersediaannya dalam memenuhi kebutuhan konsumsi masyarakat. Prinsip keunggulan komparatif pada kawasan-kawasan yang agosistemnya sesuai menjadi prioritas pengembangan komoditas selanjutnya.

VII. PENUTUP

Provinsi Sumatera Barat letaknya yang tategis ditengah-tengah pulau Sumatera dengan iklim tropika basah mempunyai sumber daya lahan yang cukup untuk pengembangan tanaman hortikultura. Sumatera mempunyai lahan dataran rendah, dataran medium dan dataran tinggi yang sangat mendukung pengembangan tanaman hortikultura.

Dengan meningkatnya ekonomi dan kesadaran masyarakat akan gizi maka kebutuhan akan tanaman hortikultura semakin meningkat baik sayur-sayuran, buah-buahan, biofarmaka dan tanaman hias. Tanaman hortikultura mudah rusak tetapi selalu diminati dalam keadaan segar yang dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari.

Pengembangan tanaman hortikultura memiliki kendala dan tantangan serta faktor pendukung dalam pengembangannya. Faktor iklim dan penyediaan bibit dengan teknik kultur jaringan sangat mendukung pengembangan tanaman hortikultura di Sumatera Barat. Pengembangan tanaman hortikultura di Sumatera Barat mempunyai

prospek yang baik yang harus didukung oleh berbagai pihak seperti perguruan tinggi, pemerintah dan komunitas bidang pertanian secara bersama-sama berupaya untuk dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dan mampu bersaing dengan produk luar.

REFERENSI

- BMKG. 2019. <http://www.bmkg.go.id>. [diakases 17 Juli 2019 pukul 13:58]
- BPS. 2019. <https://www.bps.go.id/statictable/2017/02/09/1961/suhu-minimum-rata-rata-dan-maksimum-di-stasiun-pengamatan-bmkg-oc-2011-2015.html>. [diakses tanggal 18 Juli 2019 pukul 14:30 WIB].
- Direktorat Jendral Hortikultura. 2014. Pedoman teknis peningkatan produksi, produktivitas dan mutu produk hortikultura berkelanjutan. Direktorat Jendral Hortikultura 88p.
- Dirjen Horti. 2017. Program peningkatan produksi dan nilai tambah produks hortikultura tahun 2018. Direktorat Jendral Hortikultura Kementian Pertanian.
- Febrian MR. 2014. Pengaruh iklim terhadap tanaman, pertumbuhan tanaman, tanah dan OPT. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Negri Makasar.
- Husen SE, Isahartati, Ruhayat M & Juliati R. 2018. Produksi benih kentang melalui teknik in vitro. Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH 2018) di Universitas Widyagama Malang, 12 September 2018.
- Kasutjaningati, Sintya O, Wihartiningsih E & Prayitno FNU. 2018. Produksi benih kentang hasil umbi mikro dan stek mini pada dataran menengah di Jember. Aripriima 2(1):9-17.
- Kementrian Pertanian. 2011. Road Map Strategis Kementrian Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim (revisi). Badan Penelitian dan Pembangunan Pertanian : Kementan. 89 hal.
- Liu MNS & Madiono E. 2013. Pengelolaan dan pengembangan usaha hortikultura pada PT. Horti Bima Internasional. AGORA 1(1): 1-9.

- Mariska I. 2002. Perkembangan penelitian kultur in vitro pada tanaman industri, pangan dan hortikultura. Buletin AgroBio 5(2):45-50
- Mozafari A & Gerdakaneh M. 2012. Influence of media and growth regulators on regeneration and morphological characteristics of strawberry cvs Kurdistan and Merck (*Fragaria x ananassa* Duch.). International Journal of Plant Physiology and Biochemistry 4(5) 99-104.
- Nofrianinda V, Yulianti F & Agustina E. 2017. Pertumbuhan planlet stroberi (*Fragaria ananassa* D) Var. Dorit pada beberapa variasi media modifikasi in vitro di Balai Penelitian Jeruk dan Buah Subtropika (BALITJESTRO). BIOTROPIC 1(1):1-50
- Saputra RA, Nasrez A & Yulianti V. 2018. Efek perubahan zona agroklimat klasifikasi Oldeman 1910-1941 dengan 1985-2015 terhadap pola tanam padi Sumatera Barat. Jurnal Tanah dan Iklim 42(2):125-133
- Syukur, M. 2012. Cabai Prospek Bisnis dan Teknologi Mancanegara. Agriflo: Depok. 197 hal.
- Takama T, Aldrian E, Kusumaningtyas SD & Sulistya W. 2017. Identified vulnerability contexts for a paddy production assessment with climate change in Bali, Indonesia. Climate and Development, 9(2).
- Tryharyanto E & Sutrisno J. 2015. penerapan bibit kultur jaringan pada kelompok tani di Desa Pancot Tawangmangu. FKB 17(9) :27 - 35.
- Warnita. 2008. Modifikasi media pengumbian kentang (*solanum tuberosum* l.) dengan beberapa zat penghambat tumbuh. Jerami Jurnal Agronomi Indonesia. 1(1) : 50 - 53.
- Winarto, B. 2016. Teknologi perbanyak *phalaenopsis* secara in vitro menggunakan rachis bunga sebagai sumber eksplan. Iptek Hortikultura 12: 1-6
- Wirjohamidjojo S & Swarinoto, YS. 2007. Praktek meteorologi pertanian. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 214 hal.
- Yusnita. 2015. Kultur jaringan tanaman pisang. Aura Publishing. Bandar Lampung. 104 hal.

Zebrowska J. 2004, Micropopagation in the strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) inbred lines. Food Agr & Environ 2:253-255.

V

Aspek Sosial Ekonomi Pertanian

- 5.1. Pertumbuhan Penduduk dan Dampaknya terhadap Ketersediaan Lahan Sawah di Sumatera Barat
- 5.2. Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan Dan Perencanaan Lahan
- 5.3. Modal Sosial Mengikat (Bonding Social Capital) Usaha Mikro Kecil Menengah Kota Padang Sumatera Barat

Pertumbuhan Penduduk dan Dampaknya Terhadap Ketersediaan Lahan Sawah di Sumatera Barat

Rahmat Syahni dan Rusda Khairati

*Guru Besar Statistika dan Dosen Ekonomi Pertanian pada Jurusan Sosial
Ekonomi Pertanian*

Fakultas Pertanian Universitas Andalas

*e-mail: rsyahni@agr.unand.ac.id; rsyahni@yahoo.com;
rusdakhairati@agr.unand.ac.id; rusdakhairati@yahoo.co.id*

I. PENDAHULUAN

Sumatera Barat yang dilalui khatulistiwa dengan topografi yang bervariasi, dan sumber daya lahan dan air yang cukup, merupakan provinsi yang potensial untuk budi daya pertanian. Sampai saat ini sektor pertanian masih mendominasi perekonomian Sumatera Barat. Menurut BPS (2019) kontribusi sektor pertanian terhadap PDRB Sumatera Barat pada tahun 2018 adalah sebesar 23,16%, sehingga sektor pertanian masih tetap menjadi sektor yang strategis bagi perekonomian Sumatera Barat. Namun demikian kontribusi tersebut secara gradual sudah mulai menurun dimana pada tahun 2006 kontribusi sektor pertanian masih sebesar 25,26% (BPS, 2007). Dalam jangka panjang penurunan ini akan berakumulasi semakin besar sehingga dikhawatirkan sektor pertanian tidak lagi menjadi sektor andalan dalam perekonomian Sumatera Barat, sementara sebahagian besar masyarakat masih menggantungkan hidupnya pada sektor ini.

Menurunnya kontribusi sektor pertanian dalam PDRB Sumatera Barat disebabkan oleh banyak faktor. Salah satu diantaranya adalah berkurangnya lahan pertanian akibat terjadinya alih fungsi

lahan dari pertanian ke non pertanian. Alih fungsi lahan merupakan proses transformasi alokasi sumber daya lahan dari satu penggunaan ke penggunaan lainnya (Kustiwan, 1997). Lahan pertanian yang terbesar mengalami alih fungsi adalah lahan sawah (Isa, 2004). Menurut BPS (2007) luas lahan sawah di Sumatera Barat pada tahun 2006 tercatat seluas 244.184 ha, namun pada tahun 2018 sudah berkurang menjadi 230.098 ha (BPS, 2019). Berarti dalam jangka waktu 12 tahun terakhir telah terjadi alih fungsi lahan sawah di Sumatera Barat seluas 14.086 ha atau seluas 1.173 ha per tahun. Hal ini merupakan ancaman yang serius bagi ketahanan pangan bila tidak dilakukan upaya-upaya pengendalian alih fungsi lahan karena peningkatan alih fungsi lahan akan berdampak terhadap penurunan produktivitas pangan, yang pada akhirnya berdampak terhadap ketahanan pangan.

Alih fungsi lahan disebabkan oleh faktor-faktor yang secara umum berasal dari keperluan untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang makin bertambah disertai oleh meningkatnya tuntutan akan mutu kehidupan yang lebih baik. Diantara kebutuhan penduduk yang utama terkait dengan lahan adalah kebutuhan terhadap lahan pertanian, lahan perumahan, jalan, industri, dan fasilitas publik lainnya. Kebutuhan ini selalu bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya pendapatan masyarakat. Tulisan ini akan melihat bagaimana perkembangan penduduk dan dampaknya terhadap ketersediaan lahan pertanian, khususnya sawah, di Sumatera Barat.

II. ALIH FUNGSI LAHAN PERTANIAN DAN FAKTOR PENYEBABNYA

Alih fungsi lahan merupakan masalah yang sangat serius di Indonesia. Terjadinya alih fungsi lahan merupakan situasi yang sulit dihindari. Namun akibatnya sangat besar terhadap produksi pangan. Alih fungsi lahan sawah menyebabkan potensi kehilangan pangan yang tinggi tiap tahun akibat berkurangnya luas tanam. Secara umum alih fungsi lahan sawah lebih banyak terjadi pada provinsi atau

kabupaten/kota yang memiliki tingkat pertumbuhan ekonomi dan penduduk yang relatif tinggi, serta kabupaten-kabupaten yang merupakan penyangga pusat-pusat pertumbuhan (Irawan dan Friyatno, 2002). Dari sekian banyak masalah lahan basah di Indonesia, alih fungsi lahan merupakan masalah yang paling mengkhawatirkan, terutama untuk lahan sawah. Data dari Kementerian ATR/BPN menunjukkan pada 2018 luas baku sawah di Indonesia tinggal 7,1 juta ha atau turun dibandingkan tahun 2013 yang masih 7,75 juta ha (Nugroho, 2019).

Menurut Irawan (2005), alih fungsi lahan pada dasarnya terjadi akibat adanya persaingan dalam pemanfaatan lahan antara sektor pertanian dan sektor non pertanian. Sedangkan persaingan dalam pemanfaatan lahan tersebut muncul akibat adanya tiga fenomena ekonomi dan sosial, yaitu keterbatasan sumber daya lahan, pertumbuhan penduduk, dan pertumbuhan ekonomi. Dengan meningkatnya kelangkaan lahan akibat pertumbuhan penduduk yang dibarengi dengan peningkatan permintaan lahan yang relatif tinggi untuk kegiatan non pertanian yang disebabkan oleh pertumbuhan ekonomi, mengakibatkan terjadinya konversi lahan pertanian. Di sisi lain luas lahan yang tersedia relatif terbatas, sehingga pertumbuhan penduduk akan meningkatkan kelangkaan lahan yang dapat dialokasikan untuk kegiatan pertanian dan non pertanian. Sementara itu pertumbuhan ekonomi cenderung mendorong permintaan lahan untuk kegiatan non pertanian pada laju yang lebih tinggi dibanding permintaan lahan untuk kegiatan pertanian.

Menurut Kustiwan & Sumaryanto (dalam Mardianto, 2014), faktor-faktor yang mempengaruhi alih fungsi lahan pertanian diantaranya adalah pertumbuhan penduduk, kebutuhan untuk kegiatan non pertanian, faktor ekonomi, faktor sosial budaya, degradasi lingkungan, otonomi daerah dan lemahnya sistem perundang undangan yang dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu faktor eksternal rumah tangga petani, faktor internal rumah tangga petani, dan faktor kebijakan. Faktor eksternal yang mendorong terjadinya konversi lahan sawah ke penggunaan non pertanian adalah

dinamika pertumbuhan perkotaan secara fisik maupun spasial, demografis dan ekonomi serta degradasi lingkungan. Faktor internal menyangkut kondisi sosial ekonomi rumah tangga pertanian yang mendorong petani pengguna lahan sawah untuk melepas kepemilikan atau penggunaan lahannya. Petani akan mudah mengonversikan lahannya menjadi bentuk pemanfaatan lain, jika produktivitas lahannya semakin menurun serta kecilnya modal untuk membiayai proses produksi pertanian. Sedangkan faktor kebijakan termasuk deregulasi investasi dan perizinan berupa kemudahan dalam pemberian izin investasi dan lokasi, kebijakan pembangunan pemukiman, serta kebijakan privatisasi pembangunan kawasan industri.

Pasandaran (2006) menjelaskan paling tidak ada tiga faktor, baik sendiri-sendiri maupun bersama-sama yang merupakan determinan konversi lahan sawah, yaitu: kelangkaan sumber daya lahan dan air, dinamika pembangunan, dan peningkatan jumlah penduduk. Pakpahan (1993) membagi faktor yang mempengaruhi konversi lahan dalam kaitannya dengan petani, yakni faktor tidak langsung dan faktor langsung. Faktor tidak langsung antara lain perubahan struktur ekonomi, pertumbuhan penduduk, arus urbanisasi dan konsistensi implementasi rencana tata ruang. Sedangkan faktor langsung dipengaruhi oleh pertumbuhan pembangunan sarana transportasi, pertumbuhan kebutuhan lahan untuk industri, pertumbuhan sarana pemukiman dan sebaran lahan sawah.

Menurut Panuju (1994), terjadinya pergeseran penggunaan lahan disuatu wilayah disebabkan oleh terjadinya konversi struktural di wilayah tersebut. Peningkatan jumlah dan kepadatan penduduk yang merupakan ciri dari konversi struktural menyebabkan meningkatnya kebutuhan lahan untuk mendukung pengembangan. Semakin tinggi kebutuhan untuk pemukiman, sarana pelayanan serta industri akan menurunkan struktur penggunaan yang lain pada batasan tertentu.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi konversi lahan sawah di tingkat petani, sebagaimana dikemukakan oleh Rusastra & Budi (1997) adalah pilihan alokasi sumber daya melalui transaksi yang

dipengaruhi oleh kondisi sosial ekonomi petani seperti tingkat pendidikan, pendapatan dan kemampuan ekonomi secara keseluruhan serta pajak tanah, harga tanah dan lokasi tanah.

III. PERTUMBUHAN PENDUDUK SEBAGAI PENYEBAB ALIH FUNGSI LAHAN PERTANIAN

Masalah pertumbuhan penduduk merupakan permasalahan yang terkait dengan banyak sektor. Pertumbuhan penduduk yang tinggi akan menyebabkan masalah dalam berbagai sektor. Pentingnya pembahasan masalah penduduk dapat diketahui dari kajian tentang kependudukan yang sudah dimulai sejak abad sebelum Masehi. Konfusius 500 tahun sebelum Masehi telah membahas hubungan jumlah penduduk dengan kesejahteraan masyarakat. Menurutnya jumlah penduduk yang terlampau tinggi akan menekan standar hidup masyarakat, terutama bila dikaitkan dengan luas lahan pertanian yang tersedia (Adioetomo, 2010).

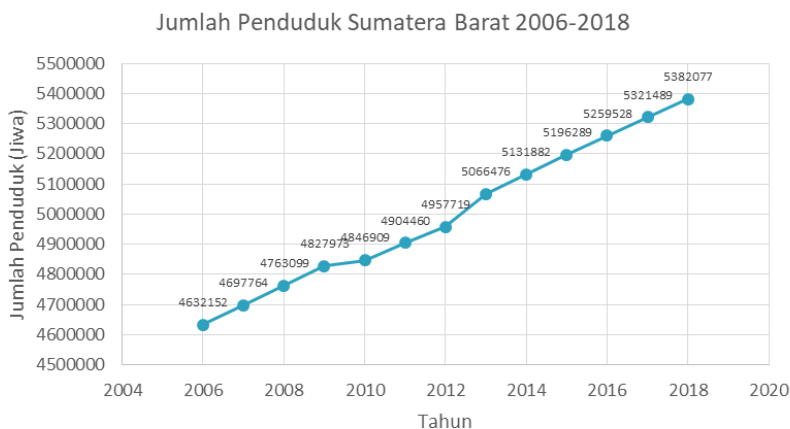
Pertumbuhan penduduk dipengaruhi oleh tingkat kelahiran, kematian, dan perpindahan penduduk. Kecepatan pertumbuhan penduduk telah dikemukakan oleh Thomas Maltus pada abad ke 19, bahwa kecepatan perkembangbiakan manusia jauh lebih cepat dibandingkan dengan kecepatan pertumbuhan bahan pangan yang diproduksi dari lahan yang tersedia. Pertumbuhan penduduk mengikuti deret ukur sedangkan pertumbuhan ketersediaan pangan mengikuti deret hitung. Indonesia termasuk negara dengan jumlah penduduk yang besar dan tingkat pertumbuhan penduduk yang tinggi. Pada saat ini Indonesia berada pada urutan keempat dari negara-negara berpenduduk terbanyak di dunia setelah China, India, dan Amerika Serikat.

Aspek kependudukan merupakan aspek paling mendasar dalam pembangunan, dimana secara universal penduduk merupakan subjek dan sekaligus objek pembangunan. Masalah pertumbuhan penduduk pada berbagai studi selalu disebutkan sebagai faktor pemicu terjadinya alih fungsi lahan. Dalam konteks ketersediaan lahan pertanian, pertumbuhan penduduk telah memicu meningkatnya kebutuhan akan

lahan pertanian untuk memenuhi kebutuhan pangan, khususnya beras. Namun pada saat yang bersamaan kebutuhan akan perumahan, industri, dan fasilitas publik juga memicu permintaan akan kebutuhan lahan, pada akhirnya juga bermuara pada lahan pertanian. Tidak dapat dipungkiri bahwa pertambahan jumlah penduduk telah memicu terjadinya alih fungsi lahan pertanian. Sesuai dengan hasil-hasil kajian tersebut di atas, terjadinya alih fungsi lahan pertanian tentunya tidak langsung disebabkan oleh pertambahan jumlah penduduk secara sendiri, namun terjadi bersama sama dengan faktor lain.

IV. PERTUMBUHAN PENDUDUK SUMATERA BARAT

Perkembangan jumlah penduduk Sumatera Barat dari tahun 2006 sampai tahun 2018 dapat dilihat pada Gambar 33.



Gambar 33. Perkembangan Jumlah Penduduk Provinsi Sumatera Barat (BPS Sumatera Barat)

Dari Gambar 33 terlihat tren perkembangan jumlah penduduk yang selalu meningkat setiap tahun. Pada tahun 2006 penduduk Sumatera Barat masih berjumlah 4.632.152. Dalam waktu dua belas tahun terakhir telah bertambah sebanyak 749.925 jiwa atau rata-rata 62.494 jiwa setiap tahun. Pertambahan terbanyak terjadi di kota

Padang, yaitu rata-rata bertambah 9.946 jiwa setiap tahun. Demikian juga di kabupaten Pasaman Barat bertambah sebanyak 9.438 jiwa setiap tahun, di kabupaten Dharmasraya sebanyak 5.935 jiwa, dan di kabupaten Agam sebanyak 5.096 jiwa setiap tahun (Tabel 31). Salah satu penyebab tingginya laju pertumbuhan penduduk (LPP) Sumatera Barat adalah masih tingginya angka kelahiran per perempuan usia produktif atau *Total Fertility Rate* (TFR). Pada tahun 2017 TFR Sumatera Barat sebesar 2,5 yang masih lebih tinggi dari TFR nasional sebesar 2,4 kelahiran (BKKBN, 2017).

Tabel 31. Pertambahan Jumlah Penduduk Sumatera Barat Menurut

No	Kab/Kota	Jumlah Penduduk Tahun 2006 (Jiwa)	Jumlah Penduduk Tahun 2018 (Jiwa)	Pertambahan Jumlah Penduduk 2006-2018		Pertambahan/tahun (jiwa)
				Jiwa	%	
1	Kep.Mentawai	66.332	90.373	24.041	36.24	2.003
2	Pesisir Selatan	429.647	460.716	31.069	7.23	2.589
3	Solok	347.288	371.105	23.817	6.86	1.985
4	Sijunjung	192.997	233.810	40.813	21.15	3.401
5	Tanah Datar	334.258	347.407	13.149	3.93	1.096
6	Padang Pariaman	381.803	413.272	31.469	8.24	2.622
7	Agam	426.767	487.914	61.147	14.33	5.096
8	Lima Puluh Kota	327.203	379.514	52.311	15.99	4.359
9	Pasaman	248.930	278.480	29.550	11.87	2.463
10	Solok Selatan	128.614	168.411	39.797	30.94	3.316
11	Dharmasraya	170.347	241.571	71.224	41.81	5.935
12	Pasaman Barat	322.356	435.612	113.256	35.13	9.438
13	Padang	819.765	939.112	119.347	14.56	9.946
14	Solok	55.784	69.776	13.992	25.08	1.166
15	Sawahlunto	53.327	61.898	8.571	16.07	0.714
16	Padang Panjang	49.779	52.994	3.215	6.46	0.268
17	Bukittinggi	102.515	128.783	26.268	25.62	2.189
18	Payakumbuh	104.084	133.703	29.619	28.46	2.468
19	Pariaman	70.356	87.626	17.270	24.55	1.439
Sumatera Barat		4.632.152	5.382.077	749.925	16.19	62.494

Sumber: BPS Sumatera Barat

V. PERKEMBANGAN KETERSEDIAAN LAHAN SAWAH DI SUMATERA BARAT

Ketersediaan lahan sawah adalah total luas lahan sawah yang tersedia dikurangi dengan luas lahan yang telah beralih fungsi menjadi lahan non sawah pada tahun yang bersangkutan. Perkembangan ketersediaan lahan sawah di Sumatera Barat selama dua belas tahun terakhir dapat dilihat pada Gambar 34. Pada gambar tersebut terlihat bahwa luas lahan sawah di Sumatera Barat cenderung menurun. Terdapat peningkatan pada tahun-tahun tertentu akibat adanya pembukaan sawah baru dalam rangka menunjang program swasembada pangan. Namun pencetakan sawah tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap tendensi penurunan lahan sawah yang tetap berlanjut.



Sumber: BPS Sumatera Barat (data diolah)

Gambar 34. Perkembangan Luas Lahan Sawah di Sumatera Barat Tahun 2006-2018

Alih fungsi lahan pertanian tercermin dari penurunan luas lahan pertanian yang tersedia untuk produksi pertanian dari tahun ke tahun. Semakin tinggi alih fungsi lahan, semakin berkurang ketersediaan lahan untuk produksi pertanian. Dari tahun 2006 sampai 2008 terjadi alih fungsi lahan yang cukup besar. Dalam periode ini terjadi penurunan lahan sawah seluas 8.232 Ha. Sejak tahun 2008 alih fungsi ini dapat diimbangi dengan adanya pencetakan sawah baru sampai tahun 2011. Namun sejak tahun 2011, penurunan ini tidak terimbangi lagi oleh pembukaan sawah baru (Gambar 34).

Pada Tabel 32 dapat dilihat bahwa dalam periode 2006-2018 telah terjadi penurunan luas lahan sawah sebesar 14.086 Ha dari 244.184 ha pada tahun 2006 menjadi 230.098 ha pada tahun 2018. Hal ini menunjukkan telah terjadi pengurangan ketersediaan lahan sawah di Sumatera Barat secara rata-rata sekitar 1.400 Ha setiap tahun. Sementara jumlah penduduk dalam dua belas tahun terakhir telah bertambah sebanyak 749.925 jiwa atau secara rata-rata bertambah sebanyak 62.493 jiwa setiap tahun. Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan penduduk bertolak belakang dengan perkembangan ketersediaan lahan, dimana penduduk selalu bertambah, sementara lahan sawah selalu berkurang setiap tahun.

Dari tabel tersebut dapat dilihat terjadinya penurunan luas lahan sawah yang bervariasi pada daerah kabupaten/kota dimana penurunan luas terbesar terjadi di kabupaten Pesisir Selatan seluas 5.524 Ha, kabupaten Sijunjung seluas 2.253 Ha, kabupaten Pasaman Barat seluas 1.605 Ha, kabupaten Solok seluas 1.598 Ha, dan kabupaten Agam seluas 1.547 Ha. Sementara di kabupaten Solok Selatan terjadi kenaikan luas lahan seluas 1.693 Ha dan di kabupaten Lima Puluh Kota seluas 1.616 Ha.

Tabel 32. Perubahan Luas Lahan Sawah di Sumatera Barat Menurut Kabupaten/Kota Tahun 2006 dan 2018

No	Kab/ Kota	Lahan Sawah Tahun 2006 (Ha)	Lahan sawah Tahun 2018 (Ha)	Perubahan Lahan Sawah 2006-2018		Perubahan/ Tahun (Ha)
				Ha	%	
1	Kep Mentawai	2.647	2.096	-551	-20.816	-45,9
2	Pesisir Selatan	35.940	30.416	-5.524	-15.370	-460,3
3	Solok	25.037	23.439	-1.598	-6.383	-133,2
4	Sijunjung	12.473	10.220	-2.253	-18.063	-187,8
5	Tanah Datar	23.025	22.944	-81	-0.352	-6,8
6	Padang Pariaman	24.091	22.856	-1.235	-5.126	-102,9
7	Agam	28.824	27.277	-1.547	-5.367	-128,9
8	Lima Puluh Kota	22.223	23.838	1.615	7.267	134,6
9	Pasaman	22.540	21.581	-959	-4.255	-79,9
10	Solok Selatan	8.522	10.225	1.693	19.843	141,1
11	Dharmasr aya	7.869	6.785	-1.084	-13.776	-90,3
12	Pasaman Barat	14.790	13.185	-1.605	-10.852	-133,8

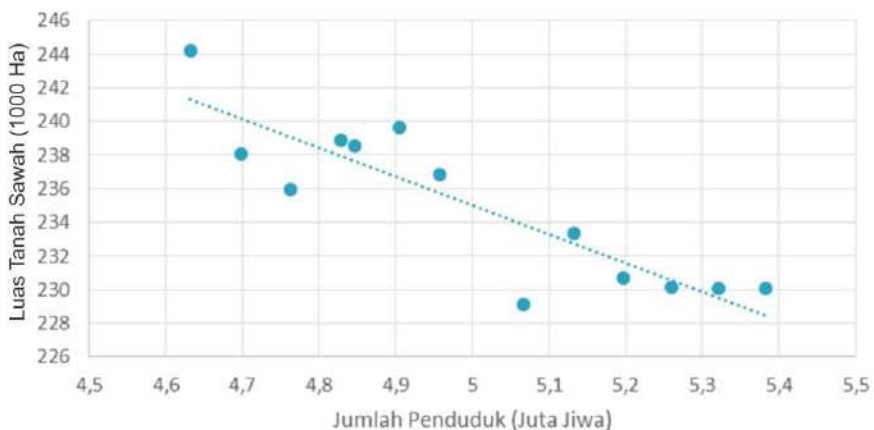
Tabel (lanjutan)

No	Kab/ Kota	Lahan Sawah Tahun 2006 (Ha)	Lahan sawah Tahun 2018 (Ha)	Perubahan Lahan Sawah 2006-2018		Perubahan/ Tahun (Ha)
13	Padang	6.737	6.418	-319	-4.735	-26,6
14	Kota Solok	1.254	875	-379	-30.223	-31,6
15	Sawahlu nto	1.772	1.680	-92	-5.192	-7,7
16	Padang Panjang	690	630	-60	-8.696	-5,0
17	Bukittin ggi	401	389	-12	-2.993	-1,0
18	Payaku mbuh	2.675	2.751	76	2.841	6,3
19	Pariama n	2.664	2.493	171	-6.419	-14,3
Sumatera Barat		244.184	230.098	-14.086	-5.769	-1.173,8

Sumber: BPS Sumatera Barat

VI. DAMPAK PERTUMBUHAN PENDUDUK TERHADAP KETERSEDIAAN LAHAN SAWAH

Seperti telah dikemukakan sebelumnya bahwa banyak faktor yang mempengaruhi ketersediaan lahan sawah, antara lain adalah pertambahan jumlah penduduk, kebutuhan lahan untuk perumahan, kebutuhan lahan untuk pembangunan prasarana transportasi dan fasilitas publik lainnya, kebutuhan lahan untuk industri, percetakan sawah baru, dan pertumbuhan ekonomi. Berdasarkan data selama dua belas tahun terakhir diperoleh gambaran bahwa terdapat pengaruh jumlah penduduk terhadap luas lahan sawah di Sumatera Barat. Plot hubungan antara pertumbuhan penduduk dengan luas lahan sawah dalam periode 2006-2018 terdapat pada Gambar 35.



Gambar 35. Plot hubungan jumlah penduduk dan luas lahan di Sumatera Barat Tahun 2006-2018

Dari Gambar 35 di atas terlihat bahwa terjadi penurunan luas lahan sawah seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk mempunyai korelasi yang signifikan dengan penurunan luas lahan sawah di Sumatera Barat dengan koefisien korelasi sebesar $-0,881$. Hasil analisis regresi dengan koefisien regresi sebesar -17.153 menunjukkan

besarnya penurunan luas lahan sawah untuk setiap penambahan satu orang penduduk adalah sebesar 0,017 Ha atau 170 M², yang tentunya merupakan pengaruh tidak langsung.

Untuk melihat pengaruh jumlah penduduk bersama-sama dengan pendapatan penduduk terhadap ketersediaan lahan sawah dilakukan analisis lintas. Hasil analisis lintas pada beberapa kabupaten kota menunjukkan terjadinya alih fungsi lahan adalah akibat kebutuhan lahan untuk perumahan sebagai variabel antara. Pada beberapa daerah di Sumatera Barat, pertumbuhan penduduk dan pendapatan per kapita, secara tidak langsung, berpengaruh nyata terhadap penurunan luas lahan sawah melalui peningkatan lahan perumahan (Syahni, dkk, 2017). Hasil analisis ini perlu dikembangkan lebih lanjut pada kabupaten/kota lain untuk melihat variabel antara pengaruh pertumbuhan penduduk terhadap ketersediaan lahan sawah pada daerah-daerah yang bersangkutan.

VII. UPAYA MENGATASI ALIH FUNGSI LAHAN SAWAH

Ketersediaan lahan pertanian merupakan salah satu prasyarat ketersediaan produksi dan ketersediaan pangan. Lahan pertanian merupakan faktor produksi yang utama dan tidak dapat digantikan fungsinya dalam usaha pertanian (Djajus, 2009). Oleh karena itu ketersediaan lahan untuk usaha tani merupakan syarat mutlak untuk mewujudkan peran sektor pertanian secara berkelanjutan, terutama dalam mewujudkan ketahanan pangan nasional. Oleh karena itu, pelaksanaan pengendalian alih fungsi lahan sawah yang sudah dilakukan selama ini perlu dilaksanakan lebih intensif dan terintegrasi dengan semua pemangku kepentingan.

Dampak lebih lanjut dari alih fungsi lahan pertanian adalah terganggunya ketahanan pangan, yang merupakan salah satu tujuan pembangunan nasional. Menurut Sumaryanto dan Suhaeti (1999) dampak alih fungsi lahan dari aspek sosial ekonomi adalah kehilangan produksi pertanian dan nilai tambahnya, berkurangnya pendapatan dari sektor pertanian, hilangnya kesempatan kerja pertanian dan

pendapatan kerja yang dihasilkannya, tidak berfungsinya irigasi yang dibangun dengan biaya besar, timbulnya pencemaran dan degradasi lingkungan, dan hancurnya beberapa kelembagaan lokal yang selama ini menunjang pembangunan pertanian. Sementara itu, manfaat ekonomi yang diperoleh tidak memadai terutama bagi masyarakat setempat. Dalam konteks Sumatera Barat, sudah terlihat kota-kota di Sumatera Barat menghadapi kelebihan pertumbuhan penduduk dibandingkan pertumbuhan beberapa komoditi pangan penting, yaitu pada kota Padang, Solok, Sawahlunto, Padang Panjang, Bukittinggi, dan Payakumbuh (Khairati, 2012).

Berdasarkan hal hal yang telah diuraikan, upaya untuk mengatasi alih fungsi lahan haruslah bersifat integratif dari hulu ke hilir. Bila pertumbuhan penduduk merupakan pemicu terjadinya alih fungsi lahan melalui berbagai variabel antara, maka upaya mengatasi alih fungsi lahan harus dimulai dari pengendalian pertumbuhan penduduk, diikuti dengan pengendalian penggunaan lahan untuk perumahan, industri, dan fasilitas publik, penambahan luas lahan, serta kesadaran masyarakat tentang pentingnya mempertahankan lahan sawah. Bila pertumbuhan penduduk yang berada di hulu tidak dikendalikan, maka upaya penahanan alih fungsi lahan yang berada di hilir tidak akan memberikan solusi terhadap permasalahan ketersediaan lahan sawah bagi ketahanan pangan penduduk. Kebijakan-kebijakan tersebut dapat diuraikan sebagai berikut:

1) Pengendalian Pertumbuhan Penduduk

Pengendalian pertumbuhan penduduk adalah upaya membatasi pertumbuhan penduduk dengan mengendalikan jumlah kelahiran. Selama pertumbuhan penduduk tidak dikendalikan, maka jumlah penduduk yang selalu bertambah setiap tahun akan selalu mengancam ketersediaan lahan pertanian. Pengendalian pertumbuhan penduduk dapat dilakukan dengan berbagai kebijakan dan program yang ditujukan untuk menurunkan angka kelahiran total (TFR), yaitu ukuran yang menggambarkan rata-rata jumlah anak yang dilahirkan oleh seorang wanita dalam usia produktifnya.

Pengendalian penduduk merupakan upaya yang ditempuh menuju penduduk yang tumbuh seimbang dengan target TFR sebesar 2,1. Pencapaian target tersebut haruslah dipandang sebagai upaya bersama semua pihak yang dapat ditempuh melalui kebijakan pembangunan yang berwawasan kependudukan. Pembangunan berwawasan kependudukan (*people centered development*) adalah upaya pembangunan yang sesuai dengan potensi dan kondisi penduduk yang ada, dimana penduduk harus dijadikan sebagai titik sentral dalam proses pembangunan (BKKBN, 2015). Pembangunan berwawasan kependudukan haruslah dipahami sebagai tanggung jawab semua sektor, termasuk sektor pertanian. Bila pemahaman tentang pembangunan berwawasan kependudukan dapat diintegrasikan ke dalam perencanaan pembangunan semua sektor, maka upaya pengendalian penduduk dapat diwujudkan, sehingga berbagai permasalahan, termasuk alih fungsi lahan dapat ditanggulangi.

2) Pengendalian Lahan Untuk Perumahan, Industri, dan Fasilitas Publik

Untuk mengatasi besarnya alih fungsi lahan pertanian khususnya lahan sawah ke lahan non pertanian dibutuhkan kebijakan yang efektif menahan alih fungsi lahan pertanian baik untuk kebutuhan pemukiman maupun untuk kebutuhan fasilitas publik. Menurut Isa (2008) kebijakan yang dapat ditempuh dalam mengatasi alih fungsi lahan adalah memperkecil terjadinya peluang konversi lahan dan memperkecil terjadinya kegiatan konversi lahan. Upaya memperkecil terjadinya peluang konversi dapat dilakukan dari dua sisi, yaitu dari sisi penawaran berupa insentif kepada pemilik sawah yang berpotensi diubah, dan dari sisi permintaan pengendalian konversi melalui pengembangan pajak lahan yang progresif; peningkatan kebutuhan lahan untuk non pertanian sehingga tidak ada lahan terlantar, dan pengembangan prinsip hemat lahan untuk industri, perumahan dan perdagangan, misalnya dengan pembangunan vertikal.

3) Percepatan Penetapan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan

Penetapan lahan pertanian pangan berkelanjutan merupakan amanat Undang-Undang Nomor 41 tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan, Peraturan Pemerintah No. 1 Tahun 2011 tentang Penetapan dan Alih Fungsi Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan dan Peraturan Pemerintah Nomor 12 Tahun 2012 tentang Insentif Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan. Lahan pertanian pangan berkelanjutan (LP2B) merupakan bidang lahan pertanian yang ditetapkan untuk dilindungi dan dikembangkan secara konsisten guna menghasilkan pangan pokok bagi kemandirian, ketahanan, dan kedaulatan pangan nasional. Lahan LP2B yang telah ditetapkan tidak dapat dialih fungsikan, kecuali untuk kepentingan umum yang tidak dapat dihindari atau terjadi akibat bencana alam. Penetapan lahan pertanian pangan berkelanjutan sudah berjalan 10 tahun, namun pelaksanaannya di daerah masih bermasalah. Penetapan ini perlu dipercepat untuk menghindari proses alih fungsi lahan yang masih tetap berlangsung.

4) Penajaman Rencana Tata Ruang Wilayah

Sehubungan dengan Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Tata Ruang dan Undang-undang No 41 Tahun 2009 tentang perlindungan lahan pertanian berkelanjutan perlu dilakukan peninjauan kembali dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) baik di Provinsi Sumatera Barat maupun di kabupaten/kota, sesuai dengan aturan yang berlaku. Kebijakan yang terkait dengan penggunaan lahan untuk pertanian harus dimuat dalam rencana tata ruang yang telah mengalami revisi. Kebijakan ini dipertajam dengan peraturan-peraturan daerah terutama yang berkaitan dengan penggunaan lahan pertanian dan penerapan sanksi yang tegas terhadap pelanggar penggunaan ruang yang tidak sesuai dengan ketentuan perundangan.

5) Percepatan Penyusunan Rencana Detail Tata Ruang Daerah

Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) merupakan penjabaran dari rencana umum tata ruang wilayah ke dalam distribusi pemanfaatan ruang dan bangunan serta bukan bangunan pada kawasan tertentu. RDTR mempunyai fungsi untuk mengatur dan menata kegiatan fungsional yang direncanakan oleh perencana ruang di atasnya dalam mewujudkan ruang yang serasi, seimbang, aman, nyaman, dan produktif. Muatan dalam RDTR merupakan kegiatan berskala kawasan atau lokal dan lingkungan dan atau kegiatan khusus yang mendesak dalam pemenuhan kebutuhan daerah tersebut. Dengan adanya RDTR dalam skala yang lebih besar, pemegang kebijakan akan lebih mudah mengawasi terjadinya alih fungsi lahan, dan pencegahan pelanggaran dapat dilakukan secara dini.

6) Pemanfaatan Sawah Bukaian Baru

Pembukaan sawah baru merupakan salah satu kebijakan ekstensifikasi dalam mempertahankan lahan pertanian dalam rangka mencapai swasembada pangan. Kebijakan ini ditempuh sebagai solusi untuk mempertahankan luasan lahan pertanian agar tidak berkurang akibat desakan kebutuhan pembangunan yang tidak dapat dihindari. Pembukaan sawah baru sebagai pengganti lahan sawah yang terpakai untuk kebutuhan pembangunan juga dilakukan sesuai dengan persyaratan tertentu. Kebijakan yang telah dilakukan pemerintah selama ini perlu dilanjutkan dan dimanfaatkan secara optimal sehingga lahan sawah yang telah dicetak tidak beralih fungsi lagi menjadi penggunaan lahan pertanian bukan sawah atau non pertanian.

7) Peningkatan Kesadaran Masyarakat

Kebijakan yang diimplementasikan oleh pemerintah dalam mempertahankan ketersediaan lahan sawah pada prinsipnya tidak dapat dilaksanakan secara sepihak tanpa partisipasi masyarakat karena lahan sawah adalah aset individual atau komunal. Oleh sebab itu implementasi kebijakan yang dijalankan oleh pemerintah memerlukan pemahaman dan kesadaran yang tinggi oleh masyarakat. Pemerintah

perlu melakukan sosialisasi dan pendekatan yang intensif kepada masyarakat mengenai kebijakan yang ditempuh sehingga masyarakat memahami dan menyadari betapa pentingnya upaya mempertahankan lahan sawah sebagai sumber pangan bagi masyarakat sendiri.

VIII. PENUTUP

Dari berbagai uraian diatas dapat disimpulkan bahwa dalam periode 2006-2018 telah terjadi penambahan penduduk Sumatera Barat sebanyak 749.925 jiwa dari 4.632.152 jiwa menjadi 5.382.077 jiwa atau sebanyak 62.494 jiwa per tahun. Sementara pada periode yang sama telah terjadi penurunan ketersediaan lahan sawah akibat alih fungsi lahan seluas 14.086 Ha dari 244.184 Ha menjadi 230.098 Ha atau seluas 1.174 Ha setiap tahun. Pertumbuhan penduduk berdampak signifikan terhadap penurunan ketersediaan lahan sawah. Di beberapa daerah di Sumatera Barat pertumbuhan penduduk dan peningkatan pendapatan telah berdampak terhadap penurunan ketersediaan lahan sawah melalui peningkatan lahan perumahan. Upaya untuk mempertahankan ketersediaan lahan sawah haruslah dilakukan secara terintegrasi mulai dari kebijakan pengendalian pertumbuhan penduduk; pengendalian lahan perumahan, industri, dan fasilitas publik; percepatan penetapan lahan pertanian pangan berkelanjutan; penajaman RTRW; percepatan penyusunan RDTR, pemanfaatan sawah bukaan baru; sampai kepada peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya mempertahankan lahan sawah.

REFERENSI

- Adioetomo SM. 2010. Dasar dasar Demografi. Lembaga Demografi Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional. 2015. Rencana Strategis Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional 2015-2019. BKKBN, Jakarta
- Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional, Badan Pusat Statistik dan Kementerian Kesehatan. 2017. Survei Demografi dan Kesehatan Indonesia. Jakarta.

- Badan Pusat Statistik Sumatera Barat. 2007-2019. Sumatera Barat Dalam Angka 2007-2019.
- Irawan B. 2005. Konversi Lahan Sawah: Potensi Dampak, Pola Pemanfaatannya, dan Faktor Determinan". Forum Penelitian Agro Ekonomi Vol. 23 No. 1, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian. Bogor.
- Irawan B & Friyatno S. 2002. Dampak Konversi Lahan Sawah di Jawa Terhadap Produksi Beras dan Kebijakan Pengendaliannya. Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian dan Agribisnis, SOCA: 2(2). Fakultas Pertanian Universitas Udayana, Denpasar.
- Isa I. 2004. Strategi dan Kebijakan Alih Fungsi Lahan. Badan Pertanahan Nasional, Jakarta.
- Isa I. 2008. Penataan Ruang dalam Perspektif Pertanahan. Buletin Penataan Ruang Edisi Maret-April 2008. <http://buletin.penataanruang.net>.
- Khairati R. 2014. Perbandingan pertumbuhan produksi pangan dan pertumbuhan penduduk di kota-kota Sumatera Barat. Jurnal KBP Volume 2- No.1, Maret 2014.
- Kustiwan I. 1997. Permasalahan konversi lahan pertanian dan implikasinya terhadap penataan ruang wilayah (studi kasus, wilayah Pantura Jawa Barat). Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota Volume 8(1):
- Mardianto. 2014. Analisis konversi lahan sawah di kota Solok. Tesis Pascasarjana. Program Studi Ilmu Ekonomi Pertanian. Program Pascasarjana Universitas Andalas.
- Nugroho, A. D. 2019. Indonesia darurat lahan pangan? DetikNews tanggal 7 Februari 2019. <https://news.detik.com/kolom/d-4417591/> [diunduh 27 Agustus 2019].
- Pakpahan A. 1993. Analisis kebijakan konversi lahan sawah ke penggunaan non pertanian. Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian, Bogor.
- Panuju TI. 2012. Mempertahankan tanah agraris. Buletin Penataan Ruang edisi Maret-April 2012. Direktorat Perluasan dan Pengelolaan Lahan, Kementerian Pertanian, Jakarta.

- Pasandaran E. 2006. Alternatif kebijakan pengendalian konversi lahan sawah beririgasi di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 25(4):
- Rusastra IW & Budhi GS. 1997. Konversi lahan pertanian dan strategi antisipatif dalam penanggulangannya. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. XVI(4):107 – 113. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, Bogor.
- Sumaryanto & Suhaeti RN. 1999. Assesment of losses related to irrigated low land conversion, Pusat Penelitian Sosial dan Ekonomi Pertanian, Balitbang Pertanian, Jakarta.
- Syahni R, Mahdi, Khairati R, Paloma C & Khalida. 2017. Kajian dampak pertambahan penduduk terhadap ketersediaan lahan pertanian di Sumatera Barat. BKKBN Perwakilan Sumatera Barat, Padang.
- Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
- Undang-Undang Nomor 41 Tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan.

Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan Dan Perencanaan Lahan

Melinda Noer

*Guru Besar Perencanaan Wilayah pada Jurusan Sosial Ekonomi
Fakultas Pertanian Universitas Andalas
e-mail: melindanoer@agr.unand.ac.id; melindanoer@gmail.com*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laju peningkatan jumlah penduduk berdampak langsung terhadap laju permintaan kebutuhan pangan yang tinggi pula. Oleh karena itu pemenuhan kebutuhan pangan harus diiringi dengan peningkatan jumlah produksi pangan dan bahan baku pangan. Laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,8% pertahun pada tahun 2011-2020 dan diperkirakan menurun menjadi 0,8% pada tahun 2021-2030, maka jumlah penduduk diprediksi mencapai 425 juta jiwa tahun 2030. Dengan kebutuhan konsumsi pangan utama yaitu beras, rata rata 139 kg/jiwa/tahun, maka akan dibutuhkan pasokan beras sebesar 59 juta ton. Menurut prediksi kita akan kekurangan beras sebesar 1,09 juta ton pada tahun 2020, dan menjadi 12,25 juta ton pada tahun 2045 (Subagio *et al.*, 2015).

Sebagai kebutuhan dasar hidup manusia, pangan pokok di negara kita berasal dari tanaman bijian-bijian terutama tanaman padi, dan umbi-umbian antara lain tanaman jagung, kentang, ubi jalar, dan ubi ketela. Sampai saat ini kebutuhan pangan dipenuhi dari produk hasil panen komoditi sektor pertanian yang melalui penanganan hasil panen atau diolah untuk dapat dikonsumsi sebagai produk pangan. Sebagai komoditi pertanian, tanaman pangan membutuhkan

karakteristik lahan, terutama iklim dan jenis tanah yang sesuai untuk pertumbuhannya agar memberikan hasil yang baik. Khusus pangan utama yaitu beras, yang berasal dari tanaman padi, budidayanya membutuhkan lahan dengan teknologi dan pengelolaan pengairan (irigasi) yang baik sebagai lahan basah atau sawah, supaya padi dapat tumbuh subur dan memberikan hasil panen optimal. Walaupun padi bukan tergolong ke dalam tanaman air, tetapi tanaman padi membutuhkan air dengan jumlah tertentu pada waktu tertentu sesuai umur tanaman pada masa pertumbuhan.

Khusus lahan sawah yang membutuhkan sistem pengairan yang baik (irigasi teknis dan setengah teknis), investasi pemerintah dalam penyediaan infrastruktur irigasi, seperti bendungan atau jaringan irigasi (teknis dan setengah teknis), termasuk biaya operasi dan pemeliharannya selama ini telah menghabiskan biaya pembangunan yang besar. Selama periode 2015-2019 Kementerian PUPR membangun 1 juta hektar jaringan irigasi baru dan merehabilitasi 3 juta hektar jaringan irigasi dengan tujuan untuk meningkatkan intensitas tanam padi sawah (Kementerian PUPR, 2019, berita PUPR).

Untuk memenuhi kebutuhan beras dalam negeri yang selalu meningkat, sejak lama pemerintah juga sudah melaksanakan program peningkatan produksi melalui program pencetakan sawah baru secara luas di seluruh daerah, termasuk di daerah provinsi Sumatera Barat. Alasan pencetakan sawah baru antara lain adalah karena lahan sawah yang ada tidak produktif lagi atau lahan menjadi kering sehingga produktifitas menurun, ketersediaan air dan/atau sumber air yang semakin berkurang, jaringan irigasi tidak berfungsi dengan baik, lahan yang berkurang kesuburannya, lahan rusak karena bencana alam, dan yang juga semakin meningkat adalah lahan beralih fungsi menjadi lahan non pertanian pangan atau menjadi lahan non pertanian.

Kebutuhan terhadap produk pangan yang selalu meningkat dari waktu ke waktu jelas berimplikasi kepada meningkatnya kebutuhan terhadap lahan pertanian pangan, baik berupa lahan kering maupun lahan basah atau sawah. Keberlanjutan lahan pertanian pangan sebagai sumber daya utama penghasil pangan sangat nyata

akan berpengaruh terhadap ketersediaan pangan. Kemandirian dan/atau kedaulatan pangan tidak akan mungkin diwujudkan apabila ketersediaan pangan sendiri tidak terpenuhi. Pangan merupakan komoditi penting yang memiliki fungsi multi-dimensi, yaitu dimensi sosial, ekonomi dan politik. Secara sosial, pangan adalah penting untuk pemenuhan kebutuhan dasar dan sumber energi utama bagi manusia untuk hidup berkualitas dan melanjutkan kehidupannya. Pangan juga menjadi komoditi ekonomi sebagai mata pencaharian masyarakat yang banyak terlibat di dalam sistem produksi pangan, mulai dari menghasilkan, mengolah dan memasarkannya. Selain itu, pangan juga adalah komoditi politik yang dapat mengancam stabilitas keamanan daerah apabila tidak tercukupkan kebutuhannya (kelaparan akan mendorong terjadinya kriminalitas). Oleh karena itu, keberadaan lahan pangan berkelanjutan sebagai lahan pertanian yang harus dilindungi sudah merupakan kebutuhan dan kepentingan publik yang harus direalisasikan karena melibatkan banyak pihak pelaku dan pemanfaat. Sehubungan dengan itu telah diundangkan Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan dengan UU No. 41 pada tahun 2009.

Namun demikian, keinginan pemerintah untuk melindungi lahan pertanian pangan agar berkelanjutan tidak dapat diselesaikan sendiri oleh satu sektor pertanian semata. Dalam konteks perencanaan wilayah dan pembangunan daerah, keberadaan lahan pertanian pangan berkelanjutan tidak hanya terkait dengan sektor pertanian saja, tetapi juga melibatkan banyak sektor lain di luar pertanian. Pertumbuhan jumlah penduduk juga telah mendorong tumbuhnya sektor-sektor lain dalam rangka memenuhi kebutuhan hidup penduduk yang selalu bertambah. Ketersediaan lahan pertanian pangan saat ini terdesak oleh peningkatan kebutuhan terhadap lahan di sektor non pertanian atau bahkan lahan non pangan, seperti kebutuhan lahan untuk perumahan dan permukiman, industri, penyediaan infrastruktur transportasi, kesehatan, pendidikan, dan/atau pelayanan publik lainnya. Sementara lahan sebagai sumber daya pembangunan tidak bertambah luasnya.

Dengan demikian, perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan membutuhkan perencanaan lahan (ruang) yang juga tersangkut dengan kepentingan lain dalam merencanakan lahan. Konten (ruang) untuk sektor non pertanian. Dalam konteks inilah diperlukan pemikiran bagaimana agar perencanaan lahan (keruangan) sektor pertanian (sub-sektor pangan) agar dapat berkelanjutan dan terintegrasi dengan perencanaan ruang sektor lainnya dalam perencanaan ruang wilayah yang lebih luas. Lahan pertanian yang sudah beralih fungsi menjadi lahan terbangun di sektor non pertanian, tentu tidak dapat dikembalikan menjadi lahan pertanian. Untuk dapat mempertahankan lahan agar fungsinya berkelanjutan diperlukan penataan ruang wilayah yang diikuti dengan perencanaan ruang, pemanfaatan, dan pengendalian ruang wilayah agar selalu sesuai dengan peruntukannya.

1.2 Fenomena Lahan Pertanian Pangan di Indonesia

Keinginan untuk mempertahankan keberlanjutan lahan pertanian pangan secara nasional sudah ditunjukkan oleh Pemerintah RI dengan diterbitkannya Undang-Undang Nomor 41 tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan. Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan dimaksud adalah bidang lahan pertanian yang ditetapkan untuk dilindungi dan dikembangkan secara konsisten guna menghasilkan pangan pokok bagi kemandirian, ketahanan, dan kedaulatan pangan nasional. Selanjutnya perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan adalah sistem dan proses dalam merencanakan dan menetapkan, mengembangkan, memanfaatkan dan membina, mengendalikan, dan mengawasi lahan pertanian pangan dan kawasannya secara berkelanjutan.

Namun demikian, fenomena lahan pertanian pangan secara nasional maupun di daerah provinsi dan kabupaten/kota dalam 10 tahun terakhir terlihat belum sepenuhnya mendukung implementasi peraturan tersebut dan masih kurangnya upaya tindak lanjut terkait perlindungan lahan pertanian pangan sebagaimana tujuan diterbitkannya UU tersebut. Lahan pertanian pangan telah banyak

beralih fungsi menjadi lahan pertanian non pangan atau bahkan menjadi lahan non pertanian dengan laju alih fungsi yang semakin meningkat. Kota Padang sebagai ibu kota Provinsi Sumatera Barat juga mengalami kejadian alih fungsi lahan pertanian pangan dengan tingkat yang mengkhawatirkan. Sebagai contoh, tahun 2015 lahan sawah seluas 4.978,92 Ha telah berkurang menjadi 4.960,24 Ha pada tahun 2017 (BPS Kota Padang, 2018). Artinya dalam kurun waktu 2 tahun lahan sawah telah berkurang seluas 18,68 Ha karena beralih fungsi menjadi lahan non pertanian. Secara nasional setiap tahun terjadi 187,720 ha lahan sawah beralih fungsi menjadi lahan non pertanian, yaitu untuk infrastruktur transportasi, perumahan dan permukiman, kawasan pendidikan, pusat perdagangan, pariwisata, dan kawasan terbangun lainnya.

Fenomena alih fungsi lahan pertanian ke lahan non pertanian terjadi karena perhatian pemerintah selama ini lebih terfokus kepada peraturan di bagian hilir sistem pangan, yaitu peraturan terkait dengan kondisi akhir tersedianya pangan melalui kemandirian pangan, yakni Perda Prop Sumbar No. 3 tahun 2015, serta cadangan pangan dan keamanan pangan. Sementara peraturan di sektor hulu yaitu persoalan perencanaan lahan pangan sebagai sumber daya utama penyedia bahan baku pangan hanya diatasi dengan program-program yang tidak terintegrasi, seperti pemberian subsidi sarana produksi, penetapan harga produk, program cetak sawah baru, pembangunan dan rehabilitasi infrastruktur pengairan (irigasi), yang ternyata juga belum efektif mencapai tujuannya. Semua itu belum membantu melindungi lahan pertanian pangan, sehingga konversi lahan pangan tetap saja terjadi dan bahkan dengan laju konversi lahan semakin meningkat.

Sehubungan dengan permasalahan yang demikian, maka perlindungan lahan pertanian pangan agar berkelanjutan sudah menjadi urgent untuk diatur dan dimulai dari perencanaan lahan. Perencanaan lahan berada dalam ranah perencanaan ruang wilayah yang dalam konteks lahan pertanian pangan berkelanjutan dapat berupa lahan beririgasi, lahan reklamasi rawa pasang surut dan non pasang surut, serta lahan tidak beririgasi. Perlindungan lahan

pertanian pangan berkelanjutan dilakukan dengan penetapan kawasan pertanian pangan berkelanjutan atau berada di dalam dan di luar kawasan pertanian pangan berkelanjutan. Selanjutnya penetapan kawasan pertanian pangan berkelanjutan adalah bagian dari penetapan rencana tata ruang wilayah perdesaan atau perkotaan di kabupaten dalam rencana tata ruang kabupaten sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

II. TEORITIS DAN EMPIRIS

2.1 Pembangunan Pertanian Berkelanjutan dan Perencanaan Lahan

Konsep perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan dapat diletakkan dalam konsep berpikir pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*). Prinsip pembangunan berkelanjutan secara global bertujuan untuk terwujudnya kehidupan dan kelangsungan hidup manusia yang berkualitas. Pendekatan pembangunan berkelanjutan pada hekekatnya adalah kegiatan pembangunan yang memadukan aspek ekonomi, sosial dan lingkungan. Konsep ini bersifat multi-dimensi sehingga dalam implementasinya perlu dilaksanakan dalam program yang terpadu lintas sektor, dan bersifat multi-disiplin yang disusun dan direncanakan dengan mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu sosial, ekonomi dan lingkungan.

Pembangunan sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan manusia dalam mempengaruhi masa depannya, dapat ditinjau dari lima bentuk upaya. Pertama *capacity*, yaitu upaya membangkitkan kemampuan optimal manusia, baik kemampuan individu maupun kelompok; Kedua *equity*, berupa upaya menumbuhkan kebersamaan dan pemerataan nilai dan kesejahteraan; Ketiga *empowerment*, yaitu upaya memberi kepercayaan kepada masyarakat untuk mampu membangun dirinya sendiri sesuai dengan potensi yang dimiliki; Keempat *sustainability*, yaitu upaya untuk membangkitkan kemampuan membangun secara mandiri; Kelima *interdependence*, yaitu upaya untuk mengurangi ketergantungan kepada pihak lain

dengan menciptakan hubungan saling menguntungkan dan saling menghormati (Bryan White dalam Suryadi, 2006). Dengan demikian semua upaya tersebut akan bermuara pada tercapainya sasaran pembangunan, yaitu mengurangi pengangguran, kemiskinan, dan ketimpangan (Dudley Seers dalam Hudiyanto, 2005).

Sehubungan dengan itu, maka perencanaan lahan pertanian dalam upaya perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan adalah suatu keinginan untuk menata pembangunan melalui perencanaan dan pemanfaatan lahan agar sesuai dengan fungsi dan peruntukannya. Perencanaan lahan, termasuk lahan pertanian pangan, ditetapkan dalam rencana tata ruang wilayah (RT/RW). Sebagai sebuah sistem perencanaan, maka perencanaan lahan pertanian seharusnya sudah berada dalam perencanaan tata ruang wilayah yang harus dipedomani secara konsisten. Namun dalam pelaksanaannya, rencana tata ruang belum mengakomodasi rencana lahan pertanian pangan sehingga keberlanjutan lahan pertanian pangan menjadi tidak terjamin. Pengendalian ruang wilayah yang bertujuan agar pemanfaatan ruang wilayah sesuai dengan peruntukannya, akhirnya juga masih mengalami kendala dalam pelaksanaannya. Dengan demikian upaya pembangunan untuk meningkatkan kemampuan manusia dalam mempengaruhi dan menentukan masa depannya juga menemukan hambatan, karena ruang wilayah (lahan) dimana pembangunan tersebut akan dilaksanakan tidak dapat dipertahankan keberlanjutannya.

Kondisi tersebut terjadi salah satunya disebabkan oleh tingginya desakan kebutuhan ekonomi dan sosial karena jumlah penduduk yang semakin meningkat. Peningkatan jumlah penduduk telah mendorong tingginya pemenuhan kebutuhan selain pangan, yaitu kebutuhan untuk pembangunan fasilitas publik antara lain pembangunan perumahan dan permukiman, infrastruktur jalan, pendidikan, kesehatan, industri, dan lainnya. Semuanya itu juga membutuhkan lahan. Pemenuhan kebutuhan ini akhirnya berdampak kepada keadaan yang menyebabkan terjadinya persaingan dalam pemanfaatan ruang wilayah.

Dalam hal persaingan pemanfaatan lahan yang demikian, sektor pertanian sering kali dipandang sebagai sektor yang tidak menguntungkan secara ekonomi, walaupun secara sosial lahan pertanian sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dasar pokok (pangan). Sementara sektor non pertanian terutama perumahan dan permukiman, industri, pariwisata, perdagangan, dan pendidikan dipandang memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi, sehingga permintaan pasar terhadap lahan pembangunan non pertanian juga semakin tinggi. Kompetisi lahan ini akhirnya mempercepat laju alih fungsi lahan pertanian dan menyebabkan perencanaan lahan tidak dapat direalisasikan. Pembangunan pertanian berkelanjutan dengan demikian tidak dapat diwujudkan, karena lahan sebagai sumber daya produksi pangan tidak dilindungi dan dipertahankan keberlanjutan fungsinya.

Perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan merupakan upaya pendekatan sistem perencanaan dalam pembangunan pertanian berkelanjutan. Perencanaan lahan tersebut perlu dipahami dari sudut pandang yang luas, yakni dari sudut pertanian individual (petani), ekosistem wilayah, dan masyarakat yang berada dan dipengaruhi oleh sistem pertanian (pertanian dan non pertanian) baik lokal maupun global. Permasalahan dalam implementasi lahan pertanian pangan berkelanjutan masih sangat banyak dan salah satu penyebab yang menonjol adalah mengutamakan kepentingan sektoral karena lemahnya koordinasi dalam proses penyusunan perencanaan dan implementasi rencana. Oleh karena itu, perlindungan lahan pertanian pangan sebagai bagian dari sistem perencanaan lahan pertanian perlu memperhatikan banyak hal terkait dengan keberlanjutan lingkungan, keuntungan secara ekonomi, adil secara sosial terutama kepada petani, serta manusiawi terhadap semua bentuk kehidupan.

2.2 Urgensi Pangan dan Perlindungan Lahan Pangan Berkelanjutan

Pangan merupakan kebutuhan dasar yang paling utama bagi manusia dan pemenuhannya merupakan bagian dari hak asasi setiap rakyat. Penyelenggaraan pangan sebagai kebutuhan dasar bertujuan untuk menyediakan pangan yang beraneka ragam dan memenuhi persyaratan keamanan pangan. Untuk itu negara menjamin hak atas pangan sebagai hak asasi setiap warga negara sehingga negara berkewajiban memenuhi kebutuhan pangan rakyat melalui kemandirian, ketahanan, dan kedaulatan pangan. Kemandirian Pangan yang diharapkan adalah kemampuan produksi pangan dalam negeri yang didukung kelembagaan ketahanan pangan untuk menjamin pemenuhan kebutuhan pangan yang cukup ditingkat rumah tangga, baik dalam jumlah, mutu, keamanan, maupun harga yang terjangkau. Kemandirian pangan juga perlu didukung oleh beragam sumber-sumber pangan yang sesuai dengan keragaman potensi dan sumber daya lokal. Sementara ketahanan pangan merupakan kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang diukur dengan tersedianya pangan yang cukup, baik dalam jumlah maupun mutu, aman, merata, dan terjangkau. Selanjutnya, kedaulatan pangan adalah hak negara dan bangsa untuk secara mandiri dapat dan mampu menentukan kebijakan pangannya sendiri. Negara harus mampu menjamin hak atas pangan bagi bangsanya, mampu memberikan hak bagi rakyatnya untuk menentukan sistem pertanian pangan yang sesuai dengan potensi sumber daya lokal (Pemerintah Republik Indonesia, 2009).

Pemenuhan pangan sebagai kewajiban negara karena pangan adalah bagian dari hak asasi manusia, juga disepakati oleh persatuan bangsa-bangsa di dunia (PBB). FAO/WHO pada *International Conference on Nutrition* di Roma tahun 1992 yang menyatakan bahwa pangan yang cukup, bergizi, dan aman adalah hak setiap manusia. Sehubungan dengan itu, untuk menjamin terwujudnya ketahanan pangan dunia secara berkelanjutan, PBB mendeklarasikan *Sustainable Development Goals* (SDGs) dan menetapkan “tidak ada kelaparan” (*no*

hunger) sebagai prioritas pertama dari 17 (tujuh belas) tujuan pembangunan global. Sampai saat ini, negara-negara di dunia yang tergabung dalam PBB pada bulan September 2015 tersebut bersepakat untuk PBB berperan dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan.

Sehubungan dengan itu, maka lahan pangan sebagai sumber daya utama produksi pangan dan bahan baku pangan harus mendapat perlindungan agar pangan tetap tersedia. Sebagai bagian dari bumi dan karunia Tuhan Yang Maha Esa, maka lahan termasuk yang dikuasai oleh negara dan dipergunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran dan kesejahteraan rakyat. Hal ini tertuang dan diamanatkan dalam Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945. Sebagai negara agraris, pemerintah Indonesia perlu menjamin penyediaan lahan pertanian pangan secara berkelanjutan sebagai sumber pekerjaan dan penghidupan yang layak bagi kemanusiaan. Untuk itu perlu dikedepankan landasan atau prinsip untuk terciptanya kebersamaan, efisiensi berkeadilan, berkelanjutan, berwawasan lingkungan, dan kemandirian, serta dengan menjaga keseimbangan, kemajuan, dan kesatuan ekonomi nasional.

Undang-undang mengatur bahwa Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan adalah bidang lahan pertanian yang ditetapkan untuk dilindungi dan dikembangkan secara konsisten guna menghasilkan pangan pokok. Tujuannya adalah kemandirian, ketahanan, dan kedaulatan pangan nasional. Selain lahan pertanian pangan, juga diperlukan penyediaan dan perlindungan lahan cadangan pertanian pangan agar berkelanjutan. Lahan cadangan pangan adalah lahan potensial yang juga perlu dilindungi pemanfaatannya agar kesesuaian dan ketersediaannya tetap terkendali untuk dimanfaatkan sebagai Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan di masa datang. Oleh sebab itu, Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan sesungguhnya adalah sistem dan proses dalam merencanakan dan menetapkan, mengembangkan, memanfaatkan dan membina, mengendalikan, dan mengawasi lahan pertanian pangan dan kawasannya secara berkelanjutan.

2.3 Implementasi Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan

Undang-Undang tentang perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan sudah berjalan selama 10 tahun (Pemerintah Republik Indonesia, 2009), namun perlindungan terhadap lahan pertanian pangan agar tetap berkelanjutan masih belum mendapat perhatian di banyak daerah, termasuk Propinsi Sumatera Barat. Alih fungsi lahan pertanian pangan menjadi lahan non pangan atau bahkan menjadi lahan non pertanian tetap terjadi dan bahkan dengan laju yang semakin meningkat. Alih fungsi lahan pertanian merupakan perubahan penggunaan lahan pertanian untuk penggunaan yang lainnya, yang akan membawa dampak terhadap ketersediaan lahan untuk usaha tani terutama lahan pertanian pangan. Hal ini lebih lanjut akan berdampak terhadap ketersediaan pangan untuk masyarakat

Alih fungsi lahan pangan di Indonesia dari tahun ke tahun terlihat dari berkurangnya luas lahan sawah secara statistik. Berdasarkan data nasional, pada umumnya jumlah lahan sawah pada setiap propinsi mengalami penurunan, termasuk Propinsi Sumatera Barat. Data luas lahan sawah di Propinsi Sumbang tahun 2010 seluas 229.693 Ha dan tahun 2015 adalah 226.377 Ha, terjadi pengurangan sebanyak 336 Ha dalam periode 5 tahun (BPS, 2018).

Beberapa hasil penelitian memperlihatkan laju konversi lahan tersebut sudah mulai mengkhawatirkan yang apabila tetap tidak dikendalikan akan dapat mengancam kemandirian dan kedaulatan pangan. Keamanan panganpun akan terganggu apabila pangan dan cadangan pangan juga harus didatangkan dari luar daerah. Hasil penelitian Noer *et al.* (2017) di 2 kabupaten dan 2 kota ada yang memperlihatkan laju konversi lahan mencapai 5% dalam 5 tahun pembangunan berjalan (Tabel 33).

Tabel 33. Luas Lahan Pertanian yang Beralih Fungsi Menjadi Lahan Perumahan dan Permukiman di Kota Padang, Kota Pariaman, Kab. Lima Puluh Kota dan Kab. Tanah Datar, di Provinsi Sumatera Barat periode Tahun 2012 dan 2015

Kabupaten / Kota	Luas lahan pertanian tahun 2012 (Ha) digitasi dari peta RTRW	Luas lahan pertanian tahun 2015 (Ha) digitasi dari peta citra satelit	Luas alih fungsi lahan pertanian (Ha)**	Persentase perubahan fungsi lahan pertanian
Padang	3016	2856	159	5.27
Pariaman	2057	2014	43	2.08
Tanah Datar	60473	60052	421	0.70
Limapuluh Kota	43356	430345	321	0.74

Sumber: Noer *et al* (2017)

Beberapa alasan terjadinya alih fungsi lahan di tingkat masyarakat adalah karena pendapatan yang diterima dari lahan usaha tani lebih rendah dibandingkan dengan pendapatan non usaha tani di atas lahan yang sama. Usaha non pertanian dimaksud adalah membangun rumah toko dan rumah sewa di atas lahan pertanian yang dimiliki. Selain itu, alih fungsi lahan pertanian menjadi perumahan tempat tinggal juga terjadi karena mahalnya harga lahan, sehingga rumah tempat tinggal dibangun di atas lahan sawah pemiliknya. Lahan sawah juga ada yang dijual oleh pemiliknya karena tidak ada yang akan mengelola atau mengusahakannya, dan apabila dalam jumlah yang luas menjadi lokasi permukiman atau perdagangan. Hal ini juga didorong oleh semakin melemahnya ikatan sosial kaum (kelompok masyarakat adat) terhadap nilai sosial lahan. Lahan hanya dipandang sebagai komoditi pasar yang bernilai ekonomi tinggi (Noer, 2017a).

Kebijakan perlindungan pertanian pangan berkelanjutan secara sosial dan ekonomi juga diharapkan akan dapat meningkatkan kemakmuran serta kesejahteraan petani dan masyarakat, meningkatkan perlindungan dan pemberdayaan petani, serta

meningkatkan penyediaan lapangan kerja bagi kehidupan yang layak. Terkait dengan itu, maka ruang lingkup perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan juga meliputi perlindungan dan pemberdayaan petani, pembiayaan dan peran serta masyarakat.

2.4 Implikasi dari Peraturan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan

Di atas sudah dijelaskan bagaimana hubungan ketersediaan pangan dengan kepentingan mempertahankan lahan pertanian pangan agar berkelanjutan sehingga perlu dilindungi, serta hubungannya dengan perencanaan ruang wilayah. Sehubungan dengan itu, perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan, sebagaimana juga diatur UU No. 41 tahun 2009 perlu memperhatikan banyak hal menyangkut aspek sosial dan ekonomi. Perencanaan dan penyelenggaraan lahan pertanian pangan berkelanjutan dibuat berdasarkan asas manfaat, baik bagi petani sebagai pekerja dalam perusahaan pertanian pangan maupun sebagai masyarakat terkait kepemilikan dan penguasaan lahan. Perlu dijaga konsistensi kebijakan mulai dari pemerintah pusat sampai daerah agar terjadi keterbukaan dan akuntabilitas dalam perencanaan lahan di wilayah pemerintahan terendah, yakni Desa atau dengan nama lain.

Kepemilikan lahan di tingkat desa erat (atau yang setara Desa dengan sebutan lain) kaitannya dengan hukum adat dan aturan sosial budaya daerah setempat. Penataan ruang wilayah, termasuk penataan lahan pertanian pangan berkelanjutan, perlu melibatkan banyak pihak dan sektor pembangunan agar terintegrasi dengan sektor lain dan dengan menggunakan pendekatan kebersamaan, gotong-royong, dan partisipatif. Tujuannya adalah agar perlindungan lahan pertanian pangan dapat dirancang berbasis kelestarian lingkungan dan kearifan lokal.

Perencanaan lahan pertanian pangan berkelanjutan menurut UU tersebut juga dapat diajukan oleh masyarakat untuk dimusyawarahkan dan dipertimbangkan bersama pemerintah desa, kecamatan, dan kabupaten/kota. Implikasi dari penetapan lahan

pertanian pangan berkelanjutan secara ekonomi akan berdampak kepada pendapatan dan keuntungan yang akan diterima oleh pemilik, penguasa dan pengusaha lahan.

Pengaturan pengembangan lahan atau kawasan pertanian pangan berkelanjutan berdasarkan aturan perundangan, selain dilakukan oleh pemerintah di tingkat pusat atau daerah, juga dapat dilakukan oleh masyarakat dan korporasi yang kegiatan pokoknya di bidang agribisnis tanaman pangan. Korporasi dapat berbentuk koperasi atau perusahaan inti plasma dengan mayoritas sahamnya dikuasai oleh warga negara Indonesia (ps.27, ayat 2 dan 3 UU No. 41/2009).

Implikasi dari sebuah aturan penetapan lahan pertanian pangan berkelanjutan terhadap orang atau pihak lain yang memiliki hak atas tanah atau berkaitan dengan tanah yang ditetapkan tersebut adalah berkewajiban memanfaatkan tanah sesuai peruntukan (penataan ruang. Dengan demikian mereka berperan dalam menjaga dan meningkatkan kesuburan tanah, mencegah kerusakan lahan dan memelihara kelestarian lingkungan, dan berkewajiban memperbaiki apabila terjadi kerusakan pada lahan tersebut.

Selanjutnya Pemerintah dan pemerintah daerah berkewajiban melakukan pembinaan setiap orang yang terkait dengan pemanfaatan lahan pertanian pangan berkelanjutan dan juga melakukan perlindungan terhadap lahan dimaksud. Namun demikian, hal yang sering kali sulit untuk ditegakkan namun penting dalam penataan ruang wilayah adalah pengendalian ruang. Pengendalian lahan pertanian pangan berkelanjutan dilakukan oleh pemerintah dan pemerintah daerah melalui pemberian insentif, disinsentif, mekanisme perizinan, proteksi dan penyuluhan. Insentif diberikan kepada petani berupa keringanan Pajak Bumi dan Bangunan, (PBB), mengembangkan infrastruktur pertanian, pembiayaan penelitian dan pengembangan benih atau varietas unggul, serta memberi kemudahan akses informasi dan teknologi. Selain itu juga dapat berupa penyediaan sarana dan prasarana produksi pertanian, pemberian jaminan penerbitan sertifikat

bidang tanah pertanian pangan, dan penghargaan untuk petani yang berprestasi tinggi.

Dalam hal terjadinya kebutuhan pengalih-fungsian lahan pertanian pangan berkelanjutan untuk kepentingan publik yang lebih prioritas, alih fungsi lahan pertanian pangan berkelanjutan dapat dilakukan berdasarkan kajian kelayakan strategis, rencana alih fungsi lahan, hak kepemilikan telah dibebaskan; dan telah disediakan lahan pengganti yang dialihfungsikan, atau karena terjadi bencana.

III. PENUTUP

Keberadaan ruang (lahan) yang terbatas dan lemahnya pemahaman stakeholders terhadap pentingnya penataan ruang selama ini (dibuktikan dengan alih fungsi lahan yang tidak terkontrol), maka diperlukan penyelenggaraan penataan ruang yang transparan, efektif, dan partisipatif agar terwujud ruang yang aman, nyaman, produktif, dan berkelanjutan. Tata ruang terdiri dari struktur ruang dan pola ruang. Struktur ruang adalah susunan pusat-pusat permukiman dan sistem jaringan prasarana dan sarana yang berfungsi sebagai pendukung kegiatan sosial ekonomi masyarakat yang secara hierarkis memiliki hubungan fungsional. Sementara pola ruang menggambarkan distribusi peruntukan ruang dalam suatu wilayah yang meliputi peruntukan ruang untuk fungsi lindung dan peruntukan ruang untuk fungsi budi daya (Pemerintah Republik Indonesia, 2007).

Berdasarkan pengertian perundangan penataan ruang di atas, maka perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan termasuk kedalam penataan pola ruang agar lahan pertanian pangan dapat berfungsi secara berkelanjutan sesuai dengan peruntukan dan penetapannya. Oleh karena itu, untuk menjamin terwujudnya perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan perlu dilakukan pengawasan terhadap kinerja implementasi rencana dan penetapan lahan pangan berkelanjutan. Pengendalian. Pengawasan dilaksanakan secara berjenjang oleh Pemerintah, pemerintah daerah provinsi, dan pemerintah daerah kabupaten dan kota sesuai kewenangannya. Pengawasan terdiri dari pelaporan, pemantauan dan evaluasi kinerja

dalam implementasi dan pengembangan perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan. Apabila dari hasil evaluasi terbukti terjadi penyimpangan, seharusnya pemerintah terkait perlu mengambil langkah penyelesaian sesuai peraturan dan perundangan berlaku.

Namun demikian, aturan pengendalian ruang masih sulit ditegakkan. Alih fungsi lahan terus terjadi dan bahkan lajunya semakin tinggi sejak 10 tahun terakhir, terutama terjadi pada alih fungsi lahan pertanian pangan. Pengendalian ruang wilayah merupakan konsekuensi logis dari implementasi rencana tata ruang wilayah (RTRW) terkait dengan aturan pemanfaatan ruang untuk lahan pertanian pangan berkelanjutan. Pemerintah daerah kabupaten / kota mengalami kendala untuk menerapkan sanksi ketika terjadi alih fungsi lahan pertanian pangan, diantaranya karena belum tersedianya aturan di tingkat pemerintah provinsi sebagai payung hukum aturan di pemerintah daerah yang lebih rendah, rencana detail tata ruang untuk lahan pertanian pangan berkelanjutan belum tersedia, peta tata ruang yang valid, *update* dan dipercaya belum lengkap (Yossyafra *et al.*, 2018).

Untuk dapat terlaksananya pengendalian ruang wilayah pada kawasan yang telah ditetapkan sebagai lahan pertanian pangan berkelanjutan diperlukan strategi dalam pengendalian ruang, antara lain adanya konsistensi pemerintah dalam implementasi kebijakan lahan pertanian pangan berkelanjutan mulai dari pusat sampai daerah dan tingkat pemerintahan paling rendah, perlu pemahaman terhadap insentif dan disentif kepada pihak yang bersedia mempertahankan lahannya sebagai lahan pertanian pangan berkelanjutan.

REFERENSI

- BPS. 2018. Indonesia dalam angka . Jakarta : BPS.
- BPS Kota Padang. 2018. Kota Padang dalam angka. Padang: BPS Kota Padang.
- Hudiyanto. 2005. Ekonomi Politik. Jakarta : Bumi Aksara.
- Kementerian PUPR, 2019. Berita PUPR. Kementerian PUPR Selesaikan Pembangunan Bendung Kamijoro, 8 Februari 2019. diunduh

- tanggal 22 September 2019. <https://www.pu.go.id/berita/view/16643>.
- Noer M, Yossyafra, Hakimi R & Reza. 2017. Kajian kompetisi lahan pembangunan pertanian pangan dengan perumahan dan permukiman dalam perspektif perencanaan wilayah menuju pembangunan berkelanjutan di Sumatera Barat. Padang: LPPM Unand.
- Noer M, Yossyafra, Hakimi R & Reza. 2017a. Land policy for sustainable agricultural land and its implementation: Experiences Fron West Sumatra. *International Journal on Advance Science Engineering Information Technology*, 7(4): 1309 - 1314.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2007. Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Pentaaan Ruang. Jakarta : Pemerintah Republik Indonesia.
- Pemerintah Repulik Indonesia. 2009. Undang-Undang No. 41 Tahun 2009 tentang perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan. Jakarta: Pemerintah Republik Indonesia.
- Subagio H, Noor M, Yusuf WA & Hairullah I. 2015. Kebutuhan Pangan Masa Depan.
- Error! Hyperlink reference not valid.<http://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/7411>
- Suryadi B. 2006. Ekonomi politik modern suatu pengantar. Yogyakarta: IRCiSoD.
- Yossyafra, Noer M, Hakimi R & Reza R. 2018. A challenge in providing land for housing and sustaining agricultural land; an effort to meet the backlog of housing and food security in West Sumatra. *International Journal on Advance Science Engineering Information Technology* 8(6): 2696-2701.

Modal Sosial Mengikat (*Bonding Social Capital*) Usaha Mikro Kecil Menengah Kota Padang Sumatera Barat

Devi Analia

*Dosen bidang Agribisnis dan Pengembangan Wilayah Pedesaan pada Jurusan
Sosial Ekonomi Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Andalas
e-mail: devianalia@agr.unand.ac.id; analiadevi150184@gmail.com*

I. PENDAHULUAN

Usaha mikro kecil menengah (UMKM) merupakan usaha yang mampu meningkatkan pertumbuhan ekonomi baik di negara berkembang maupun di negara maju. Perkembangan UMKM ini berkontribusi pada pertumbuhan PDB (Produk Domestik Bruto) dan juga penciptaan kesempatan kerja (Abor dan Quartey, 2010).

UMKM di Indonesia memiliki peranan sebagai pendorong perkembangan ekonomi. Secara khusus UMKM di Indonesia menjadi sumbangan besar bagi penyerapan tenaga kerja dan mata pencaharian badi lebih dari 90 persen kekuatan pekerja di Indonesia, terutama wanita dan kaum muda. Berdasarkan data dari Kementerian Koperasi dan UMKM tahun 2016 di Indonesia, industri manufaktur pada UMKM mencakup manufaktur sederhana seperti produk perkayuan, furniture, tekstil, garmen, sepatu serta makanan dan minuman merupakan UMKM yang terbesar memberikan sumbangan dalam pembangunan (Tambunan, 2008).

Data dari Kementerian Koperasi dan UMKM tahun 2015 jumlah usaha mikro kecil menengah mengalami peningkatan. Pada tahun 2012 terdapat 55 55 206 444 unit usaha mikro, sementara pada tahun 2017

jumlahnya meningkat menjadi 62 922 617 unit. Ini menunjukkan peningkatan sebesar 7 716 172 unit (13.98 persen) selama lima tahun terakhir (Tabel 34).

Meningkatnya jumlah unit UMKM juga menyebabkan peningkatan penyerapan tenaga kerja (Tabel 35). Tahun 2012 usaha mikro menyerap sebesar 101 722 458 orang tenaga kerja, sedangkan pada tahun 2017 meningkat menjadi 116 673 416 orang. Ini menunjukkan telah terjadi peningkatan penyerapan tenaga kerja sebanyak 14 950 958 orang selama 5 tahun terakhir.

Sektor pertanian, peternakan, kehutanan dan perikanan merupakan sektor yang jumlah UMKM terbanyak dibandingkan dengan sektor lainnya. Sebanyak 28 833 939 unit UMKM bergerak di sektor ini sedangkan untuk sektor perdagangan, hotel dan restoran sebanyak 13 746 551 unit (Kementerian Koperasi dan UMKM 2015) (Gambar 36).

Tabel 34. Peningkatan jumlah UMKM menurut skala usaha tahun 2010-2017

Tahun	Mikro		Kecil		Menengah	
	Jumlah (Unit)	Pangsa (%)	Jumlah (Unit)	Pangsa (%)	Jumlah (Unit)	Pangsa (%)
2012	55 599 969	98.82	602 195	1.09	44 280	0.08
2013	55 856 176	98.79	629 418	1.11	48 997	0.09
2014	57 189 393	98.77	654 222	1.13	52 106	0.09
2015 ⁸	58 521 987	98.74	681 522	1.15	59 263	0.10
2016 ⁸⁸	60 863 578	98.71	731 047	1.15	56 551	0.09
2017 ⁸⁸⁸	62 106 900	98.70	757 090	1.20	58 627	0.09

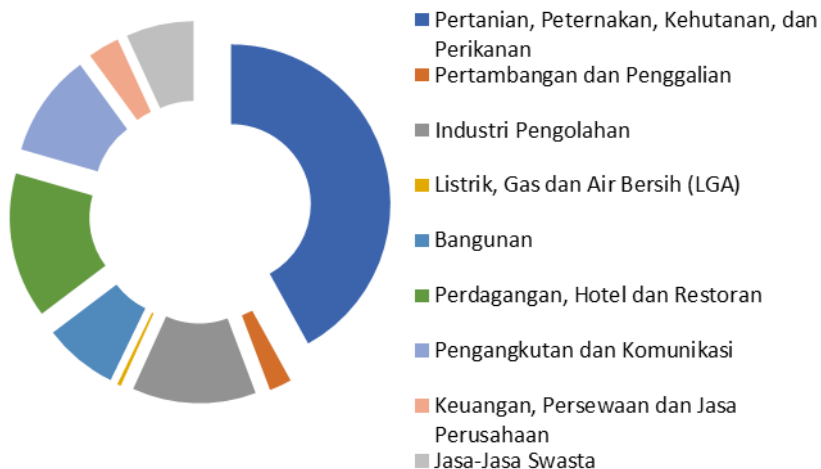
Sumber : Kementerian Koperasi dan UMKM (2015)

Keterangan : ⁸) angka sementara, ⁸⁸) angka sangat sementara, ⁸⁸⁸) angka sangat-sangat sementara

Tabel 35. Jumlah penyerapan tenaga kerja menurut skala usaha UMKM Tahun 2010-2017

Tahun	Mikro		Kecil		Menengah	
	Jumlah (Orang)	Pangsa (%)	Jumlah (Orang)	Pangsa (%)	Jumlah (Orang)	Pangsa (%)
2012	94 957 797	90.77	3 919 992	3.75	2 844 669	2.72
2013	99 859 517	90.12	4 535 970	4.09	3 262 023	2.94
2014	104 624 466	88.90	5 570 231	4.73	3 939 385	3.36
2015 ⁸	110 807 864	86.96	7 307 503	5.73	5 114 020	4.01
2016 ⁸⁸	103 839 015	89.31	5 402 073	4.65	3 587 522	3.09
2017 ⁸⁸⁸	107 232 992	89.17	5 704 321	4.74	3 736 103	0.11

Sumber : Kementerian Koperasi dan UMKM (2015)



Gambar 36. Sektor UMKM tahun 2015

Sumber : Kementerian Koperasi dan UMKM (2015)

Beberapa hambatan dalam meningkatkan kinerja UMKM adalah kemampuan pelaku usaha yang masih rendah berkaitan dengan inovasi produk, keterampilan pelaku usaha dalam menyelesaikan persoalan dalam hal peningkatan manajemen usaha dan kekuatan jaringan pelaku usaha yang masih terbatas sehingga berdampak pada kurangnya akses informasi, pasar, faktor produksi dan yang terakhir akses kredit yang masih belum berpihak pada pelaku usaha sehingga sulit untuk meningkatkan skala usaha pengembangan usaha ke skala yang lebih besar (APINDO, 2012). Peningkatan kinerja pelaku usaha juga perlu di tingkatkan pada UMKM di Sumatera Barat dimana basis perekonomian digerakkan oleh UMKM unggulan daerah. Yang salah satunya adalah UMKM makanan ringan (Bank Indonesia, 2012).

Salah satu masalah dalam pengembangan UMKM selain dari faktor alam, faktor fisik dan faktor manusianya adalah modal sosial. Penelitian oleh Aldrich & Martinez 2005 dan Casson *et al.*, 2009 berpendapat bahwa secara teoritis modal sosial memainkan peran penting dalam kewirausahaan. Oleh karena itu terdapat keterkaitan antara modal sosial dengan kinerja UMK, pengelolaan modal sosial

menjadi penting yang dapat meningkatkan produktifitas, daya saing dan pembangunan berkelanjutan dari UMKM tersebut. Modal sosial diyakini dapat meminimalkan pengeluaran operasional usaha, mempercepat peredaran informasi, mengurangi asimetri informasi dan meningkatkan pengetahuan pelaku usaha.

Modal sosial meningkatkan efisiensi tindakan (Nahapiet & Ghoshal, 1998) dan penyebaran informasi (Burt, 2000). Hal ini mengurangi biaya proses pemantauan dan transaksi dan dorongan perilaku kooperatif yang diperlukan untuk inovasi dan nilai penciptaan (Fukuyama, 1995). Inovasi dianggap penting sebagai keharusan strategis untuk kelangsungan hidup dan pertumbuhan organisasi di lingkungan bisnis modern dan global, yang ditandai oleh turbulensi, dinamisme, dan persaingan yang ketat (Fosfuri & Tribo, 2008).

Modal sosial akan meningkatkan kinerja UMKM selain modal-modal fisik yang lain. Penelitian Morosini (2004), yang menyatakan bahwa elemen penting dalam peningkatan daya saing selain dari inovasi adalah faktor jaringan sosial yang tertanam yang lebih dikenal dengan *bonding social capital*. Sumatera Barat terkenal dengan produk khas oleh-oleh yang salah satunya adalah berupa makanan ringan yang merupakan produk unggulan daerah setempat.

Modal sosial di Sumatera Barat yang dominasinya adalah Suku Minangkabau yang terkenal dengan keunikan yang dimilikinya salah satunya terlihat dari sistem kekerabatan materilineal yang mereka anut. Selain itu masyarakat Minangkabau juga terkenal dengan semangat gotong royong dan naluri *entrepreneurship*. Sifat kerjasama, saling gotong royong dan jiwa kewirausahaan masyarakat Minangkabau ini berpedoman pada falsafah yang kuat dengan ajaran islam yaitu Adat Basandi Syarak, Syarak Basandi Kitabullah (ABS-SBK).

Budaya dan kearifan lokal masyarakat Minang dapat dilihat pada sistem keturunan yang matriakat (garis keturunan ibu). Kearifan lokal mendorong manusia membentuk perkumpulan (komunitas) yang termuat dalam bukunya Fukuyama (1995), *Trust the Social Virtues and the Creation of Prosperity*. Adanya kearifan lokal (*local wisdom*) yang menjadikan masyarakat Minang tetap eksis dimanapun mereka berada.

Kota Padang yang mayoritas penduduknya adalah masyarakat Minang yang selama ini sangat kental dengan wirausahanya. Selama ini jika dilihat dalam kesuksesan masyarakat Minang di dalam berwirausaha sangat kuat dengan tingginya rasa persaudaraan dan sangat memegang norma-norma adat dan agama. Kita bisa melihat dimana mereka hidup berkelompok dan selalu membentuk jaringan yang selama ini tidak pernah diukur sebagai salah satu unsur keberhasilan masyarakat Minang dalam berwirausaha.

Dari hasil penelitian-penelitian yang terkait dengan peran modal sosial (*bonding social capital*) terhadap UMKM di Kota Padang Sumatera Barat menyatakan bahwa modal sosial telah ada secara turun temurun dalam budaya dan masyarakat Minangkabau. Modal sosial merupakan kekuatan ataupun sumber daya yang sudah melekat (*bonding social capital*) pada individu maupun masyarakat Minangkabau. Modal sosial dapat dilihat pada kegiatan kewirausahaan yang dilakukan oleh masyarakat Minangkabau.

Hasil penelitian kuatnya modal sosial yang tertanam (*bonding social capital*) masyarakat Minang dapat dilihat pada Tabel 36.

Tabel 36. Hasil penelitian modal sosial masyarakat Minang

Penulis	Judul Penelitian	Hasil
Oktavia, DA (2012)	Kapital Sosial Ikatan Warga Saniangbaka Solok	organisasi Minang (ikatan warga Saniangbaka) di perantauan mampu meningkatkan relasi karena adanya kerjasama. mendorong relasi sosial berdasarkan kerjasama.
Hastuti <i>et al.</i> (2015)	Petatah Petitih Kearifan Lokal Ekonomi dan Bisnis Masyarakat Minang Pedagang Rantau di Jakarta	Nilai kearifan lokal yang masih dipakai masyarakat Minang dalam berbisnis dan hidup di perantauan yang dikenal dengan <i>bonding social capital</i> .

Tabel 36 (lanjutan)

Penulis	Judul Penelitian	Hasil
Mursal (2016)	Lembaga Keuangan Mikro Syariah di Sumatera Barat Berbasis Kearifan Lokal	Peran Tungku Tigo Sajarangan mampu meningkatkan perkembangan LKMS di Sumatera Barat.
Ramadhan dan Maftuh (2015)	Nilai-nilai Sosial Budaya Masyarakat Rantau Etnis Minangkabau Sebagai Pedagang Di Pasar Al-Wathoniyah Cakung Jakarta Timur	Budaya berkontribusi pada kehidupan manusia yaitu bagaimana manusia hidup, bagaimana mereka berperilaku dan bagaimana mereka memandang diri mereka sendiri. Nilai-nilai budaya inilah yang menunjang masyarakat Minang di rantau dapat hidup harmonis di perantauan. Hal ini didukung oleh rasa solidaritas yang tinggi antar sesama masyarakat Minangkabau
Welsa <i>et al.</i> (2017)	Budaya Minangkabau dan Implementasi Pada Manajemen Rumah Makan Padang di Yogyakarta	Bahwa budaya Minang berdampak pada peningkatan kinerja UMKM rumah makan di Yogyakarta

II. PEMBAHASAN

2.1 Modal sosial pelaku UMKM di Kota Padang

Propinsi Sumatera Barat yang merupakan etnis Minang yang sangat terkenal dengan jiwa kewirausahaannya. Kegiatan dalam berdagang merupakan implementasi dari nilai-nilai kewirausahaan yang berfungsi sebagai alat untuk meningkatkan martabat keluarga. Selama ini jika dilihat dalam kesuksesan masyarakat Minang di dalam berwirausaha sangat kental dengan tingginya rasa persaudaraan dan sangat memegang norma-norma adat dan agama. Wirausaha etnis Minang hampir tersebar di seluruh Indonesia yang hidup berkelompok dan selalu membentuk jaringan yang selama ini merupakan salah satu unsur keberhasilan dalam berwirausaha.

Orang Minang selalu ada di setiap daerah di nusantara ini disebabkan oleh kuatnya nilai modal sosial yang ada pada diri mereka (*bonding social capital*). Tiga alasan yang dipegang oleh masyarakat Minang adalah adanya istilah merantau, modal sosial dan pasar. Merantau sudah diwarisi masyarakat Minang sejak kecil sehingga bisa disebut dengan merantau adalah institusi sosial yang sudah terbangun kuat dalam budaya mereka. Merantau bagi orang Minang bisa kita sebut dengan pergi ke pasar.

Kuatnya nilai modal sosial ini dapat tercermin pada kegiatan wirausaha yaitu UMKM makanan ringan khas unggulan daerah. kuatnya modal sosial ini juga dapat dilihat bagaimana pelaku usaha dapat mempertahankan usaha yang digelutinya sampai saat ini. Modal sosial pelaku usaha dapat dilihat dari rasa percaya yang tujuannya adalah dapat membentuk sebuah jaringan untuk kelanjutan usahanya dan didukung oleh norma atau aturan baik yaitu norma adat maupun norma agama. Pelaku usaha memulai usahanya dengan modal sendiri. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa modal bukan merupakan suatu masalah dalam menjalankan usaha, dimana mereka bisa meminjam bantuan modal kepada keluarga dan kerabat.

2.2 Rasa Percaya Pelaku UMKM

Kekuatan rasa percaya yang terjadi pada pelaku usaha adalah dalam hal adanya rasa percaya kepada pihak luar usaha yang meliputi percaya pada *supplier*, pelanggan dan masyarakat sekitar. Jaringan kerjasama ini dapat dilihat ketika mereka saling memberi bantuan ketika mendapat kesulitan sehingga tidak mengganggu kegiatan proses produksi. Misalnya ketika pelaku usaha kesulitan bahan baku maka dengan mudahnya mereka mendapatkan bahan baku dari pelaku usaha yang lain. Hal ini didukung juga oleh hasil penelitian Hisrich dan Peters (2008), bahwa orang tua, keluarga dan kerabat mampu mempermudah individu dan menjadi kekuatan ketika mereka mengalami kesulitan.

Rasa percaya pelaku usaha terkait perkembangan usahanya yang paling besar itu adalah pada aspek rasa percaya kepada sesama pelaku. Hal ini melihat bahwa pelaku usaha tidak membatasi hubungannya dengan pelaku usaha lainnya yaitu sebesar 89.33 persen dimana hal ini dilakukan untuk memperbanyak dan memperkuat jaringan usaha. Selain itu dukungan dari lingkungan sekitar usaha juga memberikan nilai yang tinggi juga yaitu sebesar 84 persen. Rasa percaya juga dilihat oleh pelaku usaha terhadap program-program pemerintah yaitu Dinas Koperasi dan UMKM Kota Padang dalam program pembinaan, pelatihan-pelatihan, penyuluhan, bantuan dalam pembuatan izin usaha, bantuan dalam kegiatan promosi dan pameran dan bantuan dalam modal usaha (Tabel 37).

Tabel 37. Indikator pembentuk rasa percaya pelaku usaha UMKM

No	Indikator	Nilai (%)
1	Percaya pada eksternal usaha	82.00
2	Percaya pada internal usaha	89.33
3	Percaya pada pemerintah	72.67
4	Percaya pada nagari	62.00
5	Percaya pada lingkungan sekitar	84.00

2.3 Jaringan Sosial Pelaku UMKM

Jaringan sosial pelaku usaha memperlihatkan bagaimana pelaku mampu melakukan kerjasama dengan pihak lain. Selain kerjasama jaringan sosial ini mampu membrikan informasi pasar yang baik pada pelaku usaha. Kuatnya jaringan sosial pada pelaku UMKM ini tercermin dari mudahnya dalam proses produksi. Kemudahan dalam proses produksi diantaranya adalah kemudahan akan ketersediaan bahan baku dan bahan penolong. Kemudahan ini berujung nantinya kepada kontinuitas bahan baku dan kualitas dari produk yang dihasilkan.

Kuatnya jaringan sosial pelaku usaha juga dilihatkan bagaiman pelaku mampu berorganisasi. Pelaku mampu melakukan kerjasama dengan pelaku usaha lainnya. Kuatnya jaringan pelaku usaha juga diperlihatkan dari sistem pembayaran produk. Biasanya pelaku yang menjual produk ke outlet-outlet sitim pembayarannya ada yang secara langsung maupun tidak langsung. Hal ini diperkuat oleh penelitian Rokhayati (2015), bahwa jaringan sosial berpengaruh positif terhadap peningkatan kinerja UMKM dimana pelaku telah mampu membina kerjasama dengan pemasok, perbankan, karyawan dan konsumen

Jaringan mikro dan jaringan makro yang tercipta dari kuatnya kerjasama antar pelaku usaha dapat dan didukung juga oleh peran pemerintah daerah dalam upaya meningkatkan kinerja UMK (Tabel 38).

Tabel 38. Indikator pembentuk jaringan sosial

No	Indikator	Nilai (%)
1	Ikut serta dalam organisasi	50.00
2	Tingkat inovasi	62.00
3	Pemasaran	86.67
4	Proses produksi	94.00
5	Kemudahan informasi	84.00
6	Akses perbankan	64.67
7	Kerjasama dengan swasta	40.00

2.4 Norma Sosial Pelaku UMKM

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa norma dan nilai sosial yang terjadi pada pelaku usaha adalah kuatnya nilai-nilai agama yang mendukung untuk perkembangan usahanya. Masyarakat Minang dengan mayoritas beragama islam, mereka meyakini bahwa apa yang mereka lakukan harus berlandaskan pada agama yang dapat membimbing mereka dalam melakukan semua kegiatannya. Nilai agama yang dianut masyarakat Minang berdasarkan pada nilai adat yang mengatur yang dikenal dengan falsafah ABS SBK.

Norma sosial pelaku UMK terdiri dari kesediaan membantu orang lain, kemudahan memperoleh tetangga, saudara yang membantu dalam musibah, nilai tradisional dan nilai agama (Tabel 39).

Tabel 39. Indikator pembentuk norma sosial

No	Indikator	Nilai (%)
1	Norma agama	96.67
2	Kesediaan membantu orang lain	92.00
3	Norma tradisional	83.33
4	Bantuan dari tetangga	82.67
5	Bantuan dari saudara	94.00

III. PENUTUP

Kuatnya rasa percaya pelaku UMKM di Kota Padang adalah rasa percaya kepada sesama pelaku usaha. Indikator jaringan yang mempengaruhi kinerja UMK adalah keterlibatan pelaku usaha dalam organisasi. Indikator norma yang mempengaruhi kinerja UMK adalah kesediaan membantu orang lain terkait dengan kegiatan usaha.

Rasa percaya pelaku usaha ditunjukkan oleh kesulitan yang dialami dapat diatasi karena adanya kerjasama sehingga terjadinya komunikasi yang baik antar pelaku. Jaringan yang terbangun mampu memberikan kemudahan dalam proses produksi yaitu penyediaan

bahan baku dan kemudahan informasi pasar. Norma yang terbentuk pada pelaku usaha berdasarkan pada nilai-nilai agama dan adat yang mendukung keberlanjutan usaha, kemudahan memperoleh bantuan dari tetangga dan bersedia membantu baik fisik maupun material dalam masyarakat atau organisasi. Kekuatan modal sosial pelaku UMK ini merupakan nilai-nilai yang tertanam yaitu *bonding social capital* dan *linking social capital*.

Untuk memperkuat modal sosial pelaku UMK di Kota Padang maka perlunya diperkuat organisasi ataupun kelompok bersama (IKM) pelaku usaha yang sejenis sehingga pelaku usaha dapat saling bekerja sama dan memperoleh kemudahan informasi dan pemasaran produk. Pembentukan sentra IKM mengacu kekuatan modal sosial yaitu rasa percaya, jaringan dan norma (nilai sosial) bersama yang mempengaruhi interaksi sosial antar individu dan rasa percaya sebagai nilai perekat sosial dan semangat kewirausahaan sebagai bentuk modal sosial yang mendorong pertumbuhan sentra IKM.

REFERENSI

- Abor J & Quartey P. 2010. Issues in SME development in Ghana and South Africa. Int. Res. J. Financ. Econ. Issue
- Aldrich HE & Martinez MA. 2005. Handbook of entrepreneurship research.
- Apindo. 2012. 37th Confederation of Employer (ACE) CEO and Board of Director Meeting. Apindo Country Report. In Singapura 12 Mei 2012.
- Bank Indonesia 2012. Komoditi, produk jasa usaha unggulan (KPJU) Sumatera Barat Tahun 2011. Laporan Penelitian. Kerja sama Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Padang dan Bank Indonesia.
- Burt RS. 2000. The network structure of social capital. Research in organizational behaviour.
- Fosfuri A & Tribó JA. 2008. Exploring the antecedents of potential absorptive capacity and its impact on innovation performance. Omega 36(2):173-187.

- Fukuyama F. 1995. Trust: the social virtues and the creation of prosperity. Free press, New York..
- Hisrich RD, Peter M & Shepherd DA. 2008. Entrepreneurship kewirausahaan. Salemba Empat. Jakarta.
- Kementerian Koperasi dan UMKM. Perkembangan data usaha mikro, kecil, menengah dan usaha besar tahun 2012-2017 <http://www.depkop.go.id> [diunduh pada 30 Oktober 2018].
- Morosini P. 2004. Industrial Clusters, Knowledge Integration and Performance. World Development, 32 (2):305-326.
- Mursal. 2016. Pengembangan lembaga keuangan mikro syariah di Sumatera Barat berbasis kearifan lokal tungku tigo sajarangan". Jurnal Analytica Islamica 5(1):
- Hastuti E, Teddy O & Defi J. 2015. Petatah petitih kearifan lokal ekonomi dan bisnis masyarakat Minang pedagang rantau di Jakarta. Prosiding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur dan Teknik Sipil). 6:26-32. Universitas Gunadarma. Jakarta.
- Nahapiet J & Ghoshal S. 1998. Social capital, intellectual capital and the organizational advantage. Academy of Management Review, 22(2): 242-266.
- Oktavia. 2011. Kapital sosial ikatan warga Saniangbaka Solok. Jurnal Pelangi 3(2):143-152.
- Ramadhan R & Maftuh B. 2015. Nilai-nilai sosial budaya masyarakat rantau etnis minangkabau sebagai pedagang di pasar al-wathoniyah, cakung, jakarta timur 1.
- Tambunan. 2008. SMEs Development in Indonesia: do economic growth and government support matter? Int. J. Asia-Pacific Stud. 4(2):113-136
- Welsa H, Suharti & Latifah. 2017. Budaya Minangkabau dan implementasi pada manajemen rumah makan Padang di Yogyakarta. Jurnal Ekonomi dan Keuangan. 1(2):118-203.

Epilog

PERSPEKTIF PERTANIAN TROPIKA BASAH: POTENSI DAN TANTANGANNYA DALAM RANGKA PERTANIAN BERKELANJUTAN

Indonesia merupakan negara kepulauan tropika basah yang mengalami panjang hari relatif sama sepanjang tahun, curah hujan tinggi dan singkat, temperatur tinggi. Selanjutnya Indonesia memiliki nilai erupsi tertinggi di dunia yaitu >99%, sehingga memperoleh penyegaran mineral sepanjang waktu yang berasal selain dari aktivitas vulkanik juga dari deposit marine di sepanjang pantai. Tingginya laju penyegaran mineral, potensial untuk dapat menyuburkan dan meningkatkan produktivitas dan kualitas produk pertanian.

Keanekaragaman hayati Indonesia dikenal sebagai yang terlengkap di dunia, sehingga disebut sebagai negara Megabiodiversitas atau negara *Megabiodiversity*. Tingginya keanekaragaman hayati berperan penting dalam agroekosistem, karena dapat menjaga kestabilan ekosistem, sehingga perkembangan hama dan patogen tanaman akan terkendali dan selalu berada dibawah ambang kerusakan ekonomis. Peningkatan keanekaragaman dan populasi organisme di dalam tanah mampu memperpanjang daur hara, mencegah kehilangan hara N, P, dan K yang selanjutnya dilepaskan kembali ke dalam subsistem tanah. Sumber daya hayati tanah (mikroorganisme maupun fauna tanah) pada prinsipnya mampu mengendalikan ketersediaan hara tanah terutama N (penambatan N₂-udara) dan P (pelepasan/pelarutan dari jerapan/ikatan P-tanah) serta perbaikan sifat fisik tanah.

Disamping itu banyak jenis mikroorganisme tanah juga berperan dalam perlindungan tanaman terhadap hama dan patogen tanaman, baik secara langsung (kompetisi, antibiosis, lisis, parasitasi dan lain-lain) ataupun tidak langsung (peningkatan ketahanan/toleransi dan pertumbuhan tanaman). Mekanisme

peningkatan ketahanan/toleransi tanaman oleh mikroorganisme tanah tidak hanya mengendalikan patogen dalam tanah, tetapi juga mampu mengendalikan hama dan patogen pada filoplan (bagian atas tanaman: daun, batang, bunga, buah dan lain-lain). Lahan dengan tanaman tahunan yang memiliki naungan dan tidak ada pengolahan tanah intensif menjadi habitat utama bagi fauna dan mikroorganisme tanah. Konservasi fauna dan mikroorganisme tanah berperan penting dalam memperpanjang daur hara dan energi serta memiliki kemampuan memperbaiki sifat fisik tanah. Konservasi fauna dan mikroorganisme tanah perlu diupayakan dengan menyediakan habitat yang tepat di sekitar kawasan lahan produksi.

Tantangan yang harus dihadapi dalam budidaya pertanian tropikal basah, antara lain tingginya laju pelapukan yang akan mempercepat penyusutan bahan organik tanah, sehingga tanah-tanah pertanian di Indonesia umumnya memiliki kandungan bahan organik yang rendah. Lahan di wilayah Indonesia bagian Barat memiliki deposit mineral primer dan kandungan bahan organik tanah lebih rendah, dibandingkan dengan wilayah yang lebih kering di bagian Timur. Disamping itu Indonesia juga memiliki tanah mineral bermasalah dalam kaitannya dengan tingginya laju dekomposisi bahan organik, erosi tanah, dan pencucian hara. Pada wilayah dengan curah hujan tinggi, laju degradasi tanah berlangsung cepat. Tanah umumnya didominasi oleh Oxisol, Ultisol, Inceptisol dan Organosol. Tanah-tanah ini tergolong tanah sub-optimal dengan produktivitas rendah karena faktor erosi dan mengakibatkan terjadinya degradasi lahan pertanian di wilayah tropika basah .

Permasalahan lainnya adalah tingginya peluang budidaya tanaman secara intensif di Indonesia, memungkinkan percepatan perkembangan/peningkatan populasi hama dan patogen karena keberadaan tanaman inang sepanjang tahun. Untuk mengatasinya umumnya lebih banyak digunakan teknik pengendalian secara kimia terutama pestisida sintetik. Dampak penggunaan pestisida sintetik adalah terjadinya ketahanan hama, peningkatan populasi hama,

matinya organisme bukan sasaran/musuh alami, munculnya hama baru, kesehatan lingkungan dan konsumen.

Teknik budidaya tanaman saat ini diarahkan untuk menunjang program pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*) dengan menerapkan sistem usahatani yang mampu memelihara sumberdaya alam, memelihara lingkungan hidup, menghasilkan produk yang efisien, memiliki daya saing komersial, dan meningkatkan kualitas hidup petani dan masyarakat secara keseluruhan. Prinsip utama pertanian berkelanjutan adalah mempertimbangkan aspek ekonomi (memelihara kelayakan ekonomi usaha tani, menghasilkan pangan yang sesuai kebutuhan), ekologi (optimisasi pengelolaan sumberdaya alam, memelihara lingkungan dan keanekaragaman hayati) dan sosial (menopang kesejahteraan masyarakat setempat, melindungi kesehatan petani dan konsumen).

Peranan penting pertanian berkelanjutan saat ini adalah menawarkan potensi untuk memenuhi kebutuhan pertanian masa depan, yang tidak dilakukan dalam teknik pertanian konvensional. Pertimbangan utama dari pertanian berkelanjutan terfokus pada kegiatan yang terintegrasi antara kesehatan lingkungan, kelayakan ekonomi dan keadilan sosial sehingga menjamin produktivitas sumber daya alam dalam jangka panjang dan peningkatan taraf hidup masyarakat.

Beberapa masalah penting dalam sistem produksi pertanian yang berkaitan dengan pertanian berkelanjutan, seperti peningkatan kerusakan lingkungan dan konservasi sumberdaya alami. Produksi pertanian secara intensif memerlukan sarana produksi dari luar (*external input*) yang tinggi terutama pupuk dan pestisida buatan yang menyebabkan peningkatan pencemaran lingkungan dan produk yang tidak aman bagi konsumen. Sehingga daya saing produk pertanian menurun baik di dalam negeri, apalagi di luar negeri. Pelestarian dan pemberdayaan sumber daya hayati lokal secara fungsional dalam sistem usaha tani merupakan faktor yang penting agar sistem produksi pertanian menjadi efisien/murah, lestari dan ramah lingkungan.

Berdasarkan hal di atas, maka dalam rangka Lustrum Fakultas Pertanian Universitas Andalas ke XIII beberapa Dosen mengungkapkan pokok-pokok pikirannya yang terhimpun dalam tema: “Perspektif Pertanian Tropika Basah: Potensi dan Tantangannya dalam Rangka Pertanian Berkelanjutan”.

Tugas pertanian ke depan tidak hanya untuk menghasilkan pangan atau tangible product, tetapi pertanian itu sendiri juga merupakan multi fungsi, seperti fungsi lingkungan, fungsi ketahanan pangan, fungsi ekonomi dan fungsi sosial budaya, sehingga tidak saja petani yang memperoleh keuntungan tetapi juga masyarakat luas tentang fungsi lahan dan manfaat dari pertanian ke depan. Dalam kaitan dengan pengelolaan ekosistem untuk budidaya tanaman di daerah tropika basah, maka pokok-pokok pikiran yang telah disampaikan Dosen Fakultas Pertanian Universitas Andalas dari aspek Pertanian Tropika Basah antara lain: kebijakan dan praktek pertanian konvensional perlu diubah menjadi kebijakan dan praktek pertanian berkelanjutan yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan produk pertanian dan pangan masa kini tanpa mengorbankan hak pemenuhan kebutuhan produk pertanian dan pangan generasi masa mendatang (Muhsanati: “Karakteristik Agroekosistem Tropika, Permasalahan serta Penanggulangannya”).

Demikian penting dan luasnya layanan ekosistem tanah di daerah tropika basah seperti di Indonesia, dalam mendukung kehidupan manusia, maka kita harus memanfaatkan dan memperlakukannya secara terintegrasi dan berkelanjutan. Untuk menuju tercapainya pelestarian lingkungan ekosistem sumber daya lahan, maka perlu adanya upaya-upaya yang harus dipertimbangkan dan diperhatikan oleh Pemerintah dan masyarakat ke depan, yaitu: Peningkatan simpanan (*sequestration*) karbon di dalam tanah tropika basah adalah melalui pengurangan intensitas pengolahan tanah, terassering di lahan miring, aplikasi bahan organik secara teratur seperti pupuk kandang, pupuk hijau, kompos dan *biochar* (Yulnafatmawita: “Sequestrasi bahan organik: kunci utama pelestarian lingkungan dan pertanian di daerah tropis basah”).

Upaya untuk melindungi, memulihkan, meningkatkan dan memelihara fungsi tanah melalui penyelenggaraan konservasi tanah dan air (KTA), seperti telah diamanatkan oleh Undang Undang Konservasi Tanah dan Air Nomor 37 tahun 2014, melalui metode KTA secara vegetasi, metode KTA secara agronomi, metode KTA secara sipil teknis dan metode KTA secara manajemen, sehingga melalui metode KTA tersebut dapat mendukung pembangunan berkelanjutan dan kehidupan yang lestari bagi bangsa Indonesia. Maka ilmu pengetahuan dan teknologi yang terkait dengan KTA yang mampu memberdayakannya secara berkelanjutan. Diharapkan manusia kelak dapat mengelola tanah secara berkelanjutan dalam rangka membangun peradapan baru (Bujang Rusman: “Konservasi tanah dan air untuk keberlanjutan pertanian tropika basah di Indonesia”).

Kebijakan dalam pengelolaan sumber daya lahan di kawasan DAS diperlukan penekanan dalam pemanfaatan teknologi dan penunjang operasional, khususnya pada lembaga-lembaga/stakeholder terkait dalam pengelolaan kawasan DAS. Dalam pengembangan pengelolaan lahan dalam kawasan DAS minimal ada lima teknologi yang harus dilakukan, meliputi: (1) Kondisi lingkungannya dapat mendukung kegiatan teknis, (2) Menguntungkan secara ekonomis, (3) Tidak bertentangan dengan kondisi sosial masyarakat setempat dan teknologinya mendorong motivasi petani, (4) Tidak merusak atau mencemari lingkungan, dan (5) Kegiatan teknisnya mampu memberikan dorongan secara berkelanjutan terhadap pertumbuhan wilayah (Aprisal: “Manajemen lahan berbasis daerah aliran sungai (DAS)”).

Keberadaan Danau Singkarak yang merupakan daerah tampung air (DTA), secara hidrologi, jumlah air yang mengalir berasal dari pergunungan di sekitarnya, tidak hanya berfungsi untuk PLTA, tetapi juga untuk perikanan dan irigasi bagi wilayah pertanian terutama kawasan sentra penghasil beras. Untuk itu perlu ada upaya perbaikan lingkungan dan ekosistemnya untuk keseimbangan tata air melalui program penghijauan dan program RHL (rehabiltasi hutan dan lahan) di hulu DAS yang secara hidrologi berfungsi sebagai kawasan

konservasi air untuk kawasan budidaya (Azwar Rasyidin: “Daerah tangkapan air (DTA) Singkarak sebagai daerah penyanggah pangan nasional, tinjauan hidrologi dan potensi lahan basah”).

Masalah utama kegiatan usaha tani di kawasan tropika basah adalah mengenai kandungan hara tanah rendah, ketersediaan bahan organik tanah, dan maupun bahan organik tanah akan lebih cepat melapuk dan menghasilkan mineral sekunder serta melepaskan unsur hara yang terkandung didalamnya. Tingginya laju pelapukan, pencucian maupun erosi tanah dapat mempercepat penyusutan ketersediaan hara dan kandungan bahan organik tanah, iluviasi liat ke lapisan bawah, dan tanah lapisan atas banyak mengalami erosi. Perpanjangan daur hara dan energi dalam subsistem tanah perlu ditingkatkan, sehingga hara dan energi di dalam tanah tidak cepat mengalami penyusutan. Keanekaragaman hayati pada subsistem tanah berperan langsung maupun tidak langsung terhadap daur hara dan air.

Aspek Teknologi Dasar untuk Pertanian Tropika Basah, antara lain: Lahan gambut tidak hanya memiliki fungsi lingkungan dan produksi pertanian saja, tetapi juga berfungsi di bidang sosial ekonomi masyarakat, pemerintah dan Negara. Lahan gambut merupakan sumber pendapatan bagi masyarakat di sekitarnya yang berkontribusi dan memberikan sumbangan devisa Negara khusus di bidang perkebunan. Peluang untuk lebih meningkatkan produktivitas lahan gambut di masa datang masih cukup terbuka. Perlu adanya upaya strategi pengembangan lahan gambut yang lebih terarah dan terpadu dengan menempatkan masalah asam-asam organik meracun sebagai masalah utama yang harus diatasi untuk pengembangan lahan pertanian. Peluang untuk lebih meningkatkan produktivitas lahan gambut di masa datang nampaknya masih cukup terbuka, melalui strategi pengembangan lahan gambut yang lebih cepat, terarah dan terpadu, dengan menempatkan masalah asam-asam organik meracun sebagai masalah utama. Penelitian-penelitian yang akan dilakukan melalui bidang kajian kimia-kesuburan tanah dan mikrobiologi tanah diarahkan pada perilaku dan pengendalian asam-asam organik meracun. Sedangkan untuk bidang kajian pemuliaan tanaman

diarahkan pada penciptaan varietas-varietas tanaman yang toleran terhadap asam-asam organik meracun yang tinggi dan pH tanah yang rendah. Pengelolaan lahan gambut yang tepat dapat meminimalisir dampak negatif pada lahan gambut dan mampu meningkatkan kesejahteraan petani, ketahanan pangan serta devisa negara (Teguh Budi Prasetyo: “Strategi Pengembangan Lahan Gambut Di Masa Datang Untuk Mendukung Pangan Nasional”).

Sifat fisik tanah tufa batu apung umumnya sangat *porous* sekali, sehingga mudah melewati air, disamping itu bobot isinya sangat rendah sehingga mudah hanyutkan oleh air. Pengendalian aliran permukaan, erosi dan longsor dapat menggunakan tanaman konservasi namun antara masing masing tanaman rumput vetiver, rumput raja, rumput gajah, dan *Tithonia* memperlihatkan pengaruh yang sama. Upaya pengendalian erosi dan longsor ini dapat dilakukan dengan menggabungkan antara metoda mekanis dengan pembuatan teras bangku, saluran drainase, dan lain dengan dengan penggunaan gabungan tanaman vetiver dengan rumput gajah atau rumput Raja terutama pada lahan berkemiringan > 25 % atau lebih atau lahan yang rawan longsor. Penggunaan tanah yang berasal dari tufa batu apung harus hati hati dan dianjurkan menggunakan tanaman konservasi seperti tanaman rumput Raja, rumput gajah dan vetiver dan gabungan dengan pembuatan teras yang dipinggir tebing teras ditanami dengan rumput rumput tersebut di atas atau pada tebing saluran drainase (Amrizal Saidi: “Tanah Berbahan Induk Batu Apung dan Pengelolaannya”).

Budidaya padi sistim ratun berpotensi dikembangkan karena sistim tersebut memberikan banyak manfaat diantaranya meningkatkan indeks pertanaman, meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman, menjaga kemurnian genetik, meningkatkan pendapatan petani, berpotensi mengembalikan jerami sehingga menuju pertanian organik ramah lingkungan dan berkelanjutan, serta dapat mengatasi permasalahan daerah yang kekurangan tenaga kerja dan mahal. Sistim ratun dapat menambah hasil padi hanya dengan memberikan input minimal sehingga dapat mengatasi kekurangan modal usaha bagi

petani miskin. Teknologi ratun dengan waktu tanam yang tepat dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan padi terhadap perubahan iklim. Pemanfaatan varietas berdaya hasil tinggi pada budidaya padi sistim ratun meningkatkan produksi padi per musim tanam tanpa menambah luas lahan, umurnya pendek, kebutuhan air sedikit, biaya produksi rendah karena penghematan dalam pengolahan tanah, penanaman, dan bibit. Budidaya padi sistim ratun berpotensi besar untuk dikembangkan, namun potensi tersebut dapat terealisasi dengan baik jika faktor utama yang berpengaruh terhadap produktivitas padi itu sendiri harus mendapat prioritas utama dalam pengembangannya. Faktor tersebut adalah varietas padi, kondisi tunggul padi, dan lingkungan. Pemanfaatan varietas padi yang sesuai dan pengelolaan tunggul yang tepat serta faktor lingkungan yang cocok merupakan faktor yang saling menentukan dalam upaya meningkatkan produktivitas padi sistem ratun. Penerapan budidaya padi sistim ratun melalui pemanfaatan varietas berdaya hasil tinggi, pengelolaan tunggul padi yang tepat, dan menciptakan lingkungan yang sesuai diperkirakan dapat memberi andil yang cukup besar dalam meningkatkan produktivitas padi nasional, namun demikian pengujian beberapa varietas padi spesifik lokasi, pengelolaan tunggul padi, dan lingkungan yang cocok pada budidaya sistim ratun masih perlu ditindak lanjuti (Auzar Syarif: "Potensi Pengembangan Budidaya Padi Sistim Ratun").

Teknologi perakitan varietas, dalam hal ini perakitan varietas hibrida toleran lahan masam dan teknologi produksi jagung di lahan masam merupakan beberapa alternatif yang ditawarkan untuk meningkatkan produksi jagung nasional. Lahan masam adalah lahan marginal yang memiliki potensi dari segi keluasan namun memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah disamping masalah toksisitas Al (aluminium). Penggunaan varietas hibrida unggul jagung berdaya hasil tinggi serta toleran terhadap lahan masam merupakan salah satu alternatif bagi peningkatan produksi jagung di lahan masam. Perakitan varietas membutuhkan proses yang lama karena membutuhkan galur inbrida sebagai hasil penyerbukan sendiri selama minimal 5 generasi. Galur inbrida juga harus diseleksi untuk mendapatkan tetua yang

toleran terhadap Al. Galur inbrida kemudian saling disilangkan untuk mendapatkan hibrida yang berdaya hasil tinggi dan toleran terhadap lahan masam. Hasil uji multilokasi varietas hibrida terpilih menunjukkan hibrida toleran lahan masam berproduksi lebih baik dibandingkan dengan varietas bersari bebas dan hibrida komersial di lahan masam. Penanaman jagung di lahan masam juga harus disesuaikan dengan tipologi lahan, apalagi ketika jagung dipilih sebagai tanaman sela pada lahan sawit yang sedang melakukan peremajaan (1–4 tahun). Lahan sawit pada umumnya memiliki kontur berbukit dan bergelombang sehingga pengelolaan lahan untuk tanaman jagung dengan tetap memperhatikan konservasi lahan menjadi penting. Pengolahan tanah intensif maupun minimum disarankan dibarengi dengan penambahan kapur 1x Al-dd ataupun bahan organik sebesar 10 ton/ha untuk menghasilkan pertumbuhan jagung yang baik di lahan sawit yang bereaksi masam. Teknologi perakitan varietas dan produksi jagung di lahan masam merupakan teknologi *on farm* yang melibatkan adopsi petani. Ada banyak lagi permasalahan yang lebih kompleks berkaitan dengan upaya peningkatan produksi jagung nasional demi menjadikan Indonesia sebagai lumbung pangan dunia pada tahun 2045 (P.K. Dewi Hayati: “Teknologi Perakitan Varietas dan Peningkatan Produksi Jagung di Lahan Masam”).

Kebutuhan terhadap pangan merupakan kebutuhan mendasar bagi setiap manusia yang hidup di permukaan bumi ini. Pangan merupakan sumber karbohidrat dan sebagai sumber energi bagi makhluk hidup khususnya manusia. Kebutuhan mendasar terhadap pangan menyebabkan manusia selalu berusaha memenuhi kebutuhan pokok tersebut untuk melanjutkan kehidupannya. Kebutuhan terhadap pangan merupakan kebutuhan mendasar bagi setiap manusia yang hidup di permukaan bumi ini. Pangan merupakan sumber karbohidrat yang merupakan sumber energi bagi makhluk hidup khususnya manusia. Kebutuhan mendasar membuat manusia selalu berusaha memenuhi kebutuhan pokok tersebut untuk melanjutkan

kehidupannya. Sumber karbohidrat bagi manusia beraneka ragam, seperti kentang, gandum, jagung, *sorghum*, singkong, talas dan beras.

Banyaknya jenis beras merah di Sumbar yang telah ditemukan berpotensi untuk dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Sebelum dilepaskan secara massal, varietas-varietas ini harus mengalami pengujian secara ilmiah baik dari segi produktivitas dan ketahanan terhadap cekaman biotik (OPT) dan abiotik (Al dan Fe). Sifat unggul lainnya seperti ketahanan terhadap OPT juga mutlak dimiliki suatu varietas agar ketika ditanam dan di daerah tersebut terdapat OPT utama padi yaitu WBC dan *blast*. Pengujian beras merah Sumbar yang tahan terhadap cekaman Al dan Fe perlu dilakukan mengingat sebagian besar tanah di Indonesia terutama di Sumbar masih banyak tercekam oleh Al dan Fe (Indra Dwipa: “Potensi Beras Merah Sumatera Barat dan Kesehatan di Masa Depan”).

Pengembangan talas sebagai diversifikasi pangan utama masih banyak yang perlu diteliti seperti peningkatan hasil, kualitas umbi, seleksi klon unggul dari berbagai daerah di Sumatera Barat dan lain-lain, sehingga memenuhi standar mutu pangan. Berbagai keunggulan talas baik dari segi kuantitas maupun kualitas, diharapkan dapat memenuhi kecukupan pangan nasional, serta mewujudkan pangan lokal yang sehat bagi masyarakat. Tentu hal ini dilakukan dengan melakukan kemandirian dan kedaulatan pangan yang diwujudkan melalui diversifikasi pangan baik produksi, ketersediaan, maupun konsumsi (Zulfadli Syarif dan Nugraha Ramadhan: “Talas: Keanekaragaman Jenis dan Potensinya sebagai Pangan Alternatif di Sumatera Barat”).

Untuk mencapai keamanan pangan baik secara keanekaragaman produk, kuantitas maupun kualitas perlu dipertimbangkan. Pokok-pokok pikiran yang telah disampaikan akan dapat menjadi dasar dalam mengkaji Potensi Diversifikasi Pangan di daerah tropikal basah umumnya dan Sumatera Barat khususnya, yang meliputi: “Potensi Beras Merah Sumatera Barat dan Kesehatan di Masa Depan oleh Indra Dwipa. “Talas: Keanekaragaman Jenis dan Potensinya sebagai Pangan Alternatif di Sumatera Barat Mewujudkan

Ketahanan Pangan yang Berkelanjutan” oleh Zulfadli Syarif dan Nugraha Ramadhan.

Pertanian berkelanjutan merupakan sistem yang mampu memelihara produktivitas dan manfaat bagi keseluruhan masyarakat untuk rentang waktu yang tak terbatas. Sistem pertanian yang demikian harus menerapkan sistem usahatani yang mampu memelihara sumberdaya alam dan lingkungan hidup, menghasilkan produk yang efisien, memiliki daya saing komersial, dan meningkatkan kualitas hidup petani dan masyarakat secara keseluruhan. Aplikasi Terapan dalam Budidaya Tanaman dalam pelaksanaan pertanian berkelanjutan, antara lain pengoptimalan sumber daya lokal melalui penggunaan komponen yang berbeda dari sistem usaha tani (tanaman, hewan, air, tanah, iklim) diharapkan dapat berfungsi secara sinergis, sehingga dapat menurunkan penggunaan input dari luar berupa bahan yang tidak terbarukan yang punya potensi merusak lingkungan dan meminimalkan biaya variabel. Penggunaan input internal dalam agroekosistem adalah penting untuk menjamin produksi pertanian yang berkelanjutan dalam jangka panjang, seperti siklus nutrisi yang dapat dikonservasi, mengusahakan sumber daya lokal, perbaikan pola tanam yang cocok dengan potensi produksi, lingkungan dan lanskap. Untuk itu perlu pemantauan keanekaragaman hayati pada lingkungan alami dan lanskap buatan dengan mengoptimalkan penggunaan potensi biologis dan genetik dari tanaman dan hewan. Selanjutnya juga dapat ditinjau pemanfaatan pengetahuan praktis lokal melalui pendekatan inovatif yang telah digunakan petani secara luas.

Untuk mendukung program pertanian berkelanjutan, maka pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT) mengacu pada program pengendalian hama terpadu (PHT). Program PHT yang dikembangkan akhir-akhir ini lebih dinamis, pendekatannya berwawasan ekologis dengan pertimbangan usaha tani yang spesifik lokasi perlu dipahami dan dikelola untuk meminimalkan perkembangan OPT. Prinsip utama pengendalian OPT mengarah pada pengoptimalan sumber daya hayati di lingkungan agroekosistem (indigenus) dengan pertimbangan ekologis dan ekonomis. Teknologi

biokontrol menggunakan rizobakteri pemicu pertumbuhan tanaman atau *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang bersifat multimekanisme, seperti kompatibel untuk pengendalian beberapa jenis penyakit dan juga hama tanaman yang efektif, meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Penggunaan rizobakteri untuk pengendalian hama dan penyakit tanaman di kawasan tropika basah lebih menguntungkan dibandingkan dengan teknik pengendalian lainnya, karena ramah lingkungan, sumberdaya lokal (indigenus), bersifat multimekanisme sehingga produk yang dihasilkan berdaya hasil tinggi, aman dikonsumsi, berdaya saing tinggi dan menguntungkan secara ekonomi. Untuk itu perlu diteliti dan dikembangkan secara luas penggunaan PGPR sebagai salah satu strategi untuk meningkatkan produktivitas tanaman yang efisien, ekonomis dan ramah lingkungan. Penggunaan PGPR bisa menjadi komponen yang sukses untuk perlindungan tanaman jika teknologi ini dapat dikomersialkan dan diaplikasikan oleh petani. Formulasi merupakan langkah awal di dalam usaha pengendalian hayati agar dapat diusahakan secara komersial. Saat ini telah dikembangkan beberapa bioformulasi konsorsium galur rizobakteri yang mampu mengendalikan OPT serta meningkatkan pertumbuhan. Salah satu produk yang telah dipatenkan yaitu produk YUYAOST (ID: Poo201708665), BIOYURA (PID 201807941) dan BACICHAUYURA (PID 201907140). Pengembangan produk ini diharapkan dapat menjadi langkah awal komersialisasi serta hilirisasi penelitian. Sehingga hasil penelitian dapat diterima dan dipergunakan secara luas oleh masyarakat (Yulmira Yanti: “Peranan Rizobakteri dalam Menunjang Pertanian yang Berkelanjutan”).

Pemanfaatan sumber daya hayati tanah merupakan strategi penting dalam upaya meningkatkan bahan organik tanah, mencegah erosi dan pencucian hara, dan jelajah akar tanaman semakin luas, serta ketersediaan air tanah lebih baik. Diantara mikroba, salah satunya yang bermanfaat dan berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai biofertilizer adalah cendawan (fungi) mikoriza. Cendawan mikoriza bersimbiosis dengan akar tanaman dan berhubungan secara

mutualistik (saling menguntungkan). Hubungam ini terjadi karena cendawan dapat mengkolonisasi akar tanaman, sehingga menguntungkan bagi tanaman inang yaitu pertumbuhan tanaman lebih baik dan hasilnya meningkat. Cendawan juga mendapatkan keuntungan karena dapat memperoleh makanan sebagai energi dari tanaman inangnya. Kelompok cendawan mikoriza yang telah banyak diteliti dan dikembangkan bersifat multifungsi, yaitu sebagai biofertilizer untuk berbagai jenis tanaman, biokontrol untuk pengendalian hama dan penyakit tanaman dan bioremediasi adalah fungi mikoriza arbuskula (FMA). Berdasarkan hasil penelitian tim penulis beserta mahasiswa S₁, S₂ dan S₃ Universitas Andalas sudah lebih dari 150 penelitian tentang FMA pada berbagai jenis tanaman sejak tahun 1990an, maka pada tahun 2018 telah keluar merek dagang pupuk hayati “CEMIKO” no 3DN000620536 (Eti Farda Husin dan Azar Syarif: “Peranan Cendawan Mikoriza Indigenus (CEMIKO) sebagai Pupuk Hayati di Daerah Tropika Basah”).

Lanskap pertanian (persawahan) pada daerah tropika basah di Indonesia terdiri dari berbagai ekosistem yaitu: padi, sayuran, palawija, vegetasi liar dan lahan bera. Struktur lanskap pertanian yang beragam dan kompleks dapat meningkatkan keanekaragaman dan kelimpahan Hymenoptera parasitoid. Dengan kata lain, lanskap pertanian yang terdiri dari berbagai ekosistem, termasuk vegetasi liar yang dapat sebagai habitat refugia dan menyediakan berbagai infrastruktur yang dapat dimanfaatkan oleh parasitoid dan pada akhirnya dapat mengkonservasi dan meningkatkan keanekaragaman parasitoid yang mendiami lanskap pertanian tersebut (Yaherwandi: “Ekologi Lanskap dan Konservasi Hymenoptera Parasitoid”).

Minyak nilam merupakan salah satu komoditas ekspor unggulan di Indonesia, karena penyumbang devisa terbesar di antara tanaman atsiri lainnya dan sebagai pemasok 90 % kebutuhan minyak nilam dunia. Di Sumatera Barat budidaya tanaman nilam tersebar di semua Kabupaten. Salah satu sentra nilam di Sumatera Barat adalah Kabupaten Pasaman Barat. Umumnya jenis nilam yang ditanam adalah klon lokal. Keberadaan klon lokal ini berperan penting sebagai

sumber plasma nutfah, karena telah beradaptasi secara luas dan bersifat spesifik lokasi. Disamping itu klon lokal memiliki keragaman genetik yang masih alami. Salah satu sumber gen untuk perbaikan tanaman berasal dari keragaman genetik alami. Kabupaten Pasaman Barat mempunyai potensi sebagai daerah pengembangan klon harapan tanaman nilam, karena telah ditemukannya 7 jenis klon unggul lokal, 2 klon sangat potensial sebagai klon harapan baru, yaitu: Aksesori Rimbo Binuang dan Situak. Nagari Situak punya potensi untuk pengembangan nilam di Kabupaten Pasaman Barat karena aksesori Situak mengandung kadar Patchouli Alkohol yang tinggi (Reni Mayerni: "Potensi Nilam Sumatera Barat untuk Indonesia").

Pengembangan komoditas hortikultura andalan rakyat ke depan sangat tergantung dari intervensi, dukungan dan fasilitasi berbagai pihak terkait. Pada satu sisi, dalam kondisi sekarang daya saing komoditas tertentu di kawasan sentra produksinya kemungkinan sudah berkurang dan komoditas alternatif ternyata berkembang secara mapan. Sebaliknya, peran komoditas tersebut tetap diharapkan baik sebagai diversifikasi sumber pendapatan dan kesempatan kerja maupun ketersediaannya dalam memenuhi kebutuhan konsumsi masyarakat. Prinsip keunggulan komparatif pada kawasan-kawasan yang agrosistemnya sesuai menjadi prioritas pengembangan komoditas ini (Warnita: "Pengembangan Tanaman Hortikultura di Sumatera Barat").

Sumberdaya lahan pertanian terutama untuk pertanian pangan di Indonesia terus menerus mendapat tekanan dari kebutuhan lahan pertumbuhan sektor industri, jasa dan perdagangan serta pemukiman. Pokok-pokok pikiran Dosen dari aspek Sosial Ekonomi Pertanian, antara lain: pertumbuhan penduduk yang masih berkisar 2% per tahun sudah barang tentu mendorong permintaan lahan untuk perumahan, begitu juga peningkatan pendapatan juga mendorong permintaan atas barang industri dan jasa. Untuk itu perlu dipertahankan luasan areal pertanian pangan agar laju konversi lahan dapat ditekan (Rahmat Syahni dan Rusda Khairati: "Pertumbuhan Penduduk dan Dampaknya Terhadap Ketersediaan Lahan Sawah di Sumatera Barat").

Dalam hubungan dengan melestarikan lahan pertanian pangan ini juga, ternyata kebijakan lahan pertanian pangan berkelanjutan (LP2B) belum efektif menahan laju konversi lahan pangan. Persoalannya terletak pada perencanaan lahan pertanian berkelanjutan seperti yang dituangkan dalam perencanaan ruang wilayah karena keberadaan lahan pertanian pangan berkelanjutan tidak hanya terkait dengan sektor pertanian saja, tetapi juga melibatkan banyak sektor lain di luar pertanian (Melinda Noer: “Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan Dan Perencanaan Lahan”).

Modal kedua yang dibahas dalam volume ini adalah modal sosial pada usaha industri pengolahan dan pemasaran hasil pertanian. Penguatan modal sosial diantara para pelaku UMKM, meskipun modal sosial seperti kekerabatan masih kuat di antara masyarakat Minang akan tetapi lemah dalam pengorganisasian para pelaku usaha mikro dan kecil ini. Oleh sebab itu perlu penguatan organisasi diantara pelaku usaha mikro dan kecil (UMKM) (Devi Analia: “Modal Sosial Mengikat (*Bonding Social Capital*) Usaha Mikro Kecil Menengah Kota Padang Sumatera Barat”). Pertanian berkelanjutan adalah sebuah upaya pengelolaan sumberdaya atau modal, dalam hal ini ada lima jenis modal, yaitu: alam, manusia, keuangan, sarana dan prasarana (fisik), dan sosial. Modal alam mencakup lahan, plasma nutfah, air, mikro organisme, pollinator, musuh alami, dan lain lain. Modal manusia mencakup jumlah dan kualitas pendidikan, keetrampilan, pengalaman, kemampuan manajerial, dan etos kerjanya. Modal keuangan adalah tabungan, akses kredit, dan subsidi pemerintah. Modal sarana dan prasarana mencakup prasarana perhubungan, pengairan, gudang, pengolahan dan alat serta mesin pertanian. Modal sosial mencakup jaringan sosial, kepercayaan, norma dan nilai sosial. Fungsi pengelolaan secara umum terdiri atas empat tahap, yaitu: perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengawasan. Pertanian berkelanjutan, terkait dengan pengelolaan sumberdaya sedemikian rupa hingga mampu meningkatkan kualitas, akan lebih baik bila mampu juga meningkatkan kuantitasnya. Sayangnya, hampir semua modal pertanian mengalami penurunan kualitas dan

kuantitasnya seperti degradasi lahan, kehilangan plasma nutfah, kerusakan prasarana pengairan, dan berkurangnya minat generasi muda terhadap sektor pertanian. Begitu juga akses terhadap modal finansial yang makin berkurang karena kredit yang tersedia makin tidak terjangkau. Keadaan makin diperparah dengan makin menipisnya modal sosial berupa kepercayaan sesama petani dan makin terbatasnya jejaring petani.

Tantangan mendasar bagi pertanian berkelanjutan adalah penggunaan sumberdaya internal/lokal secara lebih baik dan efisien. Usaha untuk mengatasinya adalah dengan mengurangi penggunaan sarana produksi dari luar (*external input*), dan meregenerasi (*regenerating*) sumberdaya internal/lokal secara lebih efektif, atau kombinasi keduanya. Pentingnya fungsi ekosistem tanah dalam mendukung kehidupan manusia ke depan, untuk itu diperlukan terintegrasinya ilmu pengetahuan dan teknologi atau *research and development* (R and D) dalam bidang Ilmu Tanah dengan disiplin ilmu lainnya dalam lingkungan Universitas Andalas, secara berkelanjutan, sehingga mampu memberdayakan sumber daya lahan secara berkelanjutan. Dengan mempelajari dan memahami hasil-hasil penelitian dan pokok pikiran Dosen Fakultas Pertanian diharapkan kelak akan dapat mengelola areal pertanian tropika basah secara berkelanjutan dalam rangka membangun peradaban baru umat manusia. Dalam kaitan dengan pengelolaan ekosistem di daerah tropika basah, pokok-pokok pikiran yang telah disampaikan bahwa pembangunan pertanian berkelanjutan hanya dapat dicapai jika ekosistem sebagai sumber daya alami haruslah dilindungi dan dikonservasi dengan baik.

Upaya penggunaan dan pemanfaatan lahan pertanian ke depan harus dilaksanakan dalam rangka menuju keberlanjutan pertanian tropika basah dengan cara melindungi, memulihkan, meningkatkan dan memelihara fungsi ekologis pada lahan pertanian melalui penyelenggaraan konservasi tanah, air, dan keanekaragaman hayati, sehingga dapat mendukung pembangunan berkelanjutan dan kehidupan yang lestari bagi bangsa Indonesia, sehingga manfaatnya dapat didayagunakan secara berkelanjutan untuk lintas generasi dengan moto: *No Agriculture, No Soil, No Food, No Life*.

Biodata Penulis dan Editor



Prof. Dr. Ir. Amrizal Saidi, MS dilahirkan di Sumanik, Batusangkar tanggal 27 Maret 1949. Gelar Sarjana Pertanian diperoleh pada tahun 1978 dari Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang. Magister Sains diperoleh dari Universitas Padjadjaran Bandung pada tahun 1988 dalam Bidang Fisika Tanah sedangkan gelar Doktor diperoleh dari Universitas Padjadjaran Bandung pada tahun 1995 dalam bidang Reklamasi lahan dan Konservasi Tanah dan Air. Tahun 1994 mengikuti IAEA

fellowship Program di Department of Land, Air and Water Resources di University of Davis, California USA dalam bidang hydrology science.

Tahun 1976 - 1979 bekerja di Trans Sumatra Highway Transmigration Project yang merupakan proyek kerjasama antara Indonesia dengan Inggris. Pada tahun 1979 sampai sekarang menjadi dosen tetap Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Unand Padang. Sejak tahun 1998 - 2019 menjadi kepala Labotorium Fisika dan Konservasi Tanah dan Air. Diamanahi sebagai ketua Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Unand Padang tahun 1998 - 2003. Sejak tahun 2004 menyandang gelar Guru Besar Fisika Tanah pada Fakultas Pertanian Universitas Andalas.

Penulis telah banyak melakukan penelitian dan mempresentasikan hasil penelitian pada seminar berskala nasional maupun internasional. Bidang kajian yang diminati adalah fisika tanah terutama yang berkaitan dengan air tanah dan konservasi tanah dan air, serta pengelolaan daerah aliran sungai. Penulis telah menghasilkan beberapa buku yaitu Fisika Tanah dan Lingkungan yang diterbitkan tahun 2006 dan buku Karakteristik Daerah Aliran Sungai Tropika dan Pengelolaannya yang diterbitkan tahun 2013.



Prof. Dr. Ir. Bujang Rusman, MS

dilahirkan di nagari Sumanik, Batusangkar pada tanggal 10 Oktober 1949. Lulus sebagai sarjana pertanian pada Fakultas Pertanian, Universitas Andalas Padang pada tahun 1976. Melanjutkan studi program S2 Ilmu Tanah di Universitas Padjadjaran dan lulus dengan predikat cum laude pada tahun 1984 dan S3 pada institusi yang sama tahun 1990.

Pada tahun 1976-1979 berperan sebagai counterpart team pada Indonesia – United Kingdom Transmigration Project. Memulai karier PNS sebagai staf pengajar pada jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas pada tanggal 1 Januari 1979 dan menjadi Guru Besar Tetap Konservasi Tanah dan Air sejak 1 Juli 1999.

Pada tahun 1992-1995 dipercaya sebagai Ketua KKN Universitas Andalas, tahun 1995-1998 menjabat sebagai Pembantu Dekan I dan pada tahun 1998-2001 menjabat sebagai Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Andalas. Pada tahun 2002-2005 dipercaya oleh Yayasan Albani Indonesia sebagai Ketua Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer (STMIK-Indonesia). Pada tahun 2005-2009 diangkat oleh Kementerian Pendidikan Nasional sebagai Sekretaris Pelaksana Kopertis X wilayah Sumatera Barat, Riau, Jambi dan Kepulauan Riau.

Training dan lokakarya yang pernah diikuti antara lain adalah peserta Training dan Lokakarya Pengelolaan KKN di Cisarua Bogor, lokakarya Total Quality Management (TQM), Lokakarya Kurikulum Muatan Lokal Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian BKS-PTN Wilayah Indonesia Barat, Lokakarya Forum Komunikasi Pendidikan Tinggi Pertanian BKS-PTN se-Indonesia, Ketua Angkatan Pendidikan dan Pelatihan Kepemimpinan Angkatan XVI-LAN dan Penataran SCL di Universitas Andalas tahun 2011.

Penghargaan yang diterima adalah ADHITYA TRIDHARMA NUGRAHA sebagai dosen teladan nasional tahun 1991 oleh Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI, dan Indonesia Development Award 2000 dalam bidang Konservasi Tanah dan Lingkungan. Organisasi Profesi dan Sosial yang pernah dijabat adalah Pengurus Pusat Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia (MKTI), Anggota HITI, Ketua Forum DAS Multipihak Sumatera Barat, Koordinator Komisi Pertanian dan Pangan DRD Propinsi Sumbar, dan Dewan Pakar PSLH Universitas Andalas. Pada tahun 2010-2019 oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, dipercaya sebagai tim ahli dalam Perencanaan Pengelolaan DAS Terpadu untuk DAS di Sumatera Barat, Riau dan Jambi. Penulis menjadi anggota komisi Penilai AMDAL Kabupaten Pasaman tahun 2019.



Prof. Dr. sc. agr. Ir. Trimurti Habazar lahir di Bukittinggi 25 Agustus 1951. Pendidikan S1 diselesaikan di Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Andalas tahun 1977. Pendidikan S3 diselesaikan di Institut Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz Georg-August Universitaet Goettingen Jerman tahun 1989.

Penulis aktif meneliti dibidang Bakteriologi Tumbuhan, Bioteknologi, dan Pengendalian Hayati bersama mahasiswa S1, S2 dan S3. Sumber dana penelitian diperoleh dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi DEPDIKNAS (Bank Dunia, Hibah Bersaing, Hibah Strategis Nasional, Hibah Kompetensi dan Penelitian Unggulan Strategis Nasional), Pemerintah Daerah Kabupaten Agam, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pertanian (BALITBANGTAN), Kementerian Riset dan Teknologi (Riset Unggulan Terpadu, Insentif Riset Terapan, Percepatan Difusi Iptek, Penulis juga berperan sebagai reviewer Nasional Penelitian DP2M DIKTI, Politeknik Pertanian Payakumbuh, Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah, Balai Penelitian Buah Departemen Pertanian, Mitra Bestari Untuk Jurnal (Jurnal Fitopatologi Indonesia, Jurnal Natur Universitas Riau).

Penulis diangkat sebagai guru besar (Profesor) tahun 2003 dan mengabdikan sebagai Ketua Program Studi Hama dan Penyakit Tumbuhan Program Pascasarjana Universitas Andalas untuk periode 1992-2011 dan Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Andalas periode 2007-2011.



Prof. Dr. Ir. Zulfadly Syarif, MS

lahir pada tanggal 13 Maret 1953 di Solok. Menyelesaikan pendidikan sarjana pada Jurusan Budidaya Pertanian, Universitas Andalas pada tahun 1981. Pendidikan magister di Jurusan Ekofisiologi Tanaman, Universitas Padjajaran pada tahun 1998, dan Pendidikan S3 diselesaikan di Jurusan Ilmu Tanaman, Universitas Padjajaran pada tahun 2004. Sejak Tahun 1984 penulis aktif bekerja sebagai staff pengajar di Fakultas Pertanian Universitas Andalas sampai saat ini. Penulis aktif meneliti di bidang Ekologi Tanaman dan Hortikultura. Sumber dana penelitian diperoleh dari Kementerian Riset dan Teknologi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, dan Universitas Andalas. Hasil Penelitian telah dipublikasi pada Seminar Nasional maupun Seminar Internasional.



Prof. Dr. Ir. Eti Farda Husin, MS

Lahir di Bandung 28 Agustus 1953, aktif sebagai staf pengajar Fakultas Pertanian dan Program Pasca sarjana Universitas Andalas. Menyelesaikan studi S1 tahun 1979 pada Fakultas Pertanian Universitas Andalas dan S2 pada tahun 1986 dan S3 pada tahun 1992 di Universitas Pajajaran, Bandung. Diangkat menjadi Guru Besar pada tahun 2003 pada bidang ilmu Biologi Tanah.

Pernah menjadi kepala Laboratorium Biologi Tanah Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian periode 2004 – 2008. Penulis aktif melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat yang dibiayai oleh Dikti dan CSR perusahaan. Terlibat aktif pada berbagai seminar nasional dan internasional serta menulis pada berbagai jurnal nasional dan internasional yang terindeks Scopus terutama pada bidang ilmu Biologi Tanah yang berkaitan dengan pupuk cemiko. Sejak berdirinya sampai saat ini dipercaya menjadi ketua Asosiasi Mikoriza Indonesia (AMI) wilayah Sumatera.



Prof. Dr. Ir. Aswaldi Anwar MS

Lahir di Bukittinggi, 9 Februari 1962. Pendidikan S₁ diselesaikan tahun 1986 di Jurusan Teknologi Benih Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Kemudian pendidikan S₂ diselesaikan pada tahun 1993 pada prodi Agronomi, KPK IPB-Unand, Bogor dan pendidikan S₃ diselesaikan pada tahun 2004 di IPB Bogor dengan jurusan Agronomi. Penulis merupakan salah satu Guru Besar di jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Unand dengan bidang keahlian Ilmu dan Teknologi Benih.

Penulis aktif meneliti dibidang teknologi benih, teknik budidaya padi melalui metode SRI, konservasi *in vitro* tanaman Andalas dan lainnya. Sumber dana penelitian yaitu diantaranya Medco Foudation, DP₂M DIKTI, DIPA Unand, hibah pasca, hibah riset guru besar, PTUPT dan SPP Penugasan Penelitian Unggulan BOTN Unand. Hasil penelitian telah dipublikasi pada berbagai Jurnal Nasional terakreditasi dan Jurnal Internasional terindeks, serta dipublikasi pada Seminar Nasional maupun Internasional. Penulis juga telah menulis buku yang berjudul “Andalas: Pohon asli Sumatera yang terlupakan” dan buku “Optimalisasi Pemanfaatan Sumberdaya Alam dalam Konsep Pertanian Perkotaan”.



Prof. Dr. Ir. Azwar Rasyidin, MS kelahiran 23 Agustus 1956 di Rao Rao, kecamatan Sungai Tarab, Kabupaten Tanah Datar. Tahun 1975, masuk ke Fakultas Pertanian dan menamatkan Sarjana Pertanian pada jurusan Ilmu Tanah dengan spesialisasi pada Klasifikasi dan Pemetaan Tanah di bawah bimbingan Ir. Ismail Nur Dt. Rajo Imbang dan Ir Burhanuddin SU. Beliau menikah dengan Sri Wahyuni dan dikurniai putra Alqadri Asri Putra.

Bekerja di Fakultas Pertanian Unand sejak tahun 1984 pada jurusan Ilmu Tanah. Tahun 1991 menamatkan pendidikan Magister di Shimane University Jepang tahun 1991 dan Doctor of Philosophy dari Tottory University dengan disertasi berjudul “The Method for Measuring Rates of Weathering and Soil Formation in Watershed”. Berpengalaman menulis beberapa buku yaitu “Klasifikasi Kesesuaian Lahan Menuju Pertanian Organik” dan “Pelapukan dan Pembentukan Tanah di Daerah Aliran Sungai pada Berbagai Tipe Iklim dan Batuan Induk”. Penulis banyak melakukan penelitian yang membahas masalah tanah sawah dan produktivitas lahan dalam kaitan dengan proses genesis.



Prof. Dr. Ir. Rahmat Syahni, MS

dilahirkan di kota Bukittinggi pada tanggal 25 April 1957. Menamatkan Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor (IPB) dalam bidang Statistika Pertanian tahun 1980. Penulis mulai bekerja sebagai staf pengajar pada Fakultas Pertanian Universitas Andalas tahun 1981. Penulis menamatkan pendidikan pascasarjana dalam bidang Statistika Terapan pada Program Pascasarjana IPB tahun 1983. Pada tahun yang sama penulis mendapat kesempatan melanjutkan pendidikan di Iowa State University Amerika Serikat, dalam bidang Statistika Industri.

Program magister diselesaikan tahun 1985 dan program doktor selesai tahun 1989 pada universitas yang sama. Penulis mendapat kehormatan sebagai anggota *Mu Sigma Rho* tahun 1988. Bidang kajian penulis adalah statistika terapan pada bidang sosial ekonomi, industri, dan kependudukan. Dalam aktivitas keorganisasian penulis sempat menduduki jabatan sebagai Deputy Kepala Lembaga Penelitian, Asisten Direktur Pasacasarjana, dan Dekan Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Dalam aktivitas pengabdian masyarakat, penulis sempat menduduki beberapa jabatan di pemerintah daerah, antara lain menjadi Kepala Badan Litbang, Kepala Dinas Pendidikan, Kepala Badan Diklat, Kepala Dinas Perindustrian, Kepala Bappeda, dan terakhir sebagai Staf Ahli Gubernur Sumatera Barat. Saat ini dipercaya sebagai Ketua Koalisi Kependudukan Provinsi Sumatera Barat.



Prof. Dr. Ir. Auzar Syarif, MS Lahir di Nagari Balimbing, Kabupaten Tanah Datar, Propinsi Sumatera Barat pada tanggal 15 Agustus 1959, aktif sebagai staf pengajar Fakultas Pertanian dan Program Pascasarjana Fakultas Pertanian, Universitas Andalas Padang. Penyelesaian Strata-1 tahun 1985 pada Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Strata-2 tahun 1991 IPB Bogor, memperoleh gelar doktor (Strata-3) pada bidang Ilmu Pertanian tahun 2001 pada Universitas Padjadjaran Bandung. Diangkat menjadi Guru Besar tahun 2006 pada

bidang ilmu Ekofisiologi Tanaman.

Pernah menjadi Ketua Program Studi Agronomi Pada Jurusan Budidaya Pertanian, Fak. Pertanian Unand periode 2001-2005; Ketua Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian periode 2004-2008 dan 2013-2017; Ketua Program Studi Agronomi Strata-2 Pascasarjana Universitas Andalas periode 2003-2007 dan 2013-2017; dan Ketua Program Studi Strata-3 Ilmu-ilmu Pertanian, Pascasarjana Universitas Andalas, Padang periode 2008-2012. Pada saat ini penulis aktif melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat yang dibiayai Dikti, Pemda, dan perusahaan, aktif pada berbagai seminar nasional dan internasional serta menulis pada berbagai jurnal nasional dan internasional baik terakreditasi maupun yang tidak terakreditasi terutama bidang Ilmu Ekofisiologi Tanaman.



Prof. Dr. Ir. Yulnafatmawita, MSc dilahirkan di Lubuk Basung, Kabupaten Agam Sumatera Barat, pada tanggal 8 Juli, 1960. Pendidikan dari SD sampai SMA diselesaikan di kota kelahirannya. Pada tahun 1980, ia diterima sebagai mahasiswa baru di Fakultas Pertanian Universitas Andalas dan pada tahun 1983 diterima di Departemen Ilmu Tanah dengan major Fisika Tanah dan tamat pada tahun 1985. Pada tahun 1986 diterima sebagai staf pengajar di almamaternya.

Pada tahun 1989, ia melanjutkan studinya untuk meraih gelar Master di University of Kentucky USA dibawah beasiswa USAID, dengan major Fisika Tanah, dan lulus pada tahun 1991. Pada tahun 1999, ia melanjutkan studinya untuk program PhD di Universitas Queensland Australia dengan beasiswa dari pemerintah Australia (AUSAID), bidang kajiannya fokus pada Fisika Tanah dan Lingkungan, terutama emisi CO₂ akibat pengolahan tanah.

Selain pendidikan formal, beberapa training telah diikuti seperti metode analisis sifat fisika tanah di UQ Brisbane Australia tahun 1994; penggunaan Isotop N-15 untuk studi tanah dan tanaman di USDA Fort Collins Colorado, USA pada tahun 1997 dan di Indonesia dari tahun 1992-1997; pengukuran karbon hutan dengan CRC-Greenhouse Gas Accounting di Canberra Australia pada tahun 2000. Pada 2010, berkesempatan melakukan Program Academic Recharging (PAR) tentang metoda perhitungan karbon tanah (forest carbon) di Bergakademie Technische Universitat, Frei Berg, Germany. Semenjak itu, ia memfokuskan penelitiannya pada karbon organik tanah: kandungan dan stok, laju sekuestrasi, laju dekomposisi, serta hubungannya dengan sifat fisiko-kimia tanah pada berbagai jenis penggunaan lahan di wilayah tropis basah.



Prof. Dr. Ir. Warnita, MP

Penulis dilahirkan di Bt. Gadis, Batipuh, Kabupaten Tanah Datar pada tanggal 1 Januari 1964. Pendidikan Sarjana Pertanian di Universitas Andalas diselesaikan tahun 1988. Pendidikan Magister Sains ditempuh pada KPK Institut Pertanian Bogor – Universitas Andalas dan diselesaikan tahun 1995. Studi S3 di Universitas Andalas diselesaikan tahun 2006 dengan disertasi berjudul “Studi pola pengumbian beberapa genotipe kentang (*Solanum tuberosum* L.) introduksi di lapangan

dan secara in vitro dalam usaha penyediaan bibit”.

Tahun 1989 hingga sekarang, menjadi dosen tetap di Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Sejak tahun 2017, menerima amanah sebagai Ketua Prodi S2 Agronomi Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas.

Aktif melakukan penelitian di bidang tanaman hortikultura. Hasil penelitian telah dipublikasi di berbagai seminar nasional dan internasional serta Jurnal internasional.



Prof. Dr. Ir. Melinda Noer, MSc

dilahirkan tanggal 31 Oktober 1964 di kota Bukittinggi. Mendapatkan gelar Insinyur (Ir.) tahun 1988 dari Fakultas Pertanian Universitas Andalas di Jurusan Sosial Ekonomi. Pada tahun 1991 penulis memperoleh gelar *Dipl.Ing* dari Program Studi Perencanaan (*Raumplanung*) *University of Dortmund*, Jerman, dan meraih gelar *M.Sc* tahun 1993 dari divisi *Human Settlement Development*, *Asian Institute of Technology*, Bangkok. Tahun 2004 penulis melanjutkan pendidikan S3 di Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, di Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan (SAPPK), Institut Teknologi Bandung (ITB) dan tamat tahun 2008. Penulis ditetapkan sebagai guru besar bidang Perencanaan Wilayah pada tanggal 1 April 2010.

Dalam menjalani kariernya di kampus sebagai dosen tetap semenjak 1 Maret 1989 sampai sekarang, di Jurusan Sosial Ekonomi, Fakultas Pertanian Unand, penulis pernah menjabat Sekretaris Program Studi (1996-1999) dan Ketua Program Studi Ekonomi Pertanian (1999-2001) di Jurusan Sosial Ekonomi. Selanjutnya menjadi Ketua Jurusan Sosial Ekonomi (2001-2002), Wakil Dekan bidang Akademik Fakultas Pertanian (2009-2013), dan Wakil Direktur Bidang Akademik Program Pascasarjana Unand (2014-2016). Penulis juga menjadi peneliti dan pengelola Pusat Studi Irigasi, Sumber daya Air, Lahan dan Pembangunan-Unand sampai tahun 2010, dan Ketua Pusat Studi Manajemen Pembangunan dan Kebijakan Publik Program Pascasarjana Unand tahun 2013-2014. Saat ini penulis dipercaya menjadi Ketua Program Studi Magister Pembangunan Perumahan dan Permukiman (Perkim), Program Pascasarjana Unand periode 2019-2023.

Disamping sebagai tenaga pendidik, penulis juga aktif dalam kegiatan penyusunan dokumen publik serta kegiatan pendidikan dan pelatihan (diklat) perencanaan dan kebijakan pembangunan di tingkat nasional,

propinsi dan kabupaten/kota di lingkungan Prop.Sumatera Barat. Penulis pernah menjadi instruktur diklat *Regional Development Planning Program* kerjasama Pemerintah Indonesia, Jerman (DSE) dan pemerintah daerah beberapa Propinsi di Indonesia selama tahun 1993-2000 di Sulawesi, Irian Jaya, Timor Timur, dan Sumatera. Menjadi nara sumber di diklat Perencanaan Pembangunan Daerah yang diselenggarakan Bappenas tahun 2018-2019. Sebagai tenaga ahli perencana, penulis membantu Pemda Propinsi Sumbar dan BP-DAS Agam Kuantan Kemenhut-LH dalam kegiatan penyusunan dokumen perencanaan pembangunan, kebijakan publik, mengevaluasi, dan menilai kinerja perencanaan pembangunan daerah sejak tahun 2000 sampai sekarang.



Prof. Ir. Yonariza, MSc, PhD

dosen pada Jurusan Sosial Ekonomi Fakultas Pertanian yang cenderung memilih pendekatan interdisiplin dalam pemecahan masalah sumber daya alam dan pertanian. Hal ini dimungkinkan dengan latar belakang pendidikan berkarakter multisiplin. Pendidikan sarjana diperoleh pada program studi Ekonomi Pertanian Universitas Andalas. Pendidikan magister ditamatkan di Ateneo de Manila

University, Filipina dalam bidang Sosiologi Pembangunan (*Social Development Study*) dan pendidikan S₃ ditamatkan di *Asian Institute of Technology* (AIT), Bangkok – Thailand dalam bidang Pengelolaan Sumber daya Alam (*Natural Resources Management*). Sejak tahun 2011 diangkat dalam jabatan dosen sebagai guru besar dalam bidang Manajemen Sumber daya Hutan. Kisaran penelitian dan publikasi adalah jasa Lingkungan dan pengelolaan sumber daya alam milik bersama. Unand telah menugaskan sebagai Koordinator Program Studi Magister Pengelolaan Terpadu Sumber daya Alam (PTSDA) pada Program Pascasarjana Universitas Andalas sebanyak tiga kali.



Prof. Dr. Ir. Reni Mayerni, MP lahir 11 Mei 1966 di Nagari Kamang Hilir, Kab Agam, Sumatera Barat. Meraih gelar Insinyur Pertanian dan Master dari Fakultas Pertanian Unand. Tahun 2003 meraih gelar Doktor dengan disertasi berjudul “Pertumbuhan dan hasil tanaman rami (*Boehmerianivea* (L.) Gaud) yag diberi rawmix semen dan mikroorganisme efektif M-Bio pada tanah gambut” dari Universitas Padjajaran.

Gelar Professor disandangnya pada tanggal 24-03-2009 tahun 2008 dalam usia 42 tahun. Mengawali karier sebagai dosen di Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang pada tanggal 18-07-1990, saat ini menjadi salah satu pengajar yang diandalkan dalam aktivitas dikampus untuk mengajar, meneliti, menerbitkan buku, seminar dan dikenal luas diluar kampus menjadi narasumber, tenaga ahli dan pakar untuk bidangnya.

Menulis buku Prospek dan Peluang Tanaman Rami di Indonesia dan Pedoman Teknis Pemangkasan dan Pengendalian Hama dan Penyakit Kakao yang diterbitkan oleh Andalas University Press. Sudah menerbitkan berbagai hasil penelitian ilmiah, merumuskan dan terlibat sebagai tim ahli untuk Kebijakan Publik, memelopori dan terlibat dalam kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat serta sebagai narasumber dan pemateri di seminar nasional maupun Internasional.



Dr. Ir. Teguh Budi Prasetyo, MS

lahir di Magelang Jawa Tengah tanggal 27 Mei 1960. Memperoleh gelar Insinyur Pertanian (Ir) tahun 1983 pada Jurusan Ilmu Tanah dari Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor dan gelar Magister Sains (MS) dari Fakultas Pascasarjana Universitas Gadjah Mada pada tahun 1989. Gelar Doktor (Dr) diperoleh dari Jurusan Ilmu-ilmu Pertanian Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor dengan judul disertasi “Perilaku asam-asam organik

meracun pada tanah gambut yang diberi garam Na dan beberapa unsur mikro dalam kaitannya dengan hasil padi”.

Sebelum bekerja sebagai dosen, berkesempatan melakukan pendampingan penanaman padi dan kedelai di lahan gambut pada pemukiman transmigrasi UPT 5 jalur 14 Air Sugihan Palembang selama satu tahun, sebelum menjadi dosen pada Fakultas Pertanian Universitas Andalas sejak Maret 1984. Selain mengajar pada Jurusan Tanah program studi S1 di Fakultas Pertanian, juga tercatat sebagai dosen Pada Program Pascasarjana Universitas Andalas.

Penelitian yang dilakukan berfokus pada perbaikan lahan gambut dengan berbagai amelioran dan perbaikan tanah mineral masam dengan berbagai amelioran. Penulis pernah menduduki Kepala Laboratorium Jurusan Tanah tahun 1997-2001, Koordinator Laboratorium Jurusan Tanah tahun 2002-2015, dan Wakil Ketua I/III STMIK Indonesia tahun 2009-2011. Hasil-hasil penelitian dari penulis dipublikasikan pada Jurnal Nasional Terakreditasi dan beberapa jurnal Internasional.



Dr. Ir. Rusda Khairati, MSI

dilahirkan di kota Padang pada tanggal 26 November 1960. Menamatkan Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor (IPB) dalam bidang Sosial Ekonomi Pertanian tahun 1984. Melanjutkan sebagai special student dalam bidang Bisnis pada College of Business Iowa State University tahun 1987. Penulis menamatkan pendidikan pascasarjana dalam bidang Pembangunan Wilayah Pedesaan pada Program Pascasarjana Universitas Andalas tahun 1996.

Pada tahun yang sama penulis mendapat kesempatan melanjutkan pendidikan di Universitas Pajajaran Bandung dalam bidang Ekonomi Pertanian yang diselesaikannya pada tahun 2001. Penulis mulai bekerja sebagai staf pengajar pada Fakultas Pertanian Universitas Andalas pada tahun 2002. Bidang kajian penulis adalah ekonomi pertanian, agribisnis, dan kependudukan. Dalam bidang keorganisasian penulis pernah menjabat sebagai Ketua Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Haji Agus Salim Bukittinggi. Pelatihan yang pernah diikuti adalah workshop Policy Analysis Matrix for Agriculture. Pertemuan yang pernah diikuti adalah Confederation of women's Organization di Bangkok dan Konvensi Dunia Melayu Dunia Islam di Malaka.



Dr. Ir. Aprisal, MP

dilahirkan tanggal 21 April 1963 di Sulit Air Kabupaten Solok. Mendapatkan gelar Insinyur (Ir.) tahun 1989 dari Fakultas Pertanian Universitas Andalas di Jurusan Tanah. Pada tahun 1994 penulis memperoleh Master Pertanian Bidang Konservasi Tanah KPK IPB-Unand dan meraih gelar Doktor dari IPB Bogor Bidang Konservasi Tanah. Dalam menjalani kariernya di kampus sebagai dosen tetap semenjak 1 Maret 1990 sampai sekarang, di Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Unand, penulis pernah menjabat, Wakil Dekan bidang Kemahasiswaan Fakultas Pertanian (2010-2014), dan Wakil Rektor Bidang Kemahasiswaan Unand (2014-2016). Penulis juga menjadi peneliti di Pusat Studi Lingkungan Hidup (PSLH) Unand 2019-2022). Aktif menjadi anggota Masyarakat Konservasi Tanah dan Indonesia sejak tahun 2011.

Disamping sebagai tenaga pendidik, penulis juga aktif sebagai tenaga ahli bidang tanah di Dinas Lingkungan Hidup Propinsi Sumatera Barat dari tahun 2018-sekarang. Juga ikut dalam evaluasi RTRW Propinsi Sumatera Barat bersama Kemenhut tahun 2008-2009 dan Evaluasi RTRW Kabupaten Mentawai tahun 2012. Penulis juga ikut tim Penyusunan Perencanaan Waduk Koto Panjang bagian hulu bersama BP DAS Rokan tahun 2013. Penulis juga pernah sebagai tim penyusun kawasan sentra produksi (KSP) sayur organik, jagung, kedelai, manggis, dan jeruk bersama Dinas Pertanian Propinsi Sumatera barat tahun 2001-2004. Penulis juga aktif dalam tim menyusun dokumen nagari model kakao kerja sama Fakultas Pertanian Unand dan Dinas Perkebunan Propinsi Sumatera barat tahun 2011-2012.



Ir. Muhsanati, MS

lahir di Bukittinggi pada tanggal 26 April 1963. Setelah menyelesaikan SMA di Bukittinggi, pada tahun 1982 penulis mengikuti pendidikan S₁ di Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang, dan selesai tahun 1986.

Pada tahun 1988 penulis diterima sebagai staf pengajar di Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Penulis mengampu beberapa mata kuliah, antara lain; Botani, Dasar-dasar Agronomi,

Agroklimatologi, Pengantar Ekologi dan Ekologi Tanaman, serta Sistem Pertanian Organik. Penulis melanjutkan pendidikan S₂ pada tahun 1989 sampai 1992 di bidang Agronomi di Institut Pertanian Bogor.

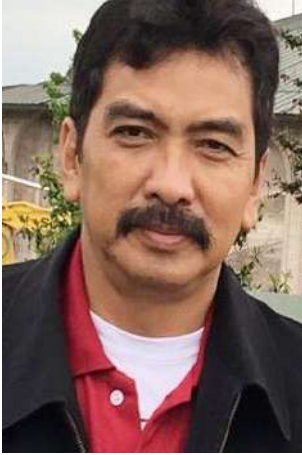
Selain aktif sebagai dosen, penulis juga melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, menulis pada beberapa jurnal serta mengikuti seminar-seminar ilmiah. Penulis telah menulis buku “Lingkungan Fisik Tumbuhan dan Agroekosistem: Menuju Sistem Berkelanjutan” yang merupakan buku ajar sekaligus buku referensi di bidang Ekologi. Untuk meningkatkan wawasan dan pengetahuan di bidang pertanian, penulis mengikuti berbagai pelatihan dan studi banding baik di dalam maupun di luar negeri. Selama periode tahun 2004-2008 penulis menjabat Sekretaris Program Studi Agronomi, dan juga sudah dua periode terlibat dalam kepengurusan organisasi profesi PERAGI Komisariat Daerah Sumatera Barat. Pada saat buku ini ditulis, penulis untuk kedua kalinya mewakili Jurusan Budidaya Pertanian sebagai anggota senat Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.



Dr. Ir. Yaherwandi, MSI

lahir di Padang, 14 April 1964. Pendidikan S₁ diselesaikan di Fakultas Pertanian Universitas Andalas pada tahun 1989. Pendidikan S₂ diselesaikan di Institut Pertanian Bogor pada tahun 1995, dan pendidikan S₃ juga diselesaikan di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2005. Sejak Tahun 1990 Penulis aktif bekerja sebagai staf pengajar di Fakultas Pertanian Universitas Andalas sampai saat ini.

Penulis aktif meneliti di bidang Ekologi/Bioekologi Serangga. Sumber dana penelitian diperoleh dari Kementerian Riset dan Teknologi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Universitas Andalas, dan Kementerian Pertanian. Hasil penelitian telah dipublikasi pada Seminar Nasional maupun Seminar Internasional, Jurnal nasional Terakreditasi, serta Jurnal Internasional terindeks.



Dr. Ir. Indra Dwipa, MS lahir di Padang tanggal 20 Februari 1965. Pendidikan S1 diselesaikan di Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas tahun 1988. Pendidikan S2 diselesaikan di Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor tahun 1992 dan pendidikan S3 diselesaikan pada Program Pasca Sarjana Universitas Andalas tahun 2014. Sejak tahun 1989, penulis aktif sebagai staf pengajar di Fakultas Pertanian Universitas Andalas sampai saat ini.

Aktif melakukan penelitian di bidang tanaman pangan terutama beras merah. Hasil penelitian telah dipublikasi di berbagai seminar nasional dan internasional serta Jurnal internasional bereputasi seperti terindeks Scopus. Penulis saat ini juga dipercaya sebagai Ketua Jurusan Budidaya Pertanian sejak tahun 2017.



Dr. P.K. Dewi Hayati, SP. MSi

dilahirkan di Bukittinggi pada tanggal 25 Desember 1972. Menamatkan Sarjana Pertanian dalam bidang Teknologi Benih pada Fakultas Pertanian Universitas Andalas dengan predikat Cum Laude pada tahun 1995. Studi Magister diselesaikan di Institut Pertanian Bogor tahun 1999 dengan beasiswa URGE dalam bidang Pemuliaan Tanaman. PhD dalam bidang Genetika dan Pemuliaan Tanaman diselesaikan dari Universiti Putra Malaysia tahun 2010 dengan beasiswa Pemda Sumatera Barat dan SEARCA PhD Research scholarship.

Memulai karir sebagai dosen Fakultas Pertanian Universitas Andalas tahun 1999 dalam bidang Pemuliaan Tanaman. Aktif melakukan penelitian pada tanaman jagung serta konservasi dan perbaikan genetik beberapa tanaman lokal Sumatera Barat. Memiliki minat yang besar dalam kegiatan pendampingan masyarakat di samping menikmati kegiatan eksplorasi, travelling dan menulis.

Beberapa buah buku dari hasil penelitian selama ini telah dihasilkan yaitu *Breeding of Maize for Acid Soil Tolerance* dan *Analisis Rancangan dalam Pemuliaan Tanaman: Penerapan Statistika dalam Penelitian Pemuliaan Tanaman*, serta beberapa buku lainnya yang diterbitkan secara online.



Dr. Yulmira Yanti, SSi, MP

lahir di Bukittinggi, 23 Juni 1979. Pendidikan S₁ diselesaikan di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas tahun 2000. Pendidikan S₂ diselesaikan di Pasca Sarjana Prodi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Andalas tahun 2004. Pendidikan S₃ diselesaikan pada Pasca Sarjana program studi Ilmu-Ilmu Pertanian Universitas Andalas tahun 2011. Sejak tahun 2006 aktif bekerja sebagai staf pengajar di jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Andalas sampai saat ini.

Penulis Aktif meneliti dibidang Bakteriologi Tumbuhan, Bioteknologi, dan Pengendalian Hayati bersama mahasiswa S₁, S₂ dan S₃. Sumber dana penelitian diperoleh dari Kementerian Riset dan Teknologi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Hibah Bersaing, Fundamental, Hibah Strategis Nasional, dan Hibah Kompetisi), Pemerintah Daerah Kabupaten Agam, Pemerintah Daerah Kabupaten Solok, Pemerintah Daerah Kabupaten Tanah Datar, Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pertanian (KKP₃N) dan IPTEKDA LIPI. Hasil Penelitian telah dipublikasi pada seminar nasional maupun seminar internasional, jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional terindeks. Penulis Juga aktif berperan sebagai Reviewer nasional pada jurnal nasional terakreditasi dan reviewer internasional (Africa Journal, Journal Cogent Food and agriculture dan Indian phytopathology).



Dr. Devi Analia, SP. MSi

lahir di Padang, 15 Januari 1984. Pendidikan S₁ diselesaikan di Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang tahun 2006. Tahun 2009 Pendidikan S₂ diselesaikan di Program Studi Pembangunan Wilayah Perdesaan (PWD) Universitas Andalas Padang. Pendidikan S₃ diselesaikan di Program Studi Ilmu Perencanaan Pembangunan Wilayah dan Pedesaan (PWD) IPB University Bogor. Sejak Tahun 2010 Penulis Aktif bekerja sebagai Staff pengajar di Fakultas Pertanian Universitas Andalas sampai saat ini. Penulis aktif melakukan penelitian di bidang sosial dan kelembagaan pelaku usaha UMKM. Hasil penelitian telah dipublikasikan di berbagai seminar nasional dan internasional serta Jurnal internasional bereputasi terindeks Scopus.



Nugraha Ramadhan, SP. MP

atau akrab dipanggil Dimas lahir pada tanggal 18 Maret 1991 di Padang. Menyelesaikan pendidikan sarjana pada Prodi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas tahun 2014 dan menyelesaikan pendidikan magister di Jurusan Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas pada tahun 2018. Tahun

2019 penulis diterima sebagai dosen tetap di Fakultas Pertanian Universitas Andalas dan ditugaskan pada Program Studi Agroteknologi Universitas Andalas.

Sejak pendidikan sarjana sampai saat ini penulis fokus meneliti tentang tanaman pangan. Hasil rangkaian penelitian tersebut telah dipublikasi pada beberapa jurnal dan dibawakan pada beberapa seminar nasional.

Buku ini diterbitkan dalam rangka menyambut Dies Natalis Fakultas Pertanian Universitas Andalas yang ke-65 atau Lustrum XIII pada tahun 2019. Penerbitan buku ini merupakan salah satu bakti “Fakultas Pertanian untuk Kedjajaan Bangsa” yang merupakan pemikiran dari dosen Fakultas Pertanian untuk menjawab permasalahan dan tantangan pertanian tropika basah di Indonesia. Di harapkan buku ini dapat menjadi bentuk kecil kontribusi dalam memajukan bidang pertanian baik pendidikan dan penelitian di bidang pertanian, serta mendorong kegiatan pengabdian kepada masyarakat.




PENERBITERKA
www.penerbiterka.com

Jalan Bukittinggi Raya No. 758,
Rt. 01. RW 16, Kel. Surau Gadang, Padang
Telp. : 0751 464 0465 dan 085278970960
Email : redaksirumahkayu@gmail.com
Web : penerbiterka.com



Editor:
Prof. Dr.sc.agr. Ir. Trimurti Habzhar
Prof. Dr. Ir. Buihang Rusman, MS
Prof. Dr. Ir. Yonartiza, MSc
Prof. Dr. Ir. Aswadi Anwar, MS