



KEANEKARAGAMAN HAYATI



Muhammad Asril • Marulam MT Simarmata
Silvia Permata Sari • Indarwati • Ryan Budi Setiawan
Arsi • Afriansyah • Junairiah

KEANEKARAGAMAN HAYATI



UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Perlindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- a. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- b. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- c. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- d. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

Keanekaragaman Hayati

Muhammad Asril, Marulam MT Simarmata
Silvia Permata Sari, Indarwati, Ryan Budi Setiawan
Arsi, Afriansyah, Junairiah



Penerbit Yayasan Kita Menulis

Keanekaragaman Hayati

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2022

Penulis:

Muhammad Asril, Marulam MT Simarmata
Silvia Permata Sari, Indarwati, Ryan Budi Setiawan
Arsi, Afriansyah, Junairiah

Editor: Ronal Watrianthos

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: kitamenulis.id

e-mail: press@kitamenulis.id

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Muhammad Asril., dkk.

Keanekaragaman Hayati

Yayasan Kita Menulis, 2022

xii; 118 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-342-484-4

Cetakan 1, Mei 2022

- I. Keanekaragaman Hayati
- II. Yayasan Kita Menulis

Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa
izin tertulis dari penerbit maupun penulis

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada para penulis sehingga dapat berhasil menyelesaikan buku yang berjudul "Keanekaragaman Hayati". Keanekaragaman hayati adalah istilah umum yang komprehensif untuk tingkat keanekaragaman alam atau variasi jumlah dan frekuensinya dalam sistem alam. Keanekaragaman yang kita lihat hari ini adalah hasil evolusi milyaran tahun lalu yang dibentuk oleh proses alam dan semakin meningkat akibat adanya pengaruh manusia. Keanekaragaman hayati mencakup perbedaan genetik dalam setiap spesies. Perubahan keanekaragaman hayati menuju adaptasi ekosistem sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup bumi.

Buku ini ditulis secara bersinergi yang bertujuan untuk mempermudah mahasiswa dan praktisi yang ingin mempelajari tentang konsep dasar keanekaragaman hayati khususnya jenis-jenisnya dan bagaimana ancaman terhadap kelestarian dari keanekaragaman hayati serta perundangan yang mengkaji tentang sumberdaya hayati.

Buku ini membahas :

Bab 1 Konsep Keanekaragaman Hayati

Bab 2 Keanekaragaman Genetik

Bab 3 Keanekaragaman Hayati Tingkat Spesies

Bab 4 Keanekaragaman Ekosistem

Bab 5 Ancaman Terhadap Sumber Daya Hayati

Bab 6 Konservasi Keanekaragaman Hayati

Bab 7 Peraturan Perundangan Sumber Daya Alam Hayati

Bab 8 Eksplorasi dan Koleksi Sumber Daya Hayati

Dalam penyusunan buku ini, penulis mendapatkan informasi dan data dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, laporan ilmiah yang mendukung penyampaian materi secara faktual sehingga buku ini dapat terjamin kesahihan informasi yang disampaikan.

Akhir kata, penulis sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan buku ini dari awal hingga akhir. Semoga Allah SWT senantiasa meridhai usaha ini dan menjadi ladang pahala bagi penulis dalam menyampaikan ilmu yang dimiliki. Aamiin.

Medan, April 2022

Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	xi

Bab 1 Konsep Keanekaragaman Hayati

1.1 Pendahuluan	1
1.2 Relevansi Keanekaragaman Hayati	4
1.2.1 Nilai Intrinsik Keanekaragaman Hayati	4
1.2.2 Nilai Antropogenik Keanekaragaman Hayati	5
1.3 Hilangnya Keanekaragaman Hayati	9

Bab 2 Keanekaragaman Genetik

2.1 Pendahuluan	13
2.2 Variasi Morfologi, Kromosomal, dan Keanekaragaman Genetik	15
2.3 Genetika Populasi	18
2.4 Asal-Usul Keanekaragaman (Variabilitas)	26

Bab 3 Keanekaragaman Hayati Tingkat Spesies

3.1 Pendahuluan	29
3.2 Keanekaragaman Hayati Tingkat Spesies	30
3.3 Contoh Keanekaragaman Hayati Tingkat Spesies	32

Bab 4 Keanekaragaman Ekosistem

4.1 Pendahuluan	35
4.2 Satuan Makhluk Hidup dalam Ekosistem	36
4.3 Macam-Macam Ekosistem	37
4.3.1 Berdasarkan Sejarah Terbentuknya Ekosistem	38
4.3.2 Berdasarkan Jenisnya Ekosistem	39
4.4 Komponen Ekosistem	44
4.4.1 Komponen Biotik	45
4.4.2 Komponen Abiotik	50

Bab 5 Ancaman Terhadap Sumber Daya Hayati

5.1 Pendahuluan.....	55
5.2 Nilai Penting Dari Keanekaragaman Hayati	56
5.3 Ancaman Terhadap Sumber Daya Hayati.....	58
5.3.1 Kehilangan/Kerusakan Habitat (Deforestasi).....	58
5.3.2 Invasive Alien Species/Spesies Pemandang	61
5.3.3 Eksploitasi Berlebihan Spesies Tanaman dan Hewan	63
5.3.4 Pencemaran Lingkungan.....	64
5.3.5 Perubahan Iklim Global.....	65

Bab 6 Konservasi Keanekaragaman Hayati

6.1 Pendahuluan.....	67
6.2 Konservasi Keanekaragaman Hayati di Indonesia	66

Bab 7 Peraturan Perundangan Sumber Daya Alam Hayati

7.1 Pendahuluan.....	77
7.2 Konvensi Keanekaragaman Hayati Internasional.....	79
7.3 Hukum Perlindungan Sumber Daya Alam Hayati Indonesia	80
7.4 Kebijakan Sumber Daya Alam Hayati	81
7.4.1 UU Nomor 5 Tahun 1990 Terkait Sumber Daya Alam Hayati	82
7.4.2 UU Nomor 5 Tahun 1994 Terkait Ratifikasi Konvensi Keanekaragaman Hayati.....	84

Bab 8 Eksplorasi dan Koleksi Sumber Daya Hayati

8.1 Pendahuluan.....	87
8.2 Eksplorasi Sumber Daya Hayati	88
8.3 Koleksi Sumber Daya Hayati	93
8.4 Contoh Eksplorasi dan Koleksi Beberapa Tumbuhan.....	95
Daftar Pustaka	99
Biodata Penulis	113

Daftar Gambar

Gambar 2.1: Anak Kuda Kurt, Penerus Spesies Kuda Przewalski Melalui Kloning Pertama	14
Gambar 2.2: Struktur dan Variasi Morfologi <i>Caulerpa</i> Sp.....	16
Gambar 2.3: Bunga Mawar (<i>Rosa hybrid</i>) Dalam Berbagai Warna	21
Gambar 3.1: Keanekaragaman Spesies Dari Family Leguminosae Keterangan: Kacang Tanah (a), Kacang Kapri (b), Kacang Buncis (c), Kacang Panjang (d)	33
Gambar 3.2: Keanekaragaman Spesies Dari Bunga <i>Begonia</i> Dari Family Begoniaceae. Keterangan: <i>Begonia Rex</i> (a), <i>Begonia Rhizomatous</i> (b), <i>Begonia Lilin</i> (c), <i>Begonia Shrubs</i> (d).....	33
Gambar 3.3: Keanekaragaman Spesies Dari Family Felidae.....	34
Gambar 4.1: Seekor Lebah (Individu) dan Sekelompok Lebah (Populasi)	37
Gambar 4.2: Hutan Tropis	38
Gambar 4.3: Akuarium.....	39
Gambar 4.4: Ekosistem Terumbu Karang	42
Gambar 4.5: Ekosistem Sawah.....	43
Gambar 4.6: Komponen Ekosistem	44
Gambar 4.7: Komponen Biotik	45
Gambar 4.8: Proses Fotosintesis.....	47
Gambar 5.1: Aktivitas Yang Menyebabkan Deforestasi Hutan Di Indonesia.....	60
Gambar 5.2: Peta Tutupan Hutan Indonesia Tahun 2017	60
Gambar 5.3: Invasif Alien Spesies, Dari Atas Kiri: <i>Akasia</i> , <i>Eceng Gondok</i> , <i>Keong Mas</i> dan <i>Ikan Aligator</i>	62
Gambar 5.4: Spesies Terancam Punah Akibat Eksploitasi. <i>Harimau Sumatera</i> (<i>Panthera tigris</i>), <i>Bunga Bangkai</i> (<i>Amorphophallus titanum</i>)	64
Gambar 5.5: Jumlah Spesies Ikan di DAS Ciliwung dan Cisadane Tahun 1910-2009.....	64
Gambar 6.1: Konservasi Lahan Untuk Keanekaragaman Hayati dan Terumbu Karang.....	68
Gambar 6.2: <i>Harimau Sumatera</i> Yang Harus Dilestarikan	69
Gambar 6.3: Taman nasional <i>Komodo</i>	71

Gambar 6.4: Taman Nasional Gunung Leuser (<i>Elephas Maximus Sumatranus</i>).....	72
Gambar 6.5: Gajah Sumatera.....	72
Gambar 6.6: Hutan Mangrove dan Lumba-Lumba yang Terdapat Di Taman Nasional Sembilang	73
Gambar 6.7: Kutilang (<i>Pycnonotus aurigaster</i>) dan Babi Hutan.....	73
Gambar 6.8: Tumbuhan Paku Dari Genus <i>Dioon</i> Dantusam Sumatera Merkusii) Di Cagar Alam Batu Gajah	74
Gambar 6.9: Taman laut Bunaken.....	74
Gambar 6.10: Hutan Mangrove Untuk Menjaga Kejernihan Air	76

Daftar Tabel

Tabel 5.1: Nilai Penting Keanekaragaman Hayati dan Contoh Empirisnya...58

Bab 1

Konsep Keanekaragaman Hayati

1.1 Pendahuluan

Keanekaragaman hayati adalah istilah umum yang komprehensif untuk tingkat keanekaragaman alam atau variasi jumlah dan frekuensinya dalam sistem alam. Hal ini sering dipahami dalam hal berbagai macam tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme termasuk di dalamnya gen yang mereka punya dan ekosistem yang mereka bentuk (Rawat and Agarwal, 2015).

Keanekaragaman yang kita lihat hari ini adalah hasil evolusi milyaran tahun lalu yang dibentuk oleh proses alam dan semakin meningkat akibat adanya pengaruh manusia. Hal ini membentuk jaringan kehidupan, di mana manusia menjadi bagian integral dan bergantung sepenuhnya. Saat ini telah diidentifikasi sekitar 2.1 juta spesies, sebagian besar merupakan organisme kecil seperti serangga. Para ilmuwan percaya bahwa sebenarnya terdapat sekitar 13 juta spesies, meskipun menurut perkiraan UNEP ada 9-52 juta spesies yang ada di bumi (Mora et al., 2011).

Keanekaragaman hayati mencakup perbedaan genetik dalam setiap spesies, misalnya varietas tanaman dan ternak. Kromosom, gen, dan DNA yang

merupakan penyusun kehidupan dan menentukan keunikan setiap individu dan setiap spesies.

Namun fitur lain dari keanekaragaman hayati adalah keragaman ekosistem seperti yang terjadi di gurun, hutan, lahan basah, pegunungan, danau, sungai, dan lanskap pertanian. Dalam setiap ekosistem, makhluk hidup termasuk manusia membentuk suatu komunitas, berinteraksi satu sama lain dan dengan udara, air, tanah di sekitarnya.

Keanekaragaman hayati dengan demikian dianggap pada tingkat utama:

Keragaman Genetik

Variasi informasi genetik yang terkandung dalam individu tumbuhan, hewan dan mikroorganisme yang terjadi dalam populasi spesies. Sederhananya itu adalah variasi gen dalam spesies dan populasi. Gen adalah urutan berbeda dari DNA (Deoxyribonucleic Acid) yang membentuk bagian dari kromosom yang diwariskan keturunan dari orang tua. Keanekaragaman genetik mengacu pada berbagai jenis gen dalam kromosom spesies dan variasinya.

Contohnya, sekelompok anjing tertentu termasuk dalam satu spesies tetapi kode genetiknya berbeda. Oleh karena itu terdapat anjing banteng, chihuahua, anjing Great Lane, dll. Bahkan dengan gen, ada variasi lain dalam hal warna, ukuran, bentuk, dll. Jumlah gen meningkat ketika ukuran serta batas lingkungan pada individu tersebut meningkat (Adom et al., 2019).

Keanekaragaman Spesies

Keanekaragaman spesies adalah keanekaragaman spesies atau makhluk hidup/organisme. Ini diukur dalam hal kekayaan spesies. Ini mengacu pada jumlah total spesies di area yang ditentukan. Kelimpahan spesies ini mengacu pada jumlah relatif antar spesies. Jika semua spesies memiliki kelimpahan yang sama, ini berarti variasinya tinggi maka keanekaragamannya tinggi, namun jika satu spesies diwakili oleh 96 individu, sedangkan sisanya masing-masing diwakili oleh 1 spesies, ini keanekaragamannya rendah. Di alam, tidak semua spesies komunitas sama-sama berbeda.

Klasifikasi spesies dapat dilakukan berdasarkan fungsinya:

1. Jenis fungsional: spesies yang melakukan fungsi ekologis yang berbeda.
2. Analog fungsional: mewakili taksa yang berbeda yang melakukan fungsi ekologis yang sama atau mirip.

Keanekaragaman Ekosistem

Keanekaragaman ekosistem sangat berkaitan dengan keragaman habitat/ekosistem meliputi komunitas biotik dan proses ekologi di biosfer. Ekosistem adalah komunitas biologis hewan dan tumbuhan yang berinteraksi satu sama lain serta lingkungannya di suatu wilayah tertentu. Keanekaragaman ekosistem mengacu pada kumpulan dan interaksi tertentu dari spesies yang hidup bersama dan lingkungan fisiknya di area tertentu.

Misalnya, ada dua hutan yang berbeda di suatu daerah, spesies di masing-masing ekosistem, komunitas alami dan habitat pasti akan berbeda satu sama lain. Inilah yang disebut dengan keanekaragaman ekosistem. Ketiga komponen keanekaragaman hayati ini menunjukkan bahwa kekayaan biosfer tetap terjaga ketika berada di wilayah asalnya, yang oleh para ahli ekologi disebut sebagai 'konservasi in-situ'.

Faktor-faktor lain yang berkontribusi terhadap keragaman suatu sistem seperti perubahan evolusioner, perubahan geologi, dan fluktuasi populasi acak. Ini berarti bahwa konservasi sumber daya hayati harus menjadi perhatian utama bagi semua manusia. Harus ada tindakan tegas untuk memeriksa penyalahgunaan sumber daya ini yang sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia.

Keanekaragaman hayati tidak terdistribusi secara merata di bumi. Keanekaragaman hayati terkaya ditemukan di daerah tropis. Keanekaragaman hayati terestrial cenderung tinggi di daerah yang dekat dengan daerah khatulistiwa (Gaston, 2000) dikarenakan karena iklim yang hangat dan suhu untuk produktivitas primer yang tinggi (Field et al., 2009).

Keanekaragaman hayati lingkungan laut cenderung tinggi di sepanjang pantai Pasifik barat, di mana pada daerah tersebut memiliki suhu permukaan laut tertinggi dan ada hubungan gradien garis lintang dengan keanekaragaman spesies (Tittensor et al., 2010). Keanekaragaman hayati umumnya cenderung mengelompok di hotspot (Myers et al., 2000) dan telah meningkat seiring waktu (McPeck and Brown, 2007) tetapi akan cenderung melambat di masa yang akan datang.

1.2 Relevansi Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati sangat bermanfaat bagi keberadaan manusia. Perubahan penggunaan lahan, perubahan aliran sungai, kontaminasi air tawar, dan penyalahgunaan sumber daya laut saat ini merupakan pendorong signifikan terbesar dari variasi keanekaragaman hayati dan diproyeksikan akan terus berlanjut sepanjang abad ini. Sebagai bagian dari alam, sumber daya hayati ini sangat melimpah, karena tanpanya kehidupan akan mengalami *chaos* (Cardinale et al., 2012).

Sifat/nilai dari keanekaragaman hayati menjadi dua yaitu nilai intrinsik dan nilai antroposentris. Nilai intrinsik keanekaragaman hayati mengacu pada nilai bawaan sumber daya hayati untuk eksis bersamaan dengan manusia seperti yang direncanakan oleh pencipta. Di sisi lain, nilai antroposentris mengacu pada konservasi sumber daya keanekaragaman hayati karena nilai ekonominya (Takacs, 1996).

1.2.1 Nilai Intrinsik Keanekaragaman Hayati

Nilai-nilai intrinsik keanekaragaman hayati menganjurkan bahwa keanekaragaman hayati layak dilindungi karena manfaatnya yang dapat diperoleh manusia darinya. Berdasarkan argumennya pada kejadian Nuh bahwa keberadaan dan keberagaman keanekaragaman hayati alam dalam sejarah panjang evolusi kehidupan merupakan alasan yang cukup untuk konservasi mereka. Keturunan masa depan harus mengetahui sumber daya hayati ini (Ehrenfeld, 1972).

Sudah menjadi kewajiban manusia untuk mewariskannya kepada generasi yang akan datang dalam bentuk aslinya sebagaimana yang diturunkan kepada generasi sekarang oleh para leluhurnya. Kehadiran mereka di alam yang panjang bagaikan buku sejarah untuk mendidik anak cucu di masa depan. Pada hakikatnya, hal ini harus memotivasi manusia pada generasi sekarang ini untuk melestarikannya. Bukan hanya insentif ekonomi yang dapat diperoleh dari keanekaragaman hayati di alam yang seharusnya menjadi penggerak pelestariannya, tetapi juga kekagumannya.

Sentimen ini diungkapkan dalam kata-kata penulis alam Henry David Thoreau "Dunia penasaran yang kita huni ini lebih indah daripada nyaman; lebih indah daripada berguna; itu lebih untuk dikagumi dan dinikmati daripada digunakan". Nilai intrinsik juga mencakup alasan emosional, spiritual dan

agama mengapa sumber daya hayati di alam harus dilestarikan. Manusia secara alami adalah bagian dari alam karena selalu seperti itu sejak awal penciptaan (Ingold, 1992).

Namun, dengan menyoroti nilai intrinsik keanekaragaman hayati, National Park Service menunjukkan kepuasan emosional yang dinikmati manusia dari nilai estetika alam. Keanekaragaman hayati memiliki kekuatan peremajaan yang diam-diam merenungkan kekaguman di alam. Artinya, secara psikologis, alam membantu manusia mengatasi stres dan ketegangan hidup (Curtin and Margolis J, 2008).

Ini terutama menjelaskan minat masyarakat dalam ekowisata saat ini seperti bepergian ke cagar alam atau situs menarik yang mengandung sumber daya hayati dengan tujuan melihat, mempertahankan dan mendukung ekosistem dan budaya lokal.

Manusia adalah makhluk yang memperoleh kenikmatan besar dari lingkungan alam. Bentuk, struktur dan warna merangsang indera kita dan memperkaya budaya kita. Hal ini terutama menggambarkan langkah-langkah konservasi keanekaragaman hayati dan berbagai organisasi yang berjuang untuk perlindungan organisme yang berbeda. Banyak biaya dibayarkan untuk melestarikan satwa liar karena nilainya di alam begitu besar (Rawat and Agarwal, 2015).

Spesies liar meningkatkan apresiasi dan kenikmatan kita terhadap lingkungan melalui:

1. Kegiatan rekreasi seperti mengamati burung dan alam tertinggal.
2. Kegiatan spotting misalnya berburu, memancing, menyelam, memetik jamur.
3. Mendengar, menyentuh atau hanya melihat satwa liar.

1.2.2 Nilai Antropogenik Keanekaragaman Hayati

Nilai antropogenik keanekaragaman hayati mengacu pada nilai ekonomi yang diperoleh manusia dari sumber daya hayati di alam yang membenarkan esensi melestarikannya. Manfaat ekonomi keanekaragaman hayati dapat bermanfaat langsung maupun manfaat tidak langsung (Adom et al., 2019).

Manfaat Langsung Keanekaragaman Hayati

Manfaat langsung yang diperoleh manusia dari keanekaragaman hayati meliputi pangan, sandang, papan, bahan bakar, obat-obatan, bahan baku industri dan lain sebagainya. Misalnya, beberapa spesies keanekaragaman hayati memiliki potensi untuk menyediakan obat-obatan baru dan proaktif untuk pengelolaan atau kemungkinan penyembuhan penyakit-penyakit yang sulit disembuhkan seperti HIV AIDS atau kanker (Attuquayefio and Fobil, 2005).

Obat-obatan yang diperoleh dari tumbuhan dan hewan di planet bumi untuk penyembuhan penyakit manusia saat ini, seperti aspirin, tamoxifen, kina, digitalis dan lain-lain untuk menekankan perlunya konservasi keanekaragaman hayati (Cho, 2011). Menelusuri akar beberapa obat ke beberapa sumber daya hayati di alam, pereda nyeri Opiat berasal dari bunga poppy, aspirin dari willow, dan kina dari pohon Cinchona.

Selain hewan dan tanaman, keanekaragaman hayati mikroba juga sangat bermanfaat bagi manusia, khususnya dibidang pertanian. Dunia pertanian sering mengalami kerusakan oleh jamur patogen. Jamur patogen tersebut dapat dihambat pertumbuhannya oleh mikroba potensial yang berasal dari tanah atau endofit.

Contohnya *Bacillus thuringiensis* asal tanah hutan harapan Jambi mampu menghambat jamur patogen *Curvularia affinis* dan *Colletotrichum gloeosporioides* penyebab penyakit bercak daun pada pembibitan kelapa sawit (Asril, Mubarik and Wahyudi, 2014). Bakteri potensial ini diperoleh dari tanah hutan yang masih memiliki keragaman yang tinggi. Selain daerah yang memiliki keragaman yang tinggi, diversitas mikroba juga dapat ditemukan pada daerah yang tercemar seperti tanah Bangka yang telah tercemar dengan penambangan Timah.

Namun, adanya keragaman bakteri potensial dari lokasi tersebut dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk menghasilkan senyawa potensial seperti enzim kitinase untuk menghambat jamur *Fusarium oxysporum* yang sering menyerang tanaman cabai berupa penyakit rebah kecambah (Suryanto et al., 2014).

Selain tercemar logam, kondisi tanah asam juga menyediakan potensi keanekaragaman mikroba yang dapat dimanfaatkan sebagai *biostimulan* dalam melarutkan fosfat, menghasilkan hormon *indole acetic acid* dan *bioprotektan* (antijamur) pada tanaman industri (Asril and Lisafitri, 2020; Asril, Y Lisafitri,

et al., 2021; Asril, Yuni Lisafitri, et al., 2021; Asril, Lisafitri and Siregar, 2022).

Manfaat dari diversitas mikroba juga berasal dari berbagai sumber seperti limbah cair tahu (limbah terbuang) yang mampu menghasilkan bakteri perombak protein (proteolitik) yang mampu melarutkan fosfat, menurunkan COD, BOD dan dapat dijadikan agen biofertilizer yang mampu memicu pertumbuhan tanaman dan menghambat bakteri patogen (Asril and Leksikowati, 2019; Asril, Oktaviani and Leksikowati, 2019; Asril, Lisafitri and Siregar, 2020).

Selain itu, ada bidang teknik yang disebut bioteknologi atau biomimikri. Ini melibatkan studi tentang sumber daya hayati di alam, yaitu spesies tumbuhan atau hewan di lingkungan untuk memberikan solusi bagi masalah umat manusia (Biomimicry Institute, 2009). Desain dan struktur di alam digunakan untuk mempelajari atau merancang produk rekayasa. Ini menjelaskan mengapa ada puluhan penemuan ilmiah dan teknologi yang merupakan replika alam. Misalnya, model atau konsep yang digunakan untuk produksi pakaian renang hidrodinamik dikembangkan dari kulit hiu.

Organisme kecil yang tampaknya tidak relevan bahkan memberikan pelajaran yang kuat bagi para teknokrat dan ilmuwan. Cacing Sandcastle (*Phragmatopoma californica*) menghasilkan jenis lem tertentu untuk merekatkan cangkang partikel pasir mereka yang pecah. Hari ini, Ahli Bedah telah mengambil pelajaran dari jenis lem tersebut untuk menghasilkan sejenis lem yang dapat memperbaiki tulang yang retak di lingkungan internal berair tubuh. Ini hanyalah sebagian kecil dari keajaiban alam.

Pelajaran berharga dan tutorial yang diambil dari sumber daya hayati di alam untuk mengatasi kebutuhan dan masalah manusia tidak akan mungkin terjadi jika nenek moyang manusia secara tidak sengaja menghancurkannya. Ini membenarkan perlunya manusia untuk melestarikan aset berharga ini bahkan yang tak terlihat hanya dapat dilihat melalui tes mikroskopis. Ahli bedah telah mengambil pelajaran dari jenis lem tersebut untuk menghasilkan sejenis lem yang dapat memperbaiki tulang yang retak di lingkungan internal berair tubuh. Ini hanyalah sebagian kecil dari keajaiban alam.

Manfaat Tidak Langsung Keanekaragaman Hayati

Manfaat tidak langsung yang diperoleh organisme hidup dari sumber daya hayati di alam tidak semudah diakui sebagai manfaat langsung. Manfaat tidak

langsung ini banyak tetapi sulit untuk diukur (Takacs, 1996). Beberapa ahli keanekaragaman hayati dan konservasi menyebut manfaat tidak langsung ini sebagai 'jasa ekologis' atau dipecah menjadi layanan sementara, layanan regulasi, layanan budaya, pelayanan penunjang dan lain sebagainya. Layanan ini sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia.

Misalnya, menunjukkan sumber daya hayati dan komunitas alamnya membantu dalam pemeliharaan dan pengaturan yang tepat dari konsentrasi gas di atmosfer yang menghalangi perubahan kondisi iklim yang cepat (Cardinale et al., 2012).

Selain itu, pengurangan dan penghentian bencana alam seperti letusan gunung berapi, angin topan, banjir, gempa bumi, tsunami, angin puting beliung adalah sebagai akibat dari melimpahnya sumber daya hayati di alam. Yang mengherankan peneliti adalah pengelolaan limbah dan layanan daur ulang yang diberikan oleh sumber daya keanekaragaman hayati ini. Ekosistem alam menyerap kotoran manusia dan menjadikannya tidak beracun (Ehrlich and Ehrlich, 1992).

Lahan basah berfungsi sebagai filter besar yang memurnikan air tawar saat bekerja di atasnya dengan menghilangkan logam keras dan kontaminan darinya. Banyak sungai memecah limbah cair atau limbah dan limbah oleh pabrik dan industri yang akan berbahaya bagi kehidupan di planet ini. *Science for Environment Policy* sebenarnya mencantumkan beberapa layanan pendukung keanekaragaman hayati seperti dekomposisi tanah serta pembentukan dan retensinya, daur ulang nutrisi, penyerbukan, produksi oksigen atmosfer.

Juga, ada spesies flora dan fauna asli asli yang menggambarkan asal-usul budaya masyarakat. Spesies-spesies ini memberi anggota masyarakat rasa puas yang dihasilkan dari konservasi keanekaragaman hayati (Adom et al., 2019). Lainnya termasuk pengayaan spiritual, perkembangan kognitif, pengalaman rekreasi dan estetika dll. Perkiraan dari sudut pandang ekologi bahwa penggantian layanan tidak langsung yang diberikan oleh sumber daya hayati di alam akan menelan biaya lebih dari tiga triliun dolar. Jika manusia gagal melestarikan sumber daya hayati ini, tidak mungkin layanan langsung dan tidak langsung yang diberikan oleh mereka dapat ditebus atau diganti.

Oleh karena itu, tanggung jawab manusia untuk melestarikan sumber daya hayati di alam dengan cara apa pun dan dengan cara apa pun.

1.3 Hilangnya Keanekaragaman Hayati

Hilangnya keanekaragaman hayati dan perubahan terkait lingkungan saat ini lebih cepat daripada sebelumnya dan tidak ada tanda-tanda proses ini melambat. Hampir semua ekosistem telah secara dramatis terdistorsi dan diubah oleh aktivitas manusia dan terus-menerus dikonversi untuk pertanian dan penggunaan lainnya. Banyak jumlah populasi hewan dan tumbuhan telah menurun dan penyebaran geografis.

Namun, kepunahan spesies adalah bagian alami dari sejarah Bumi tetapi aktivitas manusia telah meningkatkan tingkat kepunahan setidaknya 100 kali lipat dibandingkan dengan tingkat alami. Hilangnya keanekaragaman hayati disebabkan oleh berbagai faktor pendorong. Pemicu utamanya adalah faktor alam atau ulah manusia yang secara langsung atau tidak langsung menyebabkan perubahan ekosistem.

Penggerak langsung secara tegas memengaruhi proses ekosistem. Sebuah penggerak tidak langsung beroperasi lebih menyebar dengan mengubah satu atau lebih penggerak langsung. Penggerak langsung penting yang memengaruhi keanekaragaman hayati adalah perubahan habitat (Rawat and Agarwal, 2015).

Ancaman Utama Terhadap Keanekaragaman Hayati

Ancaman menurut definisi mengacu pada setiap proses atau peristiwa baik yang disebabkan oleh alam atau manusia yang mungkin menyebabkan efek buruk pada status atau penggunaan berkelanjutan dari setiap komponen keanekaragaman hayati. Keanekaragaman hayati menurun dengan cepat karena faktor-faktor seperti perubahan habitat dan perusakan oleh perubahan penggunaan lahan, eksploitasi sumber daya hayati yang berlebihan, perubahan iklim, polusi dan spesies invasif. Faktor-faktor alam atau ulah manusia seperti itu cenderung berinteraksi dan memperkuat satu sama lain dalam perubahan dan perusakan habitat.

Secara keseluruhan, faktor utama yang secara langsung mendorong hilangnya keanekaragaman hayati di seluruh dunia adalah perubahan dan perusakan habitat. Perusakan habitat membuat seluruh habitat berfungsi tidak dapat mendukung spesies yang ada di habitatnya. Keanekaragaman hayati berkurang dalam proses ini ketika organisme yang ada di habitat dipindahkan atau

dihancurkan (Ayoade, Agarwal and Chandola-Saklani, 2009; Agarwal, Singh and Singh, 2011).

Penghancuran habitat oleh manusia telah meningkat pesat di paruh kedua abad kedua puluh. Habitat alami sering dihancurkan melalui aktivitas manusia untuk tujuan pemanenan sumber daya alam untuk produksi industri dan urbanisasi. Pembukaan kawasan hutan untuk pertanian, perubahan habitat sungai menjadi habitat danau (reservoir) dengan pembangunan proyek pembangkit listrik tenaga air di sungai (Agarwal, Singh and Rawat, 2014), pertambangan, penebangan, urban sprawl, pembangunan jalan raya adalah beberapa contoh habitat kehancuran dan fragmentasi.

Perkiraan lima tahun hilangnya tutupan hutan global untuk tahun 2000-2005 adalah 3,1 persen. Di daerah tropis lembab di mana hilangnya hutan terutama karena ekstraksi kayu, 272.000 km² hilang dari total global 11.564.000 km² (atau 2,4 persen). Di daerah tropis, kehilangan ini juga mewakili kepunahan spesies karena tingkat endemisme yang tinggi.

Meningkatnya permintaan yang berlebihan akan sumber daya telah mengakibatkan perubahan penggunaan lahan. Karena itu hilangnya keragaman genetik, pengurangan spesies dan peningkatan perubahan ekosistem seperti perubahan populasi acak, singkapan penyakit, dan fragmentasi habitat telah mengakibatkan hilangnya keanekaragaman hayati.

Eksplotasi Sumber Daya Hayati Secara Berlebihan

Hal ini terjadi ketika individu dari spesies tertentu diambil pada tingkat yang lebih tinggi daripada yang dapat dipertahankan oleh kapasitas reproduksi alami dari populasi yang dipanen. Ini dapat terjadi melalui perburuan, penangkapan ikan, perdagangan, pengumpulan makanan, dll. Eksploitasi berlebihan tetap menjadi ancaman serius bagi banyak spesies, seperti ikan laut dan invertebrata, pohon, dan hewan yang diburu untuk diambil dagingnya (Rawat, 1998).

Sebagian besar perikanan industri dieksploitasi secara penuh atau berlebihan, sementara teknik penangkapan ikan yang merusak muara dan lahan basah. Meskipun tingkat eksploitasi yang sebenarnya kurang diketahui, jelas bahwa tingkat pengambilan sangat tinggi di hutan tropis.

Perdagangan tumbuhan dan hewan liar dan tidak terdokumentasi dengan baik tetapi diperkirakan mencapai hampir \$160 miliar per tahun. Mulai dari hewan hidup untuk makanan dan perdagangan hewan peliharaan hingga tanaman hias dan kayu. Karena perdagangan satwa dan tumbuhan liar melintasi batas

negara, maka upaya pengaturannya memerlukan kerja sama internasional untuk menjaga spesies tertentu dari eksploitasi berlebihan.

Polusi

Selama lima dekade terakhir, polutan anorganik dan organik telah muncul sebagai salah satu faktor terpenting hilangnya keanekaragaman hayati di ekosistem darat, perairan-laut, serta air tawar. Polusi termal adalah ancaman lain bagi keanekaragaman hayati. Konsekuensi potensial dari polutan organik dalam ekosistem air tawar termasuk eutrofikasi badan air tawar, hipoksia pada ekosistem laut pesisir, emisi nitro oksida yang berkontribusi terhadap perubahan iklim global, dan polusi udara oleh NO di daerah perkotaan. Terjadinya masalah tersebut sangat bervariasi di berbagai daerah.

Misalnya pestisida terkait penurunan burung pemakan ikan dan elang. Keracunan timbal adalah penyebab utama kematian banyak spesies seperti bebek, angsa, dan bangau saat mereka menelan peluru senapan bekas yang jatuh ke danau dan rawa-rawa. Hering telah mengalami penurunan populasi 99% di India (Prakash, 2007) dan menjadi langka karena keracunan oleh DDT yang digunakan sebagai pestisida dan juga oleh *diklofenak* yang digunakan sebagai obat anti inflamasi non-steroid hewan, meninggalkan jejak di bangkai sapi yang ketika diberi makan.

Efek lainnya juga terlihat pada burung nasar yang menyebabkan penipisan kulit telur yang mengakibatkan penetasan dini dan gagal ginjal pada burung (Green et al., 2004; Muralidharan et al., 2008). Kampanye untuk melarang penggunaan *diklofenak* dalam praktik kedokteran hewan telah berlangsung di beberapa negara Asia Selatan. Penggunaan pestisida yang berlebihan, penurunan bertahap tempat bersarang yang disebabkan oleh perubahan desain bangunan perkotaan.

Invasi spesies

Ini bisa disengaja atau tidak disengaja. Spesies yang masuk dalam suatu ekosistem akan menyebabkan perubahan ekosistem tersebut. Spesies introduksi adalah organisme yang muncul di daerah/habitat yang sebelumnya bukan habitat aslinya. Spesies yang diperkenalkan seperti itu biasanya disebut sebagai polutan biologis.

Beberapa dampak ekologis dari invasi termasuk hibridisasi, kompetisi keluar, gangguan ekosistem asli, pengaruh patogen tanaman, penularan penyakit, gangguan jaring makanan, dan kepunahan situasi tertentu. Spesies dapat

diperkenalkan dengan sengaja untuk kepentingan hias (estetika), pertanian, kegiatan berburu, bioteknologi untuk penelitian ilmiah dan untuk perdagangan.

Perubahan Iklim

Ini menjadi perhatian besar terutama ketika CO₂ global meningkat di atmosfer yang mengakibatkan pemanasan global. Sebagian besar spesies berasal dari wilayah yang sangat sempit dan memiliki batas fisiologis; karenanya alam memiliki kisaran toleransi yang dipertahankan untuk stabilitas ekosistem. Perubahan dapat terjadi secara bertahap atau tiba-tiba sehingga jika batas atas atau bawah terlampaui, spesies mengalami kepunahan. Perubahan iklim akhir-akhir ini, seperti suhu yang lebih hangat di wilayah tertentu, telah berdampak signifikan terhadap keanekaragaman hayati dan ekosistem (Agarwal, Singh and Rawat, 2014).

Mereka telah memengaruhi distribusi spesies, ukuran populasi, dan waktu reproduksi atau peristiwa migrasi, serta frekuensi wabah hama dan penyakit. Perubahan iklim yang diproyeksikan pada tahun 2050 dapat menyebabkan kepunahan banyak spesies yang hidup di wilayah geografis tertentu yang terbatas. Pada akhir abad ini, perubahan iklim dan dampaknya dapat menjadi pendorong langsung utama hilangnya keanekaragaman hayati secara keseluruhan. Sementara musim tanam di Eropa telah diperpanjang selama 30 tahun terakhir, di beberapa wilayah Afrika kombinasi perubahan iklim regional dan tekanan manusia telah menyebabkan penurunan produksi tanaman sereal sejak tahun 1970. Karena perubahan iklim akan menjadi lebih parah, dampak berbahaya pada ekosistem akan lebih besar daripada manfaatnya di sebagian besar wilayah di dunia.

Populasi

Dari tahun 1950 hingga 2011, populasi dunia meningkat dari 2,5 miliar hingga 7 miliar dan diperkirakan akan mencapai dataran tinggi lebih dari 9 miliar selama abad ke-21. Seiring bertambahnya populasi manusia, ada permintaan yang tak terpuaskan untuk bahan baku yang pasti akan menyebabkan perubahan keanekaragaman hayati. Populasi manusia memiliki dampak yang lebih besar pada keanekaragaman hayati daripada faktor tunggal lainnya.

Menurut Dumont (2012) hingga pertengahan abad ke-21, hilangnya keanekaragaman hayati murni di seluruh dunia akan sangat bergantung pada tingkat kelahiran manusia di seluruh dunia. Oleh karena itu sangat penting untuk mengendalikan populasi manusia yang akan menghasilkan konservasi keanekaragaman hayati.

Bab 2

Keanekaragaman Genetik

2.1 Pendahuluan

Keanekaragaman genetik merupakan suatu tingkatan biodiversitas yang merujuk pada jumlah total variasi genetik dalam keseluruhan jenis organisme. Keanekaragaman genetik pada suatu jenis organisme memegang peranan penting dalam daya adaptabilitas serta keberadaan populasi dan jenis organisme tersebut untuk tetap bertahan selama evolusi berlangsung dengan perubahan lingkungan yang terjadi.

Sumber keanekaragaman genetik berasal dari setiap organisme biologi (tanaman, hewan, dan mikroba) yang mengandung unit fungsional pewarisan sifat (hereditas), yang memiliki nilai nyata maupun potensi. Sumber keanekaragaman genetik ini merupakan bahan dasar dalam pengembangan kultivar, varietas, jenis, rumpun, atau bangsa baru, baik melalui pemuliaan konvensional maupun bioteknologi.

Sumber keanekaragaman genetik ini secara langsung dan tidak langsung dimanfaatkan oleh petani serta pemulia serta berfungsi sebagai simpanan (reservoir) adaptabilitas genetik yang dapat digunakan untuk menanggulangi perubahan iklim dan lingkungan. Erosi terhadap sumber keanekaragaman genetik dapat mendatangkan ancaman yang serius terhadap ketahanan pangan, pakan, papan, dan energi dalam jangka panjang.

Genetik menjadi kunci konservasi karena berperan penting dalam mempertahankan dan memulihkan populasi dari kerusakan. Genetik dapat dijadikan kunci konservasi karena berperan penting dalam mempertahankan populasi dan pemulihan dari kerusakan.

Dengan demikian, perlu dilakukan pelestarian dan pemanfaatan sumber daya genetik secara berkelanjutan sebagai perlindungan terhadap perubahan yang tidak diharapkan di masa depan (Widjaja et al., 2014).

Hewan adalah kelompok binatang liar yang sudah didomestikasi, ditenakkan atau ditangkarkan. Diversitas genetik binatang liar masih sangat tinggi untuk dapat dikembangkan dan dimanfaatkan menjadi komoditas sumber protein hewani.



Gambar 2.1: Anak Kuda Kurt, Penerus Spesies Kuda Przewalski Melalui Kloning Pertama (Putri, 2022)

Sumber keanekaragaman genetik tanaman berasal dari materi genetik tanaman yang mempunyai nilai nyata untuk digunakan sebagai pangan, pakan, serat, pakaian, bangunan, energi, dan pertanian. Sumber daya genetik ini juga mencakup materi *propagasi reproduktif* dan vegetatif dari kultivar (cultivated varieties) yang ada saat ini, varietas baru yang dikembangkan, *obsolete varieties* (varietas yang dianggap tidak bernilai penting dan tidak populer saat ini dan tidak digunakan lagi oleh masyarakat), kultivar primitif/lokal (landraces), jenis liar dan jenis gulma, kerabat liar dari kultivar, dan special genetic stocks (termasuk galur elite, galur breeding, dan galur mutan) (FAO, 1997).

Widjaja dkk, (2014) menyatakan bahwa Konvensi Keanekaragaman Hayati atau *Convention on Biological Diversity* telah disepakati oleh PBB pada Tahun

1992 dan diratifikasi oleh Pemerintah Indonesia pada Tahun 1994, yang menegaskan bahwa suatu negara memiliki hak berdaulat atas sumber daya alam (SDA), termasuk sumber daya genetik. Perhatian pemerintah terhadap sumber daya genetik semakin tinggi terutama pada akses dan pembagian keuntungan secara adil dan merata melalui Protokol Nagoya yang telah ditandatangani oleh pemerintah Indonesia pada tanggal 11 Mei 2011 .

Indonesia memiliki kekayaan sumber daya genetik yang sangat tinggi untuk dapat dimanfaatkan. Sumber daya genetik mikrob (microbial genetic resources) merupakan material genetik yang berasal dari mikrob, baik berupa organisme maupun bagian-bagiannya, populasinya atau komponen biotik ekosistem lain yang membawa unit fungsional pewarisan dan memiliki nilai nyata dan potensial untuk kemanusiaan. Definisi ini tidak hanya mencakup materi genetik yang terkandung dalam satu jenis organisme tertentu, namun juga mencakup kumpulan materi genetik dalam satu komunitas. Hal ini juga dikenal dengan istilah mikrobiom (microbiome).

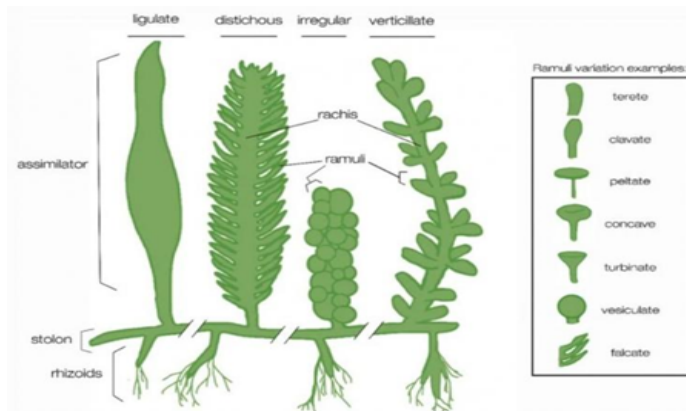
Dalam bab ini akan diuraikan pengertian variasi morfologi, kromosomal, dan keanekaragaman genetik, genetika populasi dan variabilitas populasi.

2.2 Variasi Morfologi, Kromosomal, dan Keanekaragaman Genetik

Pengamatan terhadap setiap anggota individu dalam suatu populasi, akan didapatkan adanya variasi karakter, seperti warna kulit dan bentuk rambut pada manusia, ukuran paruh pada burung, jumlah rambut sisir pada lalat buah dan sebagainya. Secara umum, bahwa masing-masing individu memiliki karakter yang berbeda. Studi seperti ini melihat adanya variasi pada tingkat perbedaan fenotipe. Fenotipe merupakan karakter yang diekspresikan dalam wujud yang dapat diamati.

Variasi morfologi dari suatu spesies untuk skala geografi luas telah menarik minat para ilmuwan sejak lama. Darwin dan ilmuwan yang mengikutinya serta fokus pada kajian morfologi suatu spesies. Pengamatan seperti ini akan menggambarkan variasi geografis. Jika variasi tersebut sangat signifikan, oleh para taksonom, varian spesies tersebut dapat digolongkan sebagai sub spesies atau ras.

Krohne (2001), mengatakan bahwa variasi morfologi sangat bersifat spesifik untuk tiap spesies, ada spesies yang secara morfologi memiliki variasi geografis signifikan, contoh paling nyata adalah ras pada manusia. Contoh lain ditemukan pada kalkun (*Cathartes aura*). Walaupun memiliki tingkat penyebaran yang luas namun perbedaan morfologi dari satu lokasi ke lokasi yang lain sangat sedikit.



Gambar 2.2: Struktur dan Variasi Morfologi *Caulerpa* Sp oleh Zubia dkk (Kompasiana, 2022)

Hal yang berbeda seperti ditunjukkan oleh tikus rusa (*Peromyscus maniculatus*) dan gofer saku (*Thomomys bottae*). Pada kedua spesies ini diketahui memiliki variasi morfologis yang sangat nyata pada tikus rusa, variasi dimaksud ditunjukkan pada sifat ekor dan kaki belakang yang pendek pada ras yang berhabitat di padang rumput, sebaliknya ras yang tinggal di hutan memiliki ekor dan kaki belakang yang panjang. Pada gofer saku variasi morfologi ditunjukkan pada perbedaan warna kulit morfologi dan ukuran tubuh.

Variasi fenotip yang terjadi pada makhluk hidup suatu organisme dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor genotipe (rangkaiannya gen) dan faktor lingkungan. Kajian pada tingkat variasi fenotipe memiliki keunggulan, di mana pada pengamatan dapat dilakukan secara langsung serta dapat menghubungkan dengan faktor lingkungan. Faktor lingkungan memiliki peran yang menentukan pada variasi morfologi. Akan tetapi, kajian ini memiliki banyak kelemahan untuk digunakan sebagai dasar variasi genetik, karena observasi morfologi tidak dapat melihat keragaman pada tingkat gen.

Aspek lain variasi genetik yang dapat diamati adalah variasi kromosom setiap individu. Karena kromosom cukup besar diamati dengan mikroskop, maka pengamatan bentuk kromosom dan mutasi yang terjadi dapat dilakukan. Cara ini memungkinkan untuk mendeskripsikan sifat kariotip suatu individu. Kariotip adalah tipe jumlah dan morfologi suatu kromosom. Teknik ini pertama sekali diperkenalkan oleh Dobzhansky.

Dobzhansky (1982), melakukan kajian mengenai variasi kromosomal pada lalat buah. Hasil penelitiannya menunjukkan adanya empat variasi urutan gen pada kromosom ketiga. Diduga kuat variasi ini menunjukkan adanya kompleks gen yang bersifat ko adaptasi dari rekombinasi dengan cara mutasi berbalik.

Leksono (2010), mengatakan bahwa keanekaragaman genetik merupakan variasi genetik individu-individu suatu populasi atau keanekaragaman genetik suatu spesies pada wilayah tertentu. Gen adalah unit kromosom pembawa kode untuk pembuatan protein spesifik. Keanekaragaman merupakan faktor utama dalam evolusi, meskipun prosesnya belum sepenuhnya diketahui. Hal ini dikemukakan baik oleh Lamark maupun Darwin.

Tanpa adanya keanekaragaman, evolusi tidak terjadi. Di alam ada dua faktor yang bekerja secara harmonis, yaitu faktor mempertahankan keutuhan suatu jenis dan faktor penyebab keanekaragaman. Apabila dilihat secara tersendiri, maka kedua faktor tersebut seakan akan bertentangan. Namun kedua faktor tersebut bekerja dengan harmonis.

Menurut Krohne (2001), variasi genetik muncul karena dalam organisasi molekulernya, terdapat individu yang memiliki gen berbeda. Jumlah total gen yang ada pada suatu populasi disebut gen pool. Pada organisme diploid masing-masing individu membawa gen-gen yang berpasangan. Gen yang berpasangan tersebut disebut alel. Karena berpasangan, maka jumlah alel dalam suatu populasi adalah $2NG$, di mana N = jumlah individu, G = jumlah gen pada masing-masing individu.

Keberagaman alel dari suatu gen diduga akan memengaruhi perkembangan dan fisiologi suatu organisme secara berbeda. Variasi genetik meningkat sewaktu keturunan menerima kombinasi unik gen dan kromosom dari induknya melalui rekombinasi gen yang muncul selama meiosis, dan kombinasi baru disiapkan sewaktu kromosom dari kedua induk dikombinasikan untuk membentuk keturunan yang unik secara genetik.

Secara umum dapat dikatakan bahwa keanekaragaman genetik suatu populasi ditentukan oleh proporsi oleh lokus-lokus yang memiliki lebih dari satu alel (loki polimorfik) pada suatu gen pool, rata-rata *heterosigositas* individu dalam satu populasi dan jumlah alel per lokus. Spesies langka memiliki variasi genetik yang lebih sedikit dari pada spesies yang umum dan karena itu lebih mudah punah jika kondisi lingkungan berubah. Anjing (*Canis lupus familiaris*) mempunyai variabilitas genetik yang tinggi, sedangkan cheetah (*Acinonyx jubatus*) sangat rendah.

2.3 Genetika Populasi

Genetika populasi adalah salah satu cabang dalam ilmu hayati yang membahas interaksi gen dalam suatu populasi. Bahasan khusus dalam genetika populasi di antaranya adalah indeks perbedaan antara dua populasi, pertukaran gen, dan mutasi netral yang bermanfaat untuk mengkaji keragaman hayati pada tingkat molekuler.

Genetika populasi menggunakan pendekatan statistika yang berdasarkan pada beberapa asumsi yang berhubungan dengan sifat-sifat biologis suatu makhluk hidup seperti misalnya sistem perkembangbiakan, asumsi mengenai sifat-sifat genetika makhluk hidup tersebut, misalnya mutasi gen, serta asumsi mengenai keadaan demografinya.

Dalam usaha perlindungan keragaman hayati, kajian genetika populasi digunakan sebagai dasar untuk memetakan interaksi genetika antara individu serta kemungkinannya untuk melanjutkan generasinya secara langgeng. Besarnya manfaat genetika populasi dalam membantu usaha pelestarian keragaman hayati telah dibuktikan dengan dipetakannya interaksi genetika dan struktur populasi dari banyak jenis hewan di antaranya Gajah Asia (*Elephas maximus*), Kura-kura Galapagos (*Geochelone nigra*), Burung Kakatua Abu-abu (*Psittacus erithacus*) di Pulau Principe di Afrika, dan Ikan Pelangi (*Melanotaenia eachamensis*) di Australia.

Di samping itu, interaksi genetika pada populasi Biawak Komodo (*Varanus komodoensis*) di Indonesia juga telah dipertelakan. Selanjutnya, dalam konteks pelestarian keragaman hayati, interaksi gen dan struktur populasi ini hewan-hewan ini digunakan sebagai landasan untuk pencandraan unit-unit manajemen (management units) yang akan berguna misalnya sebagai sumber

untuk mengentaskan suatu populasi di daerah lain yang hampir punah (Arida, 2009).

Lebih jauh dipaparkan oleh Arida (2009), penerapan genetika populasi dalam usaha pelestarian keragaman hayati telah melahirkan satu cabang ilmu baru, yakni Genetika Konservasi yang sejak dua dasawarsa terakhir mengalami perkembangan yang sangat pesat. Hal ini disebabkan oleh laju perkembangan teknik sekuensing gen yang semakin efisien.

Sudah menjadi kewajaran, bahwa genetika konservasi menjadi panduan dalam usaha pelaksanaan pelestarian keragaman hayati ditinjau dari sudut penerapan ilmu di samping juga efisiensi waktu penelitian.

Namun demikian, demi menjaga keterpaduan suatu usaha pelestarian keragaman hayati yang berlandaskan pada dasar ilmiah yang benar, informasi mengenai interaksi gen harus disertai pula dengan informasi mengenai ekologi, perilaku, serta hubungan kekerabatan baik dengan individu dalam satu jenis maupun dengan jenis lain. Pendekatan secara terpadu dengan menggunakan ilmu-ilmu biologi terkait yang disertai kemajuan teknologi ini diharapkan akan menjadi dasar yang kuat dalam usaha pelestarian keragaman hayati.

Teori genetika populasi dilakukan melalui pendekatan statistika dalam cabang ilmu ini diterapkan dalam bahasan indeks perbedaan antar populasi yang digunakan untuk mengetahui derajat perbedaan di antara individu-individu dalam suatu populasi, antara populasi dalam suatu kelompok populasi, dan antara kelompok populasi.

Hukum Hardy-Weinberg merupakan dasar genetika populasi. Hukum ini dikembangkan secara terpisah oleh George Hardy and Wilhelm Weinberg pada awal 1900-an. Prinsip yang dikembangkan berhubungan dengan frekuensi alel dan genotipe. Seperti kebanyakan model, hukum Hardy-Weinberg menyederhanakan kompleksitas kehidupan nyata di alam, namun merupakan penjelasan yang mendasar (Leksono, 2010).

Leksono (2010), menjelaskan lebih jauh bahwa dalam prinsip ini, perubahan gen tidak dilihat per individu, tetapi per populasi. Kalau dalam populasi terdapat alel A dan a maka Kedua alel tersebut memberi ekspresi pada individu sebanyak tiga fenotipe AA, Aa dan aa. Frekuensi genotipe homozigot AA adalah kemungkinan alel A bergabung dengan alel A. Frekuensi yang diharapkan merupakan hasil pemisahan frekuensi alel yang sederhana.

Untuk menghitung frekuensi tersebut digunakan notasi p untuk alel A dan q untuk alel a . Dengan berdasar pada persamaan peluang alel p baik yang dibawa oleh individu jantan maupun betina untuk melakukan rekombinasi maka peluang alel p untuk bertemu dengan p adalah p^2 sehingga didapatkan frekuensi $AA = p^2$ dan $Aa = 2pq$ dan $a = q^2$.

Komposisi fenotipe yang diekspresikan oleh individu mewakili suatu populasi. Proporsi alel dalam populasi tetap berada dalam keseimbangan dan hal ini dijabarkan dalam rumus (Leksono, 2010):

$$p^2 + 2pq + q^2$$

Di mana: p adalah frekuensi alel (A) dan q adalah frekuensi alel (a).

Rentang nilai frekuensi alel dan genotipe berada pada kisaran 0 hingga 1. Jika nilai dari persamaan ini 0 maka alel atau genotip tersebut tidak ada di populasi, sedangkan nilai 1 berarti alel atau genotipe bersifat fiks.

Leksono (2010), memberikan contoh, jika terdapat suatu populasi bunga pea (*Clitoria ternatea*) dengan alel R dan r . kombinasi RR menghasilkan fenotipe bunga berwarna merah, Rr menghasilkan bunga warna merah muda dan rr , bunga warna putih. Setiap individu memiliki dua alel. Jika dalam satu populasi terdapat 100 individu, maka terdapat 200 alel.

Suatu populasi memiliki jumlah alel R sebesar 40, maka frekuensi alel R adalah $= 40/200 = 0,2$. Karena hanya terdapat 2 alel maka frekuensi alel r adalah 0,8. Dengan menggunakan rumus di atas berapa pun frekuensi awalnya, frekuensi akhir akan selalu berada pada keseimbangan, karena adanya prinsip perkawinan acak. Hasil penghitungan dengan frekuensi di atas didapatkan $p = 0.2$ dan $q = 0.8$.

Kita dapat menggunakan persamaan di atas untuk menentukan frekuensi masing-masing yaitu:

$$AA = p^2 = 0.2 \times 0,2 = 0,04$$

$$Aa = 2pq = 2 \times 0.2 \times 0.8 = 0.32$$

$$aa = q^2 = 0.8 \times 0.8 = 0.64$$



Gambar 2.3: Bunga Mawar (*Rosa hybrid*) Dalam Berbagai Warna
(Kresnoadi, 2022)

Dari uraian diatas, menjadi catatan bahwa berlakunya rumus Hardy-Weinberg, apabila terdapat beberapa asumsi sebagai berikut:

1. mutasi tidak terjadi, atau mutasi menguntungkan sama jumlahnya dengan mutasi merugikan;
2. semua anggota populasi tersebut mempunyai kesempatan yang sama untuk mengawini sesama anggota populasi (perkawinan acak atau panmiksi);
3. tidak terjadi imigrasi atau emigrasi atau jumlah individu yang bermigrasi adalah sama dengan yang beremigrasi;
4. semua alel mempunyai kemungkinan yang sama untuk berada dalam populasi, tidak ada yang lebih unggul dari yang lain, dengan perkataan lain, seleksi alam tidak terjadi;
5. jumlah populasi tetap, atau jumlah individu yang mati sama dengan jumlah individu yang lahir, dan;
6. populasi berjumlah besar sehingga faktor kebetulan tidak terjadi atau dapat diabaikan serta tidak ada penyimpangan genetik.

Leksono (2010), juga menyebutkan bahwa bila suatu populasi memiliki lima asumsi yang ada di bawah ini maka populasi akan mengalami keseimbangan

hukum Hardy-Weinberg pada generasi pertama, dan generasi berikutnya. Namun pada kenyataannya di alam banyak kondisi yang bertentangan dengan hukum Hardy-Weinberg yang menyebabkan perubahan variasi alel.

Beberapa hal bertentangan dimaksud antara lain:

Mutasi

Di alam mutasi selalu terjadi. Mutasi yang terjadi tidak selalu mengakibatkan perubahan dalam struktur atau fungsi. Kejadian mutasi meskipun tidak berubah dalam fungsi, mungkin mempunyai kelemahan tertentu yang baru terlihat apabila keadaan lingkungan berubah. Mutasi menjaga variasi genetik dengan memproduksi alel baru.

Pada awalnya mutasi hanya memiliki dampak kecil pada populasi, namun dalam rentang waktu lama, mutasi bisa berpengaruh besar terhadap populasi. Dalam jangka panjang frekuensi gen dalam populasi akan berubah, karena ada satu gen yang berubah. Kemungkinan ada mutasi yang menguntungkan sama banyaknya dengan mutasi yang merugikan.

Contoh mutasi menguntungkan adalah pada bakteri yang menjadi kebal terhadap antibiotika. Mutasi akan menghasilkan gen atau kromosom yang berbeda dari alel parentalnya.

Perkawinan Tidak Acak

Perkawinan acak berarti suatu alel akan mengikuti frekuensi sebagaimana persamaan hukum Hardy-Weinberg. Misalnya, jika frekuensi $p = 0.6$ dan $q = 0.4$, maka peluang untuk frekuensi Aa heterozigote adalah 0.48. Perkawinan acak hanya mungkin terjadi di daerah yang secara ekologi adalah tepat sama. Biasanya perkawinan terjadi tidak secara acak. Adanya suatu kelainan, pada umumnya menyebabkan kemungkinan melakukan perkawinan menjadi lebih kecil, meskipun hal yang sebaliknya bisa terjadi.

Secara garis besar perkawinan acak tidak selalu terjadi di alam karena:

1. Terjadinya inbreeding (perkawinan sedarah atau antar anggota keluarga) akan menurunkan frekuensi heterozigot, tanpa memengaruhi frekuensi alel. Inbreeding bisa terjadi karena beberapa faktor terutama ketika suatu populasi berukuran kecil atau sebab lain.
2. Struktur geografik, di mana perkawinan pada umumnya bisa terjadi dengan individu setempat, karena kesempatan untuk bertemu lebih

besar. Pada organisme dengan populasi kecil seperti mamalia, struktur geografis akan meningkatkan kemungkinan terjadinya inbreeding.

3. Perkawinan yang memilih pasangan untuk kawin dapat terjadi pada pemilihan individu yang memiliki alel sejenis (misalnya individu AA cenderung kawin dengan individu AA yang lain), maupun yang tidak sejenis (AA cenderung kawin dengan individu Aa). Pada perkawinan sejenis dampak yang timbul adalah penurunan heterosigositas sedang yang tidak sejenis akan meningkatkan heterosigositas.
4. Keuntungan alel jarang (rare alel), dalam beberapa sistem kawin, jantan yang memiliki alel jarang akan diuntungkan dalam perkawinan. Kecenderungan kawin seperti ini akan meningkatkan frekuensi alel jarang, dan berdampak pada peningkatan heterosigositas.
5. Pengaruh sistem kawin, pada sistem kawin poligini, satu atau beberapa jantan yang memiliki kesempatan kawin tinggi, sehingga berperan menyumbangkan gennya ke generasi berikutnya. Perubahan frekuensi alel tergantung pada genotipe jantan yang berhasil kawin.
6. Penyimpangan genetik (genetik drift) yang didefinisikan sebagai perubahan frekuensi alel secara random atau stokastik. Penyimpangan gen biasanya terjadi pada populasi yang berukuran kecil. Penyimpangan dapat menyebabkan hilangnya suatu alel, sehingga frekuensi alel akan bertahan 1,0, sehingga dapat dikatakan alel yang ada menjadi fix.

Meskipun penyimpangan menyebabkan hilangnya variabilitas dalam populasi tertentu, hal ini secara keseluruhan dapat meningkatkan variabilitas dalam satu spesies. Populasi kecil yang terasing dapat mengembangkan sifat-sifat yang berbeda benar dengan sifat umum yang dimiliki oleh individu spesies yang sama pada populasi besarnya. Dalam lingkungan yang berubah tiba-tiba, sifat-sifat baru ini mungkin dapat menyebabkan kelompok kecil dapat bertahan hidup, sedangkan anggota dari populasi yang besar akan musnah.

Penyimpangan ini memiliki dampak serius terhadap populasi spesies yang langka. Untuk spesies lain penyimpangan dapat memiliki pengaruh dalam

jangka waktu lama (ribuan sampai jutaan tahun. Penyimpangan genetik ini selalu dapat ditemukan, terutama di Indonesia yang terdiri dari pulau-pulau yang kecil.

Seleksi

Seleksi adalah proses alam yang dapat menyebabkan perubahan frekuensi alel dari satu generasi ke generasi dan mencerminkan perubahan keberhasilan dalam kepintasan dan reproduksinya. Proses ini bisa disebabkan karena kemampuan lulus hidup dan melakukan reproduksi suatu fenotipe berbeda-beda. Adanya seleksi akan menghilangkan variasi genetik dari suatu populasi.

Alel yang diuntungkan oleh proses seleksi cenderung untuk memiliki porsi yang lebih besar pada generasi berikutnya. Setelah sekian generasi alel tersebut bisa mengalami kondisi yang fiks. Proses yang terjadi serupa dengan penyimpangan genetik, akan tetapi seleksi bisa terjadi pada populasi yang besar maupun kecil.

Emigrasi dan imigrasi

Emigrasi dan imigrasi akan mengubah frekuensi gen dalam populasi asal atau ukuran populasi yang akan dibentuk. Lebih kecil ukuran suatu populasi asal maka perubahan frekuensi akan lebih besar bagi populasi tersebut. Perubahan frekuensi gen akibat migrasi sering disebut dengan istilah gen flow atau aliran gen.

Erwin (1982), mengatakan untuk daerah terisolasi, misalnya suatu pulau, imigrasi atau suatu spesies ditentukan oleh alel-alel yang ikut dibawa ke daerah tersebut. Karena jumlah individu-individu yang berhasil mencapai dan mengolonisasi pulau itu dari tidak ada menjadi suatu populasi yang stabil, maka biasanya suatu alel yang tidak berarti frekuensinya dalam populasi asal yang cukup besar dapat menjadi penting sekali bagi populasi yang baru dibentuk.

Contoh terkenal dari efek leher botol adalah spesies Cheetah yang terjadi akibat efek ini 10.000 tahun lalu. Spesies atau sub spesies (pembentukan sub spesies) dapat kita terangkan dengan mekanisme diatas, meskipun biasanya banyak aspek lain yang menunjang.

Imigrasi atau emigrasi dapat tidak terjadi di populasi yang terisolasi, misalnya bagi organisme yang hanya bisa hidup di danau, atau puncak gunung atau suatu pulau kecil yang terisolasi dari daratan. Hal ini disebabkan sifat populasi yang tertutup.

Kemampuan Alel Tidak Sama

Alel-alel yang berlainan mempunyai tingkat lulus hidup yang berlainan. Nilai lulus hidup biasanya dinyatakan dalam perbandingan dengan alel normalnya. Nilai kelulusan hidup dapat berubah-ubah tergantung kepada lingkungan hidupnya. Misalnya mutan vestigial di alam tidak mungkin dapat bertahan dan kita dapat memberi nilai 0. Tetapi di laboratorium, mereka cukup bertahan, meskipun lebih lemah daripada bentuk normalnya, yang pasti tidak sama dengan 0.

Populasi Tetap

Populasi tetap secara teoritis tidak mungkin terjadi meskipun di suatu populasi yang terisolasi. Selain faktor lingkungan yang senantiasa berubah-ubah sepanjang tahun, juga selalu terjadi kelahiran dan atau kematian, tetapi penelitian menemukan bahwa pada umumnya suatu populasi berubah-ubah mengikuti siklus tertentu.

Populasi Besar

Populasi besar hanya mungkin terjadi pada serangga atau mikroba, tetapi hampir tidak mungkin terjadi pada hewan mamalia. Hal ini erat hubungannya dengan makanan yang tersedia, sebab lebih besar populasi suatu organisme jumlah makanan yang tersedia harus jauh lebih besar.

Dari penjelasan di atas terdapat persyaratan untuk rumus atau hukum Hardy-Weinberg hampir tidak pernah dapat terpenuhi, dan oleh karena itu evolusi terjadi. Rumus ini hanya dapat dipenuhi, namun dalam jangka waktu tertentu rumus ini tidak berlaku, karena keenam persyaratan diatas tidak pernah dipenuhi sekaligus.

Hanya persyaratan ketiga, emigrasi atau imigrasi saja yang dapat terpenuhi pada populasi di pulau terpencil atau organisme yang hanya dapat hidup di puncak gunung yang tinggi (Leksono, 2010).

2.4 Asal-Usul Keanekaragaman (Variabilitas)

Walaupun keanekaragaman (variabilitas) pada awal dikemukakan, prosesnya belum dikenal, tetapi keanekaragaman menggambarkan aspek mendasar dari perubahan. Hal ini dikemukakan oleh Lamarck, Darwin, maupun para ahli lainnya. Tanpa keanekaragaman, perubahan tidak terjadi.

Di alam terdapat dua aspek yang bekerja harmonis, meliputi:

1. faktor penyebab keanekaragaman, dan;
2. faktor yang bekerja untuk mempertahankan keutuhan suatu jenis.

Apabila dilihat secara tersendiri, maka kedua faktor tersebut seakan bertentangan. Namun pada hakikatnya kedua faktor tersebut bekerja dengan sangat harmonis. Untuk melihat bagaimana timbulnya keanekaragaman, harus dimulai dari melihat struktur yang paling kecil pada makhluk hidup, tetapi sangat penting.

Struktur tersebut adalah DNA (Asam deoksiribonukleat). DNA terdiri dari empat macam basa nitrogen yaitu: Adenin (A), Cytosin (C), Guanin (G), dan Timin (T), serta RNA mempunyai Urasil (U) pengganti Timin pada DNA. Keempat macam jenis basa nitrogen berfungsi menyusun atau membentuk 20 asam amino esensial. Diketahui bahwa kombinasi tiga dari keempat basa nitrogen tersebut akan membentuk satu asam amino.

Kombinasi ini dikenal dengan nama triplet kodon. Secara umum, setiap satu asam amino dikode oleh sekitar tiga macam kombinasi. Ada asam amino yang dikode oleh satu kombinasi, sedangkan ada asam amino yang dikode oleh enam macam kombinasi. Dengan demikian maka suatu asam amino dapat dihasilkan lebih banyak, bukan saja karena kode tersebut terdapat berulang-ulang, tetapi karena ada lebih banyak kemungkinan. Yang menjadi masalah sekarang adalah dari mana terjadinya keanekaragaman. Adanya satu kode genetik atau lebih mengkodekan asam amino belum dapat menerangkan dengan jelas terjadinya keanekaragaman.

Leksono (2010), mengatakan bahwa terdapatnya variasi hanya dapat diterangkan secara adaptasi dan genetik. Variasi adaptasi dapat kita lihat pada olahragawan yang otot-ototnya lebih terlatih sehingga berukuran lebih besar dari kebanyakan orang. Namun variasi adaptasi tidak dapat diturunkan secara

langsung ke keturunannya. Variasi genetika yang merupakan satu-satunya kemungkinan yang dapat menerangkan proses evolusi. Secara genetis, variasi dapat timbul akibat mutasi.

Mutasi adalah suatu peristiwa yang umum terjadi. Diperkirakan selalu ada satu mutasi per 10.000-1.000.000 mikroorganisme, atau rata-rata 1/100.000 per sel. Sedangkan jumlah gen suatu organisme dapat mencapai 10.000. Dari angka diatas dapat disimpulkan bahwa mutasi yang terjadi amat banyak.

Akibat mutasi adalah (Leksono, 2010):

1. Perubahan struktur DNA (Asam deoksiribonukleat), tetapi tidak mengubah produk yang dihasilkan. Seperti yang sudah diketahui, DNA merupakan sumber informasi genetis. DNA akan di translasi menjadi asam amino. Asam amino ada yang dikode oleh satu gen, tetapi ada yang dikode lebih dari satu gen. Apabila mutasi terjadi di suatu tempat di DNA, tetapi kode yang berubah tetap mengkodekan asam amino yang sama, maka mutasi tersebut tidak berakibat apa apa.
2. Mutasi mengubah struktur DNA dan mengubah komposisi produk, tetapi tidak mengubah fungsi produk yang dihasilkan. Dalam hal ini terjadi perubahan produk, sehingga asam amino yang dihasilkan adalah lisin. Padahal kode genetis sebelum mutasi adalah asam amino treonin. Akibatnya terjadi perubahan dalam perubahan rantai protein yang dihasilkan. Walaupun demikian, protein tersebut tidak mengalami perubahan fungsi.
3. Mutasi mengubah fungsi produk yang dihasilkan, tetapi tidak bersifat apa-apa. Mutasi tersebut dapat berakibat lebih besar, sehingga fungsi protein berubah. Misalnya kita mengenal golongan darah. Ada beberapa golongan darah. Golongan darah yang lebih langka diperkirakan sebagai hasil mutasi dan golongan darah yang diduga paling umum. Semuanya berfungsi normal, namun kalau dilakukan transfusi darah dengan golongan darah lain, baru akibatnya dapat dilihat.
4. Mutasi terjadi, perubahan fungsi yang sangat besar, namun terjadi pada sel somatis sehingga tidak diturunkan. Mutasi sel somatis jarang

dilihat. Sebagai contoh, tahi lalat dapat dianggap suatu mutasi somatis yang tidak diturunkan.

5. Mutasi bersifat fatal, sehingga organisme tersebut mati, jadi tidak terlihat. Bila mutasi terjadi pada tingkat sel, biasanya produk akan diserap tubuh. Itu pun kalau produk tersebut memang dibuat. Mutasi yang bersifat fatal dikenal dengan gen letal. Banyak gen letal yang telah diketahui, misalnya kebutaan (tidak semuanya) dan hemofilia. Hanya berkat rahmat Tuhan dan ilmu kedokteran, manusia bisa bertahan. Apabila ini terjadi pada hewan, maka mereka akan segera mati, karena tidak dapat mempertahankan diri dari predatornya.
6. Mutasi yang menguntungkan, berarti bahwa terjadinya mutasi tersebut menghasilkan sifat yang sesuai dengan perubahan lingkungan. Mutasi seperti ini meskipun peluang kejadiannya kecil namun tetap dipertahankan. Beberapa mutasi yang diketahui menguntungkan adalah: resistensi bakteri terhadap antibiotika, resistensi *sickle cell* terhadap malaria, dan resistensi terhadap *atherosclerosis* (menumpuknya lemak, kolesterol, dan zat lain dalam dan di dinding arteri)

Sistem biologis dan sistem genetik adalah suatu sistem yang dapat dianggap sempurna. Sistem ini tidak akan merupakan sistem yang baik, kalau tidak bersifat baka. Kalau suatu sistem mudah berubah, itu bukan lagi suatu sistem. Tetapi evolusinya tidak terjadi kalau sistem biologi terlalu kaku. Organisme yang tidak dapat menyesuaikan diri akan musnah oleh suatu perubahan alam yang tiba-tiba maupun yang berjalan lambat.

Jadi pada setiap sistem terjadi suatu kisaran toleransi yang dilihat dalam bentuk variasi. Dalam sistem biologis terdapat dua macam faktor yang bekerja secara harmonis, yaitu faktor-faktor yang bersifat konservasi (mengawetkan atau mempertahankan suatu organisme), dan faktor-faktor tersebut juga memiliki aspek-aspek yang memungkinkan terjadinya perubahan. Faktor-faktor tersebut adalah materi genetik (DNA/RNA).

Bab 3

Keanekaragaman Hayati Tingkat Spesies

3.1 Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari kita pasti pernah mendengar kata "keanekaragaman"? Apa yang terlintas di pikiran kita ketika mendengar kata tersebut? Tentunya kita akan membayangkan itu adalah kumpulan dari suatu benda yang bermacam-macam bentuk, tekstur, dan karakter lainnya. Yang anda bayangkan tersebut benar.

Kata keanekaragaman itu menggambarkan keadaan bermacam-macam suatu benda, yang dapat terjadi akibat adanya perbedaan (variasi). Sekarang coba pikirkan pula apa itu "hayati"? Berbeda dengan keanekaragaman, istilah hayati menggambarkan makhluk hidup. Istilah keanekaragaman hayati tersebut sering dikenal dengan kata "biodiversitas".

Jadi, pengertian dari keanekaragaman hayati adalah keanekaragaman makhluk hidup mulai dari gen, spesies hingga ekosistem pada suatu wilayah yang terjadi akibat yang terjadi akibat adanya perbedaan (variasi). Variasi tersebut bisa dalam hal ukuran, bentuk, tekstur maupun jumlah, warna dan sifat-sifat lainnya. Keanekaragaman hayati tersebut tidak saja terjadi antar spesies (jenis), tetapi dalam keanekaragaman gen, dan keanekaragaman ekosistem.

Keanekaragaman hayati merupakan kajian yang sangat penting karena berkaitan erat dengan kehidupan manusia sebagai salah satu bagian di dalam sistem kehidupan. Indonesia adalah salah satu dari 17 negara yang termasuk ke dalam Mega biodiversitas, yaitu negara yang mempunyai tingkat keanekaragaman hayati yang sangat tinggi. Kekayaan hayati Indonesia adalah gabungan antara kekayaan hayati Asia dan Australia (Abidin et al, 2020).

Khusus pada Bab 3 ini kita mengupas tentang keanekaragaman hayati tingkat spesies.

3.2 Keanekaragaman Hayati Tingkat Spesies

Keanekaragaman hayati memiliki peranan penting dalam menjaga kestabilan ekosistem agar tetap berada pada keseimbangan dan menyediakan jasa lingkungan untuk menjamin keberlanjutan ekosistem (Alberti, 2005; Groom et al., 2006 dalam Effendi, 2010). Keanekaragaman hayati terjadi pada berbagai tingkatan kehidupan, mulai dari organisme tingkat rendah, sampai dengan organisme tingkat tinggi; dari tingkat organisasi kehidupan mulai dari spesies sampai dengan ekosistem (Budiasmoro, 2006; Champbell, 2012).

Oleh karena itu, keanekaragaman hayati (biodiversitas) membahas semua bentuk kehidupan menurut skala organisasi biologi, seperti gen, spesies, dan ekosistem (proses ekologi). Menurut Alfiani (2014), keanekaragaman hayati menunjukkan variasi dari makhluk hidup (organisme) penghuni bumi ini, baik hewan, tumbuhan, hingga manusia.

Potensi keanekaragaman hayati sering kali terfokus pada keanekaragaman spesies (jenis) dibandingkan dengan keanekaragaman genetik. Itu artinya keanekaragaman spesies (jenis) bukan lebih penting daripada keanekaragaman genetik, tetapi keanekaragaman spesies itu relatif lebih mudah diukur dan diidentifikasi.

Berbeda halnya dengan keanekaragaman genetik yang memerlukan keterampilan khusus sumber daya khusus untuk mengidentifikasi keragamannya di laboratorium (secara genetik). Hal yang sama juga untuk keanekaragaman ekosistem yang membutuhkan banyak ukuran (standar)

kompleks dan identifikasinya pun dilakukan dalam jangka waktu yang relatif lama (Odum, 1971 dalam Tambunan et al., 2013).

Keanekaragaman hayati spesies adalah perbedaan yang dapat ditemukan pada komunitas atau kelompok berbagai spesies yang hidup pada suatu tempat. Menurut Effendi (2010) keanekaragaman spesies merupakan karakteristik tingkatan komunitas berdasarkan organisasi biologisnya.

Keanekaragaman spesies disebut tinggi jika terdiri dari banyak spesies dengan kelimpahan yang sama atau hampir sama. Artinya, kelimpahan spesies memiliki kompleksitas yang tinggi karena terjadi interaksi yang tinggi dan melibatkan kompetisi, rantai makanan, pembagian relung, serta tingkat predasi suatu spesies.

Sebaliknya dikatakan rendah bila disusun oleh sedikit spesies dengan sedikit yang dominan. Asumsi antara spesies-spesies dalam populasi yang sama-sama terbentuk merupakan ide dari keanekaragaman. Interaksi satu dengan yang lainnya pada lingkungan dengan berbagai cara menunjukkan jumlah spesies yang ada dan kelimpahan relatifnya.

Magurran (1988) menyatakan bahwa keanekaragaman hayati tingkat spesies terdiri atas dua komponen, yaitu variasi dan kelimpahan relatif spesies. Pada dasarnya keanekaragaman spesies dibagi menjadi tiga, yaitu keanekaragaman α (alpha), β (beta), dan γ (gamma).

Keanekaragaman α (alpha) maksudnya keanekaragaman spesies pada suatu wilayah atau lanskap tempat pengambilan sampel. Kemudian keanekaragaman β (beta) yaitu keanekaragaman antar wilayah pengambilan sampel untuk melihat komposisi spesies dari suatu komunitas yang berbeda, sedangkan keanekaragaman γ (gamma) merupakan keanekaragaman suatu spesies pada kisaran wilayah yang luas, atau secara sederhana keanekaragaman γ merupakan hasil penggabungan dari keanekaragaman alfa dan beta (α dan β).

Menurut Magurran (1988), keanekaragaman hayati tingkat spesies dapat diukur berdasarkan jumlah spesies (species richness) dan pemerataan spesies (evenness index) dengan menggunakan indeks keanekaragaman (diversity index). Kemudian McNaughton dan Wolf (1998 dalam Maulina 2019) juga menyatakan bahwa indeks keanekaragaman selain dapat diukur dengan kekayaan spesies, juga dapat diukur dengan kelimpahan relatif spesies dan keanekaragaman taksonomi atau *filogenetik*.

Putrawan (2014) mengatakan bahwa keanekaragaman spesies dicirikan oleh rasio antara jumlah spesies dan nilai kepentingannya (important value), seperti banyak individu, biomassa, dan produktivitas. Diversitas akan rendah bila ekosistem fisik dan biologis terkontrol. Hubungan antara spesies dengan jumlah dalam spesies berbanding terbalik. Apabila dalam komunitas hanya terdapat beberapa spesies, maka jumlah individunya sangat banyak untuk masing-masing spesies (spesies dominan). Sebaliknya, apabila memiliki banyak spesies, maka individu masing-masingnya akan sedikit (the rare species).

Indeks keanekaragaman merupakan ilustrasi secara matematik yang mempermudah analisis informasi terkait jumlah individu serta berapa banyak jumlah jenis individu yang ada dalam suatu area. Metode kuantitatif untuk mengukur keanekaragaman spesies antara lain adalah indeks Simpson, Indeks Shannon (H) = information-theoretic indicates, dan evennes = pemerataan (Barbour et al. 1987; Nolan et al. 2006; Fachrul 2007, Krebs, 1999; Magurran 2004). Keanekaragaman spesies (jenis) dipengaruhi oleh waktu, perbedaan ruang, perbedaan ruang, kompetisi, pemangsa, kestabilan iklim dan produktivitas (Krebs, 2000). Contohnya hasil penelitian yang mengatakan bahwa keanekaragaman serangga pada umumnya sangat dipengaruhi oleh jenis vegetasi, iklim, garis lintang, dan ketinggian tempat dari permukaan laut (Speight et al. 1999).

3.3 Contoh Keanekaragaman Hayati Tingkat Spesies

Untuk mengetahui keanekaragaman hayati tingkat spesies pada tumbuhan atau hewan, anda dapat mengamati antara lain ciri-ciri fisiknya seperti bentuk, ukuran tubuh, warna, kebiasaan hidup dan lain-lain.

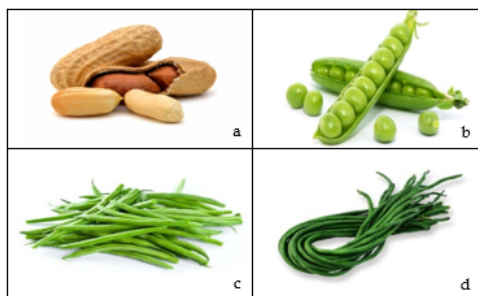
Berikut ini merupakan beberapa contoh keanekaragaman hayati tingkat spesies:

Kingdom: Plantae (Tumbuhan)

Contohnya tumbuhan dari famili (keluarga) Leguminosae (kacang-kacangan) seperti: kacang tanah, kacang kapri, kacang hijau, kacang panjang dan kacang buncis. Pasti dengan mudah anda dapat membedakan jenis kacang-kacangan

tersebut berdasarkan ciri-ciri yang berbeda antara satu kacang dengan kacang lainnya.

Perbedaannya bisa dari ukuran batang (ada yang pendek, ada yang tinggi), kebiasaan hidup (ada yang merambat, ada juga yang tumbuh tegak), bentuk polong dan biji, warna biji, jumlah biji, serta rasa.



Gambar 3.1: Keanekaragaman Spesies Dari Family Leguminosae
Keterangan: Kacang Tanah (a), Kacang Kapri (b), Kacang Buncis (c), Kacang Panjang (d)

Contoh lain dari keanekaragaman tingkat spesies adalah tanaman hias (bunga) Begonia dari family Begoniaceae. Begonia merupakan jenis tanaman berbunga yang mekar sepanjang tahun. Umumnya Begonia bisa ditemukan di daerah beriklim subtropis atau tropis lembab, seperti Asia dan Amerika Selatan. Tanaman hias ini adalah salah satu tanaman hias yang sangat diincar oleh banyak orang karena kecantikannya.

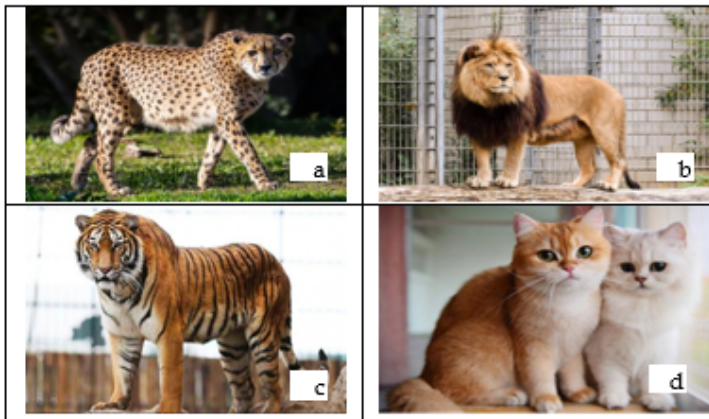


Gambar 3.2: Keanekaragaman Spesies Dari Bunga Begonia Dari Family Begoniaceae. Keterangan: Begonia Rex (a), Begonia Rhizomatous (b), Begonia Lili (c), Begonia Shrubs (d) (Silvia Permata Sari, 2021; 2022)

Bentuk daun yang asimetris dan corak polkadot, hidup dan perawatannya yang mudah, ditambah dengan viralnya bunga ini di dunia maya, tanaman ini juga terdiri dari banyak spesies (jenis). Beberapa spesies bunga Begonia yaitu Begonia rex, Begonia rhizomatous, Begonia lilin, Begonia Shrubs.

Kingdom: Animalia (Hewan)

Contohnya hewan dari famili Felidae seperti: chetah, singa, kucing, harimau.



Gambar 3.3: Keanekaragaman Spesies Dari Family Felidae. Keterangan: Chetah (a), Singa (b), Harimau (c), Kucing (d)

Pada gambar 3 terlihat bahwa: walaupun hewan-hewan di atas termasuk ke dalam satu famili yaitu Felidae, tetapi di antara empat hewan tersebut terdapat perbedaan-perbedaan (variasi) yang mencolok, seperti: ukuran tubuh, perilaku, warna bulu, tipe loreng, serta habitat hidupnya.

Bab 4

Keanekaragaman Ekosistem

4.1 Pendahuluan

Makhluk hidup di bumi ini, membentuk beberapa organisasi. Baik terdiri atas individu, populasi maupun komunitas. Di mana semuanya bergabung jadi satu dan dinamakan ekosistem. Makhluk hidup dalam ekosistem tersebut tumbuh dan saling berinteraksi satu sama lain, proses pertumbuhan dan mata rantai makhluk hidup tersebut tidak terlepas dari aliran energi dan materi dalam ekosistem alami tersebut. Karena siklus materi sangat berperan penting demi kelangsungan proses pertumbuhan secara terus menerus di permukaan bumi ini.

Ekosistem adalah hubungan interaksi yang terjadi antara makhluk hidup dengan makhluk hidup maupun makhluk hidup dengan makhluk tidak hidup di suatu habitat tertentu. Tingkat organisasi ekosistem lebih tinggi dari komunitas. Pada ekosistem terjadi hubungan timbal balik antara organisme yang hidup dan lingkungan abiotiknya, yang membentuk suatu sistem yang dapat diketahui aliran energi dan siklus materinya.

Beraneka ragamnya makhluk hidup di muka bumi ini berdasarkan kelompok atau individu penyusunnya menimbulkan pola-pola kehidupan yang berbeda-beda. Terbentuknya pola-pola kehidupan tergantung pula keadaan lingkungan

alamnya (topografi, lingkungan, makhluk hidup yang berinteraksi ataupun faktor abiotik lainnya).

Keanekaragaman ekosistem terjadi karena adanya variasi komunitas biologi dengan lingkungan fisiknya. Keanekaragaman yang terjadi dalam suatu ekosistem menunjukkan adanya variasi / perbedaan faktor penyusunnya; baik karena keberagaman faktor abiotik maupun keberagaman komposisi jenis populasi organismenya. Tiap-tiap ekosistem memiliki variasi jenis populasi penyusunnya ; jenis dan jumlah tanamannya, hewan-hewan yang nyaman hidup di lingkungan tersebut serta keberadaan kehidupan biota-biota lainnya..

4.2 Satuan Makhluk Hidup dalam Ekosistem

Dalam suatu ekosistem terdapat satuan-satuan makhluk hidup. Satuan Makhluk hidup yang terdapat dalam ekosistem yaitu:

1. Individu

Individu berasal dari bahasa latin *individum* (tidak dapat dibagi). Individu adalah satu makhluk hidup yang tinggal di suatu lingkungan. Contoh: seekor lebah; seekor burung, sebatang pohon kelapa dan lainnya. Apabila individu tersebut dipotong- tidak lagi disebut individu (Wulandari, 2019)

2. Populasi

Populasi berasal dari bahasa latin *populus* artinya rakyat atau penduduk. Dalam ekosistem populasi merupakan sekelompok individu yang hidup bersama-sama dalam satu kelompok di suatu tempat (ekosistem). Populasi suatu makhluk hidup dari satu tempat dengan tempat lain mempunyai kepadatan yang tidak sama. Kepadatan populasi di suatu habitat dapat berubah karena aktivitas dari individu dalam populasi.

Perubahan ini dapat disebabkan karena 2 hal:

- a. adanya individu yang datang dari tempat lain (imigras) atau adanya kelahiran individu baru;

- b. adanya kematian atau perpindahan individu ke tempat lain (emigrasi).
3. Komunitas
Komunitas merupakan kumpulan populasi yang berbeda yang berada di suatu tempat tertentu. Kumpulan populasi yang hidup di suatu daerah akan saling berinteraksi / saling memengaruhi.
4. Lingkungan Hidup
Lingkungan di mana Makhluk hidup tinggal di antara makhluk yang lain disebut lingkungan hidup. Semua Makhluk hidup yang tinggal di sekitar tanaman padi disebut Makhluk hidup (ada rumput, azolla, katak, ulat, keong dan lainnya disebut lingkungan hidup / biotik. Selain komponen hidup makhluk membutuhkan komponen tak hidup seperti tanah, air, udara, cahaya matahari dan lainnya yang sering disebut lingkungan abiotik.



Gambar 4.1: Seekor Lebah (Individu) dan Sekelompok Lebah (Populasi)

Permukaan bumi merupakan Zona besar seutuhnya. Biosfer merupakan kumpulan dari berbagai ekosistem di permukaan bumi yang membentuk satu kesatuan yang utuh; di dalamnya terkandung berbagai ekosistem yang berbeda2.

4.3 Macam-Macam Ekosistem

Ekosistem di permukaan bumi ini (Makrokosmos) secara umum dibedakan menjadi berdasarkan sejarah terbentuknya dan berdasarkan jenisnya. Berdasarkan sejarah terbentuknya ; ekosistem dibedakan menjadi ekosistem alami dan buatan.

Sedangkan berdasarkan jenisnya ekosistem dibedakan menjadi: Ekosistem perairan dan ekosistem daratan. Untuk masing-masing ekosistem tersebut banyak variasi jenis di dalamnya .

4.3.1 Berdasarkan Sejarah Terbentuknya Ekosistem

1. Ekosistem alami

Ekosistem alami adalah ekosistem yang terbentuk secara alami, tanpa ada pengaruh campur tangan manusia. Contoh ekosistem hutan tropis, hutan sub tropis; ekosistem gurun, ekosistem kutub, dll.



Gambar 4.2: Hutan Tropis

2. Ekosistem buatan

Ekosistem yang sengaja dibuat manusia. Dengan tujuan tertentu ; Contoh ekosistem buatan: sawah, waduk, bendungan, kolam, akuarium taman, kebun, Hutan Tanaman produksi (Hutan jati, hutan pinus), Ekosistem perumahan dll. Dengan semakin majunya kehidupan manusia, tuntutan tempat tinggal yang nyaman; telah dibangun berbagai gedung, apartemen, perumahan yang lingkungannya sengaja dibikin taman-taman dengan sentuhan arsitek yang artistik telah dibuat berbagai taman untuk mendukung kenyamanan hidup manusia. Berbagai model desain taman kota, hutan wisata, hutan edukasi maupun taman-taman mini di sekitar tempat tinggal.



Gambar 4.3: Akuarium

Ekosistem buatan dibentuk dengan susunan keanekaragaman jenis flora yang artistik dan terencana baik jenis bentuk maupun warnanya. Keanekaragaman Ekosistem taman merupakan gambaran ekosistem buatan dengan susunan flora penyusun taman yang beraneka ragam yang selanjutnya akan menghasilkan berbagai keanekaragaman ekosistem taman.

4.3.2 Berdasarkan Jenisnya Ekosistem

Ekosistem Perairan

Ekosistem perairan merupakan ekosistem yang komponen penyusun abiotiknya terdiri dari air. Ekosistem air ini ada 2 jenis ekosistem ; yaitu: ekosistem air asin (air laut) dan ekosistem air tawar.

Beberapa contoh ekosistem perairan yang sangat erat dengan kehidupan sehari-hari yaitu:

1. Ekosistem air laut

Laut adalah suatu genangan air yang sangat luas dan dalam yang dicirikan oleh adanya air yang asin sebagai akibat adanya kandungan garam yang terkandung di dalamnya. Berbeda dengan konsep Laut, maka konsep kelautan memiliki dimensi yang lebih luas, namun tetap menempatkan unsur laut sebagai pusat persoalan. Secara rinci kelautan mempunyai pengertian ; segala sesuatu (materi, konsep, ide,

pemikiran, peristiwa dan aktivitasnya) yang memiliki kaitan langsung dengan laut dan segala dimensinya; baik dimensi fisik; kimia; biologi, sosial dan budaya. Untuk itu istilah kelautan berarti merujuk pada hal-hal yang berhubungan dengan laut (Swasta, Ida Bagus J., 2018). Termasuk dalam kelompok Ekosistem air laut mempunyai ciri-ciri:

- a. Mempunyai variasi suhu (antara permukaan dan variasi kedalaman laut).
- b. Memiliki Tingkat salinitas yang tinggi (semakin mendekati khatulistiwa maka salinitas semakin tinggi).
- c. Tidak terlalu dipengaruhi iklim maupun cuaca.
- d. Didominasi oleh NaCl hingga mencapai 75% (Fatma,D. 2016).

Suatu ekosistem laut, dilihat dari jarak pantai dan kedalamannya dibedakan menjadi beberapa zona (Zona Litoral, zona neritik dan zona oseanik). Masing-masing Zona mempunyai keanekaragaman biotik (jenis flora dan faunanya) dan keanekaragaman geografisnya. Hanya Flora dan Fauna yang mampu beradaptasilah yang bisa hidup dan berkembang biak. Beberapa jenis ekosistem laut di antaranya:

- a. Ekosistem laut dalam
Terbentang di laut hingga daerah paling dalam (palung laut). Ekosistem ini tidak dapat ditembus sinar matahari; fauna yang mampu beradaptasi hidup di zona ini adalah predator dan ikan yang dapat memancarkan cahayanya sendiri.
- b. Ekosistem terumbu karang
Ekosistem ini terdapat di laut dangkal dan jernih. Banyak flora dan fauna yang bisa hidup di daerah ini seperti: terumbu karang, berbagai moluska, bintang laut, ikan berbagai ukuran dan warna-warni, bintang laut, ganggang dan lainnya. Ekosistem terumbu karang mempunyai manfaat bagi biota laut dan manusia.
- c. Ekosistem estuari
Ekosistem ini berada di daerah percampuran air sungai dan air laut. Ekosistem ini terdapat ekosistem khas yaitu ekosistem hutan Mangrove.

- d. Ekosistem pantai pasir
Ekosistem yang berada di pesisir pantai dengan hamparan pasir. Tempat ini selalu terkena deburan ombak dan cahaya matahari yang kuat setiap hari.
- e. Ekosistem pantai batu
Ekosistem yang mempunyai banyak bongkahan batu yang besar maupun kecil. Banyak flora dan fauna yang bisa hidup pada ekosistem ini seperti: ganggang coklat, kepiting, kerang, siput dan juga beberapa jenis burung (Fatma, D. 2016).

Beberapa ekosistem laut mempunyai beberapa manfaat:

- a. Sebagai sumber makanan bagi manusia dan juga flora dan fauna lainnya.
- b. Sebagai pengontrol iklim di dunia.
- c. Sebagai pembangkit listrik tenaga angin, tenaga uap, tenaga ombak, tenaga pasang surut.
- d. Tempat pengembangan berbagai pariwisata (rekreasi dan hiburan).
- e. Tempat budidaya ikan, kerang mutiara, rumput laut dan lainnya.
- f. Tempat berbagai barang tambang.
- g. Tempat penelitian dan riset, sumber air minum, dan jalur transportasi.

Inilah berbagai keanekaragaman ekosistem air laut dan manfaatnya bagi kehidupan (manusia, hewan dan tumbuhan). Ekosistem air dengan beberapa komponen penyusunnya yang saling berinteraksi / berhubungan membentuk suatu kesatuan yang fungsional.



Gambar 4.4: Ekosistem Terumbu Karang (Panca, Anang, 2016)

2. Ekosistem air tawar

Ekosistem air tawar menempati luas areal yang relatif kecil dibandingkan lautan, namun manusia mempunyai kepentingan yang lebih berarti. Beberapa contoh ekosistem air tawar di antaranya adalah ekosistem sungai, ekosistem danau, ekosistem waduk dan lainnya. Retnaningdyah (2019) menjelaskan bahwa pada ekosistem air tawar dibedakan menjadi:

- a. ekosistem perairan mengalir lentik;
- b. ekosistem perairan menggenang (lotik) perbedaan antara lotik dan lentik terletak pada kondisi (arus /aliran air, proses pertukaran bahan organik;
- c. kelarutan gas.

Ada tidak arus merupakan faktor pembatas utama yang mengakibatkan terjadinya keragaman biota-biota yang hidup pada ekosistem air mengalir dan ekosistem air menggenang. Adanya aliran di sungai menyebabkan kelarutan udara lebih seragam; sehingga hampir tidak terjadi perbedaan tingkat suhu dan penyebaran bahan kimia.

Beberapa contoh ekosistem air tawar yaitu: Ekosistem Sungai; ekosistem danau; ekosistem waduk, ekosistem rawa, ekosistem kolam, ekosistem sawah dan lainnya.

Ekosistem Darat

Ekosistem darat menggambarkan keadaan ekosistem yang ada di wilayah daratan permukaan bumi. Ekosistem darat adalah sistem ekologi yang sebagian besar lingkungannya berupa daratan. Daratan di permukaan bumi memiliki kontur yang sangat beragam; ada yang tinggi ada yang rendah. Perbedaan letak ketinggian, topografi serta letak geografis sangat memengaruhi iklim sehingga berpengaruh pula pada keanekaragaman biota yang hidup / jenis organisme yang hidup di dalamnya; sehingga terciptalah berbagai jenis ekosistem.



Gambar 4.5: Ekosistem Sawah (Ajim, Nanang, 2019)

Setiap jenis ekosistem darat tersusun atas komponen abiotik dan biotik.

1. Komponen abiotik ekosistem darat

Terdiri atas tanah, batu, pasir, iklim, suhu, kelembaban maupun cahaya matahari. Meskipun Sama-sama mendapat sinar matahari, namun intensitas dan lama penyinarannya tidak sama sehingga tercipta ekosistem yang sangat beragam.

2. Komponen biotik ekosistem darat

Berupa hewan dan tumbuhan yang ada di daratan (seluruh flora dan fauna yang ada di daratan). Berdasarkan sejarah pembuatannya ekosistem darat dibedakan menjadi:

a. Ekosistem alami

Padang rumput, gurun pasir, savana, stepa, hutan hujan tropis dan lainnya.

b. Ekosistem buatan

Sawah, ladang, peternakan dan perkebunan, berbagai model sistem pertanian: hidroponik, pertanian vertikal.

4.4 Komponen Ekosistem

Setiap makhluk hidup akan berinteraksi dengan lingkungannya. Di dalam suatu Lingkungan akan ada suatu proses kehidupan yang di dalamnya terdapat komponen penyusunnya. Semua ekosistem, baik ekosistem daratan (terrestrial) maupun ekosistem perairan (akuatik) terdiri atas komponen-komponen yang dapat dikelompokkan berdasarkan segi struktur dasar ekosistem ataupun dikelompokkan dari segi trafik /nutrisinya.

Komponen ekosistem tersebut membentuk keseimbangan. Bila salah satu komponen terganggu maka akan terganggu pula keseimbangan komponen yang lain. Interaksi antara komponen biotik dan Abiotik menciptakan suatu ekosistem.



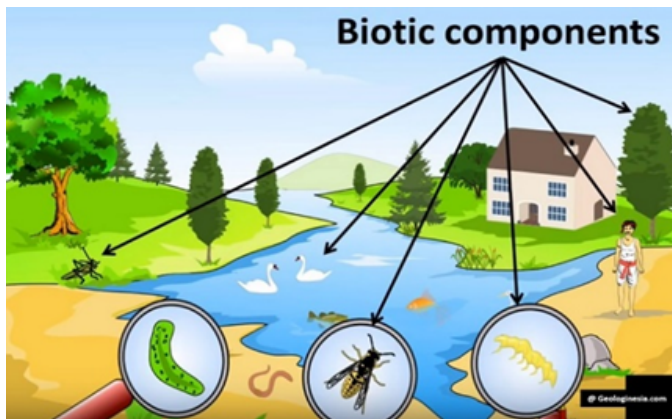
Gambar 4.6: Komponen Ekosistem

Misalnya ada ekosistem air laut, ekosistem sungai, ekosistem danau, ekosistem padang rumput ekosistem padang penggembalaan, ekosistem hutan, ekosistem sawah dan lainnya.. Perbedaan yang ada pada komponen biotik dan abiotik itulah yang menyebabkan adanya perbedaan ekosistem.

Berdasarkan struktur dasar komponen penyusun dalam ekosistem dibedakan menjadi 2 pada gambar 4.6.

4.4.1 Komponen Biotik

Biotik berasal dari kata “*bio*” artinya “hidup” atau “kehidupan.” Komponen biotik dalam suatu ekosistem terdiri dari semua makhluk hidup yang tinggal bersama-sama dalam lingkungan / tempat tertentu. Dalam menjalani proses kehidupannya makhluk tersebut saling berinteraksi satu sama lain; terjadi simbiosis antar makhluk satu dengan makhluk lainnya. Bentuk simbiosisnya bisa saling melengkapi, saling membutuhkan bahkan atau terjadi proses makan dan dimakan.



Gambar 4.7: Komponen Biotik (Wn.com, 2014)

Berdasarkan segi trofik atau nutrisinya komponen biotik dibedakan menjadi 2 jenis (Hadi, Nasir, 2019):

1. Komponen autotrofik

Aautos artinya sendiri dan *trophikos* artinya menyediakan makan. Komponen Autotrofik yaitu organisme yang mampu menyediakan atau menyintesis makanannya sendiri berupa bahan organik berasal dari bahan-bahan anorganik yang diproses dalam klorofil (zat hijau daun) dengan bantuan energi cahaya matahari. Oleh karena itu organisme yang mengandung klorofil termasuk dalam kelompok autotrof dan pada umumnya kelompok tumbuhan, atau disebut dengan “produsen”.

2. Komponen heterotrofik

Hetero artinya berbeda atau lain dan *tropikos* artinya menyediakan makanan. Komponen *heterotrofik* yaitu organisme yang hidupnya selalu memanfaatkan bahan organik sebagai bahan makanannya; sedangkan bahan organik yang dikonsumsi tersebut disediakan oleh organisme lain. Jadi organisme kelompok heterotrof memperoleh bahan makanan dari organisme kelompok autotrofik. Oleh karena itu organisme yang ada dalam komponen *heterotrofik* sering disebut dengan “konsumen”

Mukharomah (2020) menjelaskan bahwa berdasarkan posisi urutan makan dan dimakan maka komponen biotik bisa dibedakan menjadi beberapa golongan:

Produsen

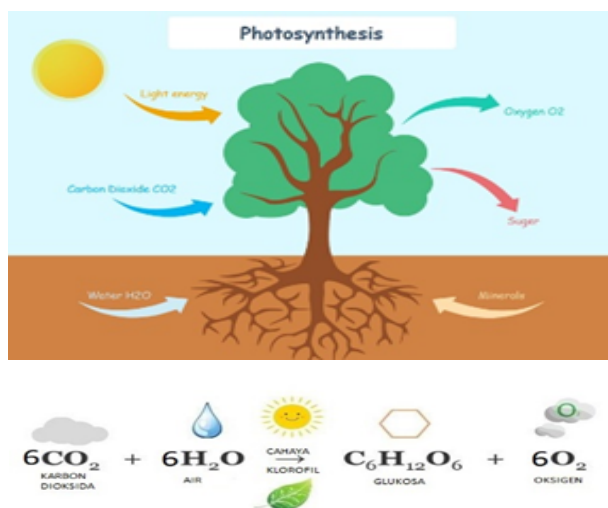
Yang dimaksud dengan produsen adalah kelompok penghasil. Yaitu organisme yang mampu menghasilkan karbohidrat dari proses aktivitas fisiologisnya. Hanya tumbuhanlah dari makhluk hidup yang mempunyai klorofil / “zat hijau daun” yang digunakan untuk membuat makanan sendiri tumbuhan mampu memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber energi dalam proses fotosintesis.

Fotosintesis berasal dari kata foton artinya cahaya; dan sintesis (penyusunan) Fotosintesis terjadi dalam sel tumbuhan, khususnya pada organel sel yang disebut klorofil. Energi matahari ditangkap oleh klorofil sebagai pigmen penyerap cahaya yang diubah menjadi energi kimia untuk proses fotosintesis. Bahan dasar fotosintesis adalah CO₂ (yang merupakan limbah gas buangan dari respirasi / pernafasan manusia, hewan maupun tumbuhan itu sendiri) yang direaksikan dengan air dengan bantuan cahaya matahari.

Hasil akhirnya adalah Karbohidrat (C₆H₁₂O₆). Berbagai jenis karbohidrat sudah dihasilkan tergantung jenis tanaman yang berfotosintesis. Karbohidrat ini bisa berupa pati dalam ubi, gula pada tebu ataupun berbagai bentuk bahan makanan seperti sayur, buah, biji, umbi dan lainnya. Yang berupa bahan pangan bagi manusia maupun hewan.

Dari hasil samping fotosintesis dihasilkan Oksigen (O₂) yang merupakan penyegar udara yang dibutuhkan semua makhluk hidup untuk bernafas. Karbohidrat disimpan dalam bentuk makanan cadangan. Hasil fotosintesis digunakan untuk proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan itu sendiri

dan sisanya disimpan di berbagai organ tumbuhan seperti di, daun, batang, bunga buah, biji maupun umbi. Karbohidrat yang sudah dihasilkan dimanfaatkan hewan sebagai bahan makanan.



Gambar 4.8: Proses Fotosintesis

Hewan-hewan herbivora memakan bagian tumbuhan, seperti daun, buah maupun bijinya. Dengan demikian produsen merupakan sumber makanan bagi organisme pemakan tumbuhan. Organisme yang menggunakan tumbuhan sebagai sumber energi disebut konsumen.

Tumbuhan sebagai produsen selain bisa menghasilkan bahan pangan; juga selama proses fotosintesis berlangsung; mengambil CO₂ dan mengeluarkan hasil samping Oksigen (O₂). Kemampuan tumbuhan untuk melakukan proses Fotosintesis berdampak positif pada perbaikan aerasi/pengudaran; yang artinya tumbuhan atau kelompok tumbuhan mempunyai manfaat memperbaiki Lingkungan.

Konsumen

Yaitu organisme pemakai / pengguna (hewan, manusia). Hewan dan manusia masih tergantung pada tumbuhan untuk memenuhi kebutuhan makan sehingga disebut konsumen. Semua komponen biotik yang tergolong konsumen tidak dapat memproduksi sendiri makanannya. Oleh karena itu konsumen juga

disebut Heterotrof. Konsumen memperoleh energi yang dihasilkan oleh produsen.

Berdasarkan jenis makanan yang dikonsumsi; konsumen bisa dibedakan menjadi beberapa kelompok:

1. Konsumen pemakan tumbuhan (herbivora)
Kelompok herbivora terdiri dari kelompok hewan-hewan yang mendapatkan energi dengan memakan bagian tumbuhan. Seperti kuda memakan rumput, kelinci memakan wortel atau sayuran daun, serta beberapa burung pemakan buah ataupun biji-bijian. Hewan kelompok herbivora dalam ekosistem disebut sebagai konsumen tingkat-1 atau konsumen primer.
2. Konsumen pemakan hewan lain
Konsumen pemakan hewan lain disebut Karnivora (pemakan daging). Konsumen kelompok ini memakan herbivora dan memakan hewan karnivora. Oleh karena itu konsumen ini dibedakan menjadi konsumen II dan III. Beberapa Hewan terutama pemakan tumbuhan digolongkan ke dalam konsumen tingkat 1 (konsumen primer/herbivora). Konsumen Primer terdiri atas kelompok hewan kecil (zooplankton) maupun hewan besar pemakan tumbuhan (Kelinci, kambing, sapi, dan lainnya). Selanjutnya konsumen sekunder (konsumen III) merupakan hewan pemangsa konsumen primer seperti: harimau memakan kelinci; singa serta serigala memakan Rusa dan lainnya. Komponen biotik ini disebut predator.
3. Konsumen pemakan tumbuhan dan hewan
Konsumen kelompok ini bisa memakan tumbuhan atau pun bisa pula memakan hewan/daging. Konsumen ini sering disebut sebagai kelompok Omnivora. Misalnya ayam bisa memakan biji-bijian (padi, jagung) tapi bisa pula memakan serangga.

Pengurai/Dekomposer

Kelompok pengurai terdiri atas kelompok mikro organisme yang mampu menguraikan / mendekomposisikan jasad-jasad / makhluk hidup yang sudah mati (contoh: sampah ataupun bangkai). Mikroorganisme tersebut bisa berupa Jamur ataupun bakteri. Mikroorganisme tersebut berperan penting dalam

daur ulang sampah; ataupun zat sisa berbahan dasar organik seperti bangkai hewan, sisa tanaman, kayu lapuk dan lainnya.

Proses dekomposisi merupakan proses di mana substrat terus menerus dipecah / diuraikan oleh sukseksi populasi mikroorganismenya. Sukseksi ini dimulai dengan cara menguraikan molekul kompleks dalam substrat baku menjadi bentuk sederhana oleh mikroba. Partikel-partikel mineral bercampur dengan humus membentuk tanah. Maka manusia yang mati, tumbuhan serta hewan yang mati pun akan diuraikan menjadi unsur-unsur sederhana dalam tanah, bisa dikatakan dari tanah kembali ke tanah.

Dalam proses perombakan /dekomposisi yang dilakukan oleh kelompok dekomposer akan dihasilkan energi hasil proses respirasi dekomposer serta dihasilkan CO₂, yang akan memengaruhi perubahan lingkungan sekitar menjadi panas.

Kurnia, V.C., Sri S., G. Samudro (2017) dalam penelitiannya melaporkan bahwa dalam proses pengomposan terjadi perubahan temperatur selama proses pengomposan. Proses dekomposisi bahan organik (sampah) ditandai suhu yang meningkat mencapai temperatur puncak 47,5° C. Peningkatan suhu menunjukkan bahwa jumlah bakteri termofilik meningkat dan bakteri termofilik sedang meningkat aktivitasnya.

Setelah kompos memasuki tahap pematangan temperatur kemudian mengalami penurunan dan pendinginan. Pada tahap ini jumlah mikroorganismenya juga mulai berkurang karena bahan makanan mikroorganismenya juga berkurang. Temperatur mulai menurun sampai proses perombakan berjalan sempurna, bahan organik dirombak menjadi kompos /humus.

Isroi (2008) menambahkan bahwa dalam pengomposan setelah semua bahan terurai, maka temperatur berangsur-angsur mengalami penurunan hingga kembali mencapai suhu normal seperti tanah. Pada tahap ini bakteri *mesofilik* mulai beraktivitas kembali. Berdasarkan wujud fisik kompos yang sudah matang menunjukkan semua bagian bahan berwarna kehitaman dan memiliki tekstur seperti tanah.

Dalam uraian ini menunjukkan betapa pentingnya mikroorganismenya pengurai di alam semesta ini. Mikroorganismenya pengurai mampu menghasilkan enzim-enzim *selulolitik* yang mampu menguraikan selulosa serta lignin menjadi unsur-unsur sederhana dalam tanah yang akan menambah ketersediaan hara dalam tanah. Dengan adanya daya kapiler, evaporasi daun dan lainnya, unsur

hara tersebut bersama air diserap kembali oleh tanaman melalui akar-akarnya. Tanpa adanya mikroorganisme pengurai / dekomposer maka sampah dan jasad akan seperti apa adanya; dunia akan penuh dengan sampah

4.4.2 Komponen Abiotik

Komponen abiotik terdiri dari komponen lingkungan tak hidup seperti:

Tanah

Tanah sangat berperan penting dalam menopang kehidupan hampir semua makhluk di muka bumi ini. Bagi manusia tanah merupakan tempat berpijak; tempat didirikannya berbagai bangunan. Tanah sebagai bahan pembuatan berbagai bahan keramik, tembikar dan lainnya. Bagi hewan tanah merupakan tempat berpijak dan tempat hewan menjalani kehidupan. Bagi hewan-hewan yang berdomisili di dalam (kelompok cacing tanah dan hewan melata lainnya), tanah merupakan tempat hidup.

Bagi tanaman Tanah merupakan media tempat tumbuhnya tanaman.; media perkecambahan dan pembibitan yang efektif. Tanah merupakan tempat akar tumbuh dan berkembang; sebagai tempat berperangnya akar agar tajuk tanaman dapat tumbuh tegak dan kokoh berdiri diatas tanah. Tanah juga merupakan sarana menghidupi tanaman karena tanaman mendapatkan makanan dengan menyerap unsur hara dan air dari dalam tanah. Di dalam tanah terdapat banyak kehidupan seperti cacing tanah dan berbagai mikroorganisme dekomposer lainnya. Bahan organik yang berasal dari sisa kehidupan setelah terdekomposisi kembali menjadi tanah.

Tanah memiliki keberagaman; baik tekstur maupun strukturnya. Tanah mengandung butiran-butiran mineral dan bahan organik, air dan udara. Setiap jenis tanah hanya akan sesuai sebagai media hidup tanaman tertentu. Beraneka ragam jenis tanah akan sesuai untuk beraneka ragam jenis tanaman. Keberagaman tanah bisa dibedakan berdasarkan tekstur tanah, struktur tanah, warna tanah; pH tanah; maupun sifat kimia tanah lainnya. Sifat kimia tanah yang sangat berperan dalam keanekaragaman ekosistem yaitu keasaman tanah (pH Tanah). Setiap jenis tanaman hanya toleran pada kisaran pH tanah tertentu; sehingga semakin berpeluang untuk meningkatkan keanekaragaman ekosistem.

Air

Air merupakan faktor dominan untuk berlangsungnya kehidupan baik bagi manusia, hewan maupun tumbuhan. Bila di suatu tempat tidak ada air, maka tidak akan ada kehidupan. Makhluk hidup hampir seluruh tubuhnya 75% terdiri dari air. Berbagai organisme (hewan dan tumbuhan) ; air menjadi media tempat hidupnya seperti berbagai kelompok ikan maupun kelompok tumbuhan air. Air memiliki berbagai sifat. Keberagaman sifat air akan memengaruhi keragaman ekosistem.

Beberapa sifat air yang memengaruhi keragaman ekosistem di antaranya:

1. Suhu air

Air sangat respons terhadap perubahan suhu. Di suhu < 00 C air akan membeku membentuk es atau bunga-bunga es. Habitat yang sesuai dengan keadaan ini adalah wilayah kutub (kutub selatan atau kutub utara). Habitat ini akan membentuk Ekosistem Kutub yang hanya dihuni oleh organisme (flora dan fauna yang mampu beradaptasi dengan suhu dingin). Beberapa hewan seperti penguin; beruang kutub; walrus (hewan yang memiliki 2 gigi yang keluar dari mulutnya dan kumis tebal sekitar mulutnya), rusa kutub, burung hantu salju.

Daerah yang memiliki suhu ekstrem ini masih ada beberapa flora yang mampu beradaptasi seperti berbagai mikroorganisme, lumut maupun ganggang. Akibatnya ekosistem di sekitarnya juga sangat terpengaruh dengan keadaan lingkungannya. Pada suhu netral air berupa cair dan bila suhu meningkat air bisa berubah jadi uap air. Uap air bersifat sangat ringan, berbentuk uap dan bila terkumpul di atas (atmosfer), air akan mengalami kondensasi jadi awan dan selanjutnya jatuh lagi ke permukaan bumi sebagai hujan.

2. Salinitas

Salinitas air juga berpengaruh terhadap keragaman biota yang mampu hidup. Pada air dengan salinitas tinggi (kadar garam tinggi maka hewan2 lautlah yang mampu beradaptasi dan hidup di air asin. Pada air tawar akan dihuni pula oleh flora dan fauna yang cocok dengan kehidupan di air tawar. Berbagai jenis ikan (dengan variasi ukuran,

warna, bentuk) sudah memperkaya zona perairan air tawar. Keadaan tersebut juga sudah menciptakan keaneekaragaman ekosistem air tawar maupun keaneekaragaman ekosistem air asin/air laut.

3. Curah Hujan

Curah hujan merupakan banyaknya hujan yang tercurah di suatu tempat tertentu. Bervariasinya curah hujan di suatu tempat berpengaruh terhadap jenis-jenis biota yang hidup di suatu tempat yang memicu timbulnya beraneka ragam ekosistem.

4. Penguapan

Tingkat penguapan juga berpengaruh terhadap adaptasi organisme yang mampu hidup di wilayah tersebut. Pada daerah yang panas dengan tingkat penguapan tinggi (gurun pasir), hanya beberapa golongan tanaman kaktus dan tanaman yang berdaun tebal runcing yang mampu beradaptasi terbentuklah ekosistem gurun.

Udara

Udara merupakan campuran berbagai gas yang ada di permukaan bumi. Udara juga berfungsi melindungi bumi dari radiasi sinar matahari yang berbahaya. Udara memiliki komponen yang berbeda. Udara yang bersih dan kering mengandung berbagai unsur: Komponen utama udara adalah Nitrogen 78 % dan oksigen 20,8 %. Nitrogen adalah unsur dengan kehadiran terbesar dalam pembentukan udara.

Nitrogen adalah gas reaktif yang penting untuk pembentukan protein penyusun tubuh makhluk hidup. Gas ini berpengaruh besar terhadap pertumbuhan tanaman dan bahkan sebagian besar pupuk diproduksi dengan kandungan nitrogen yang siap diserap oleh tanaman.

Udara yang bersih dan kering mempunyai komposisi rata-rata (per volume)

1. Nitrogen : 78%
2. Oksigen : 20,8 %
3. Argon : 0,9 %
4. Karbon dioksida : 0,03 %
5. Gas Lain : 0,27 %

Bumi merupakan planet yang diselimuti gas. Gas yang ada di udara bermacam-macam. Udara adalah satu komponen penyusun komponen abiotik.

Cahaya Matahari

Matahari merupakan planet yang mengeluarkan cahaya. Cahaya matahari merupakan komponen yang sangat penting di antara komponen ekosistem yang lainnya. Cahaya matahari adalah sumber kehidupan, tanpa cahaya matahari dunia akan membeku dan tak ada kehidupan. Cahaya matahari merupakan sumber energi yang diperlukan tanaman untuk berfotosintesis yang menghasilkan berbagai macam karbohidrat sebagai sumber makan bagi organisme lain (produsen). Hasil fotosintesis ini yang merupakan sumber materi dan sumber energi bagi manusia dan hewan (konsumen).

Distribusi sinar matahari di berbagai tempat di belahan bumi tidak sama; baik intensitasnya maupun lama penyinarannya. Hal inilah mengakibatkan terjadinya variasi lingkungan hidup di suatu tempat, baik variasi suhunya maupun variasi kelembapannya. Hal inilah yang memicu timbulnya berbagai variasi keanekaragaman ekosistem. Sifat ekosistem yang universal, baik dalam ekosistem darat, perairan maupun ekosistem buatan seperti ekosistem, kolam, sawah dan kebun semua merupakan interaksi antara komponen biotik (autotrofik dan heterotrofik dengan lingkungan abiotiknya).

Keanekaragaman yang ada dalam ekosistem disebabkan adanya perbedaan macam komponen penyusun biotiknya ;letak topografi, letak garis lintang, maupun letak geografisnya dan lainnya, yang menyebabkan terjadinya perbedaan cuaca, iklim, kelembaban, suhu dan lainnya. Makhluk hidup yang bisa berkembang di suatu ekosistem hanyalah Makhluk hidup yang bisa beradaptasi baik dengan lingkungan abiotik maupun yang bisa bekerja sama dan hidup bersama dalam suatu komunitas tertentu.

Keanekaragaman komponen abiotik akan diikuti oleh kehidupan dengan beraneka ragam makhluk hidup yang saling berinteraksi menimbulkan ekosistem yang semakin beragam.

Bab 5

Ancaman Terhadap Sumber Daya Hayati

5.1 Pendahuluan

Keanekaragaman hayati bukanlah warisan leluhur namun merupakan suatu titipan generasi masa depan yang harus dijaga keberadaannya. Kerusakan keanekaragaman hayati merupakan peristiwa penurunan jumlah atau bahkan mencapai tingkat kepunahan biodiversitas di habitat tertentu. Kerusakan ini akan berdampak negatif terhadap banyak aspek kehidupan, terutama di aspek-aspek yang berkaitan langsung, seperti lingkungan, pertanian, dan budaya yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap laju pertumbuhan ekonomi.

Beberapa laporan menyatakan bahwa laju penurunan keanekaragaman hayati secara signifikan terjadi ketika revolusi industri dan pertanian mulai berkembang. Ini tentu tidak mengherankan mengingat kebutuhan manusia yang terus meningkat menyebabkan hal ini tidak terelakkan untuk terjadi. Sebagai contoh di bidang industri penggunaan bahan bakar batu bara untuk pembangkit listrik, pabrik dan bahan bakar mesin menyebabkan penambangan batu bara meningkat tajam dan akhirnya terjadi deforestasi.

Dibidang pertanian misalnya, sistem pertanian telah mengalami perubahan yang sangat drastis sejak awal abad 20. Revolusi hijau yang diterjemahkan dan

diadopsi sebagai intensifikasi dan ekstensifikasi pertanian menggunakan input produksi yang sangat tinggi. Sistem pertanian dengan input produksi yang tinggi ini juga dikenal sebagai paradigma produksi. Pemanfaatan teknologi modern seperti mekanisasi, penggunaan varietas unggul berdaya hasil tinggi, penggunaan pupuk kimia sintetis, herbisida dan pestisida merupakan beberapa input produksi tersebut.

Sistem ini memang terbukti mampu memberikan peningkatan produksi pertanian yang luar biasa, namun beberapa laporan menyatakan bahwa peningkatan produksi yang diharapkan ternyata memberikan dampak negatif terhadap kerusakan lingkungan dan degradasi sumber daya hayati secara terus menerus.

Kerusakan lingkungan paling parah adalah terjadinya deplesi top soil, pencemaran air, peningkatan kemasaman tanah, berkurangnya makro organisme dan mikroorganisme tanah, hilangnya serangga non target, munculnya resistensi organisme pengganggu tanaman serta masalah kesehatan sebagai dampak ikutan akibat residu penggunaan pestisida. Keadaan ini jika terus dibiarkan akan menimbulkan dampak yang sangat besar terhadap kehidupan di kemudian hari.

Pada bab ini akan diuraikan tentang nilai/potensi keanekaragaman hayati sebagai suatu aset bangsa yang berharga, dan setelah memahami hal tersebut kemudian akan dibahas tentang beberapa ancaman yang menyebabkan kerusakan pada sumber daya hayati tersebut.

5.2 Nilai Penting Dari Keanekaragaman Hayati

Keanekaragaman hayati diterjemahkan sebagai semua organisme hidup di bumi termasuk semua jenis tumbuhan, jamur, ganggang, binatang dan mikroorganisme. Keberadaan keanekaragaman hayati saling berkaitan dan membutuhkan satu sama lain untuk berkembang sehingga membentuk suatu sistem kehidupan. Keanekaragaman hayati merupakan komponen penting dalam keberlangsungan bumi dan isinya termasuk eksistensi manusia.

Berbagai jasa, nilai dan peranan keanekaragaman hayati sudah dimanfaatkan manusia sejak lama, mulai sebagai sumber pangan, pakan, obat-obatan, energi,

sandang, jasa perlindungan dari bencana alam, penyedia air dan oksigen, hingga regulasi iklim. Keanekaragaman hayati juga dimanfaatkan oleh manusia untuk perkembangan sosial, budaya dan ekonomi. Hubungan kepentingan manusia terhadap keanekaragaman hayati telah menghasilkan banyak pengetahuan lokal termasuk obat-obatan dan berbagai macam makanan hingga pengetahuan genomik yang menghasilkan produk industri.

Menurut Laverty et al. (2003) keanekaragaman hayati mempunyai dua nilai penting yaitu:

1. nilai intrinsik (nilai inheren);
2. nilai ekstrinsik (nilai manfaat atau nilai instrumental).

Nilai intrinsik adalah nilai yang ada pada dirinya sendiri yang lebih menitik beratkan pada konsep filosofis tentang keanekaragaman hayati itu sendiri. Sedangkan nilai ekstrinsik adalah nilai manfaat baik secara langsung maupun tidak langsung dari keanekaragaman hayati kepada manusia.

Pearce et al. (2002) membagi keanekaragaman hayati menjadi: (1) nilai guna, yaitu nilai guna langsung (barang) dan tidak langsung (jasa) dan 2) nilai non guna. Pengelompokan nilai menurut Pearce ini akan digunakan karena lebih mudah untuk diterapkan untuk menilai manfaat keanekaragaman hayati.

Nilai guna secara langsung terdiri dari nilai konsumtif dan produktif yang dapat berbentuk makanan, obat-obatan, material bangunan, serat dan bahan bakar. Sedangkan nilai guna tidak langsung adalah nilai jasa lingkungan berupa pengolahan limbah organik, penyerbukan, regulasi iklim dan atmosfer, perlindungan tanaman dan siklus hara. Nilai non guna terdiri atas nilai potensial/eksistensi.

Nilai ini merupakan nilai dimasa depan, karena keberadaannya akan bermanfaat untuk masa depan, meskipun secara spesifik belum diketahui pada saat sekarang. Nilai eksistensi akan memberikan kesempatan untuk generasi mendatang memperoleh pengetahuan sebagai modal kehidupan bagi generasi masa depan. Untuk lebih memahami tentang nilai penting keanekaragaman hayati maka beberapa contoh dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1: Nilai Penting Keanekaragaman Hayati dan Contoh Empirisnya

No	Nilai Keanekaragaman Hayati	Contoh Empiris
1.	Nilai konsumtif	Berbagai jenis tumbuhan liar dari hutan, seperti pasak bumi (<i>Eurycoma longifolia</i>) serta berbagai jenis tanaman rempah seperti temulawak, kencur, jahe dan kunyit yang digunakan sebagai bumbu masakan dan bahan baku obat tradisional Nilai ekonomi produk jamu yang beredar dipasar diperkirakan mencapai hingga Rp. 6 triliun, selain dari mempekerjakan pegawai dalam kegiatan pabrik jamu tersebut
2.	Nilai Produksi	Potensi keuntungan ekonomi yang dapat diperoleh Indonesia dari pemanfaatan keberlanjutan dari pengelolaan hutan bakau, hutan dan terumbu karang untuk pariwisata, usaha perikanan, perlindungan pantai dan nilai estetika dari kunjungan wisatawan dapat mencapai setidaknya USD 16 milyar/tahun
3.	Nilai Jasa Lingkungan	Potensi serangga penyerbuk sebagai vektor penyerbukan pada tanaman buah-buahan. Kemampuan sequestrasi karbon pada ekosistem padang lamun sebesar 830 ton/ha dan hutan di daratan mampu menyimpan karbon sebesar 300 ton/ha. Ditingkat jenis tercatat terdapat 10 jenis tanaman dengan stok karbon tertinggi dengan kisaran 60-772 ton karbon/ha Kemampuan bakteri dan jamur pengurai sebagai dekomposer bahan-bahan organik dan pengolahan sampah
4.	Nilai pilihan	Beberapa kebun raya Indonesia mempunyai koleksi 3.000 jenis tumbuhan asli Indonesia, dan 50 jenis tumbuhan dalam koleksi tersebut dilaporkan telah memberikan kontribusi yang nyata untuk peningkatan nilai ekonomi.
5.	Nilai Eksistensi	Nilai keberadaan kawasan konservasi laut Kepulauan Seribu secara agregat sebesar USD 78.751,03/ tahun

5.3 Ancaman Terhadap Sumber Daya Hayati

Secara umum ancaman dapat berupa:

5.3.1 Kehilangan/Kerusakan Habitat (Deforestasi)

Salah satu habitat utama dari keanekaragaman hayati yaitu hutan. Indonesia merupakan salah satu Negara dengan kawasan hutan terluas di dunia. Kawasan hutan Mangrove di perairan dan hutan hujan tropis di daratan diketahui menyimpan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi.

Kehilangan keanekaragaman hayati salah satunya disebabkan terjadinya deforestasi secara masif dan tidak terkendali. Deforestasi yaitu perubahan kondisi penutupan lahan dari kelas penutupan lahan kategori hutan (berhutan) menjadi kelas penutupan lahan kategori non hutan (tidak berhutan).

Berdasarkan data dari KLKH bahwa deforestasi berturut-turut tahun 1990-1996 yaitu sebesar 1,87 juta ha/tahun, tahun 1996-2000 sebesar 3,51 juta ha/tahun, tahun 2000-2003 sebesar 1,08 juta ha/tahun, tahun 2003-2006 sebesar 1,17 juta ha/tahun, tahun 2006-2009 sebesar 0,83 juta ha/tahun, tahun 2009-2011 sebesar 0,45 juta ha/tahun, tahun 2011-2012 sebesar 0,61 juta ha, tahun 2012-2013 sebesar 0,73 juta ha, tahun 2013-2014 sebesar 0,40 juta ha, tahun 2014-2015 sebesar 1,09 juta ha, tahun 2015-2016 sebesar 0,63 juta ha, tahun 2016-2017 sebesar 0,48 juta ha, tahun 2017-2018 sebesar 0,44 juta ha, tahun 2018-2019 sebesar 0,46 juta ha.

Deforestasi pada periode penghitungan terakhir yaitu tahun 2019-2020 diperoleh nilai sebesar 0,11 juta ha. Dalam setiap periode, deforestasi mengalami peningkatan atau pengurangan. Hal itu terjadi karena dinamisnya perubahan penutupan lahan akibat aktivitas manusia dalam memanfaatkan lahan sehingga mengakibatkan hilangnya penutupan hutan atau penambahan penutupan hutan karena penanaman.

Beberapa kegiatan yang diduga sebagai penyebab terjadinya deforestasi dari tahun ke tahun adalah konversi kawasan hutan untuk tujuan pembangunan sektor lain misalnya untuk perkebunan dan transmigrasi, pengelolaan hutan yang tidak lestari, pencurian kayu atau penebangan liar (ilegal logging), aktivitas pemanfaatan hutan, penggunaan kawasan hutan, perubahan peruntukan kawasan hutan dan areal, penggunaan lain secara legal, pertambangan, perambahan dan okupasi lahan (ilegal land), kebakaran hutan, serta bencana alam.

Di sisi lain, belum optimalnya kegiatan penghijauan dan reboisasi mengakibatkan semakin luasnya lahan kritis. Kerusakan lingkungan pun dapat dirasakan meningkat seiring dengan meningkatnya deforestasi. Deforestasi terbesar disebabkan oleh tuntutan ekonomi untuk pembukaan lahan budidaya tanaman perkebunan. BPS (2022) melaporkan bahwa luas perkebunan kelapa sawit Indonesia mencapai 15,08 juta hektar. Luas ini meningkat sekitar 1.5 % dibandingkan tahun sebelumnya. Begitu juga halnya dengan perkebunan karet yang meningkat hingga 3.7 juta hektar pada tahun 2021.

Laporan dari KLKH (2021) menyatakan bahwa 5 provinsi dengan nilai deforestasi netto tertinggi memiliki urutan yang sama dengan deforestasi bruto, yaitu Provinsi Kalimantan Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat, Provinsi Sulawesi Tengah, Provinsi Maluku, dan Provinsi Nusa Tenggara Timur. Beberapa aktivitas yang menyebabkan deforestasi dapat dilihat pada gambar 5.1 dan visualisasi peta tutupan hutan dapat dilihat pada gambar 5.2.



Gambar 5.1: Aktivitas Yang Menyebabkan Deforestasi Hutan Di Indonesia (<https://www2.cifor.org>, <https://aprobi.or.id>, <https://www.dw.com>, <https://www.bbc.com>)



Gambar 5.2: Peta Tutupan Hutan Indonesia Tahun 2017 (<https://fwi.or.id>)

5.3.2 Invasive Alien Species/Spesies Pendatang

Invasive alien species mempunyai beberapa macam definisi, yaitu:

1. Non-indigenous species atau spesies asing yang menyebabkan habitat diinvasi dan dapat merugikan baik secara ekonomis, lingkungan maupun ekologis.
2. Native dan non-native species, spesies yang mengkoloni secara berat habitat tertentu.
3. Widespread non-indigenous species, spesies yang mengekspansi suatu habitat. Jadi spesies invasif mencakup spesies asing (eksotik) dan spesies asli yang tumbuh di habitat alaminya.

Spesies asing invasif adalah spesies-spesies flora maupun fauna, termasuk mikroorganisme yang hidup di luar habitat alaminya, tumbuh dengan pesat karena tidak mempunyai musuh alami, sehingga menjadi gulma, hama dan penyakit pada spesies-spesies asli. Karakter spesies invasif antara lain: tumbuh cepat, reproduksi cepat, kemampuan menyebar tinggi, toleransi yang lebar terhadap kondisi lingkungan, kemampuan untuk hidup dengan jenis makan yang beragam, reproduksi aseksual, dan berasosiasi dengan manusia.

Berdasarkan data *The Invasive Species Specialist Group/ISSG* terdapat sekitar 100 spesies yang sangat invasif. Spesies invasif ini disadari sebagai salah satu ancaman pada keberlangsungan keanekaragaman hayati dan ekosistem asli. Sebagai kompetitor, predator, patogen dan parasit, spesies-spesies asing invasif ini mampu merambah semua bagian ekosistem alami/asli dan menyebabkan punahnya spesies-spesies asli. Dalam skala besar spesies asing invasif ini mampu merusak ekosistem alami/asli.

Introduksi Spesies Asing

Menurut definisi *International Union for Conservation of Natural Resources/IUCN*, introduksi adalah suatu pergerakan oleh kegiatan manusia, berupa spesies, sub spesies atau organisme pada tingkatan takson yang lebih rendah, keluar dari tempat asalnya. Introduksi dilakukan oleh manusia karena beberapa alasan:

1. Aspek ekonomi (bisnis)
Introduksi hewan dan tanaman hias merupakan bisnis yang besar. Kecenderungan manusia untuk menyukai sesuatu yang bersifat lain,

unik ataupun aneh menyebabkan manusia mengintroduksi hewan atau tanaman yang belum pernah dilihat atau disaksikan

2. Memenuhi kebutuhan makanan

Berbagai hewan, termasuk ikan yang diintroduksi oleh manusia dari negara lain untuk memenuhi kebutuhan makanan. Dari sekian spesies hewan dan tanaman, dipilih spesies-spesies yang memiliki pertumbuhan cepat dan mampu beradaptasi dengan cepat dalam lingkungan barunya, mudah diangkut dan dipindahkan dan mengandung unsur gizi yang besar.

3. Memanipulasi ekosistem

Hal ini dilakukan pada kasus introduksi musuh alami suatu organisme pengganggu.

Beberapa contoh flora yang termasuk spesies invasif yaitu: langkap (*Arenga obtusifolia*), Akasia (*Acacia nilotica*), Eceng gondok (*Eichornia crassipes*), Kirinyuh (*Chromolaena odorata*), putri malu raksasa (*Mimosa pigra*), Semak ekor tikus (*Stachytarpheta urticaefolia*), tebu rawa (*Hanguana* sp.), selada air (*Pistea* sp.), salvinia (*Salvinia* sp.), sidagori (*Sida acuta*), saliar (Lantana camara).

Sedangkan untuk fauna di antaranya ikan nila (*Oreochromis niloticus*), ikan alligator/kepala buaya (*Atractosteus spatula*), ikan arapaima (*Arapaima gigas*), Keong emas (*Pomacea speciosa*).



Gambar 5.3: Invasif Alien Spesies, Dari Atas Kiri: Akasia, Eceng Gondok, Keong Mas dan Ikan Alligator (<https://kompas.com>, <https://cyber.pertanian.go.id>, <https://news.kkp.go.id>, <https://biodiversitywarriors.kehati.or.id>)

5.3.3 Eksploitasi Berlebihan Spesies Tanaman dan Hewan

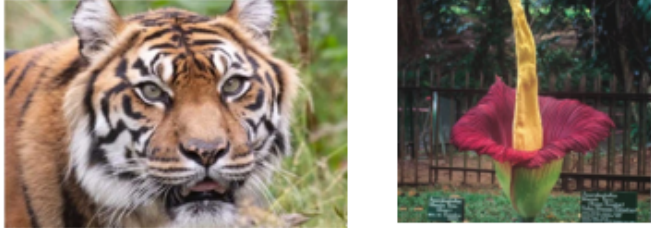
Hilangnya keanekaragaman hayati juga sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia dalam kaitannya dengan perburuan atau eksploitasi berlebihan yang tidak terkendali. Umumnya eksploitasi ini dilakukan dengan dalih hobi atau ekonomi sebagai produk yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Akibat eksploitasi ini banyak spesies yang saat ini keberadaannya di alam menjadi berkurang dan dapat mengalami kepunahan.

Beberapa spesies fauna yang langka seperti: Badak Jawa (bercula satu), Badak Sumatera (bercula 2), Orang Utan, Harimau Sumatera, Anoa, Jalak Bali, Kanguru Pohon, Gajah Sumatera, dan Burung Cenderawasih. Sedangkan flora yang langka seperti: *Rafflesia arnoldii*, Bunga Bangkai, Kantong Semar, Kayu Ulin, Kayu Andalas

Sebagai contoh misalnya Harimau Sumatera, berdasarkan data redlist IUCN menyatakan bahwa populasi Harimau terus mengalami penurunan di alam dengan status *critically endangered*. Biasanya hewan ini diburu untuk diambil kulitnya atau semua bagian utuh untuk dikoleksi. Sering juga terjadi konflik dengan manusia akibat masuk ke pemukiman penduduk juga menjadi penyebab berkurangnya populasi Harimau Sumatera.

Contoh lain misalnya pada Bunga Bangkai (*Amorphophallus titanum*), tumbuhan ini merupakan spesies endemik pulau Sumatera dan merupakan spesies bunga bangkai terbesar di dunia dengan ukuran tinggi bisa mencapai lebih dari 2 meter. Berdasarkan data redlist IUCN tumbuhan ini tergolong Endangered dengan jumlah populasi di alam tidak lebih dari 1000 pohon. Berkurangnya populasi tumbuhan ini di alam salah satunya akibat eksploitasi umbi sebagai bahan baku pangan.

Begitu juga halnya dengan tumbuhan kantong semar spesies *Nepenthes sumatrana*. Tumbuhan ini juga endemik Sumatera dengan status *Critically endangered*. Jumlah populasi di alam diperkirakan hanya sekitar 5000 pohon dan memiliki kecenderungan penurunan akibat eksploitasi sebagai tanaman hias dan kerusakan habitat. Lebih jauh, bahkan terdapat spesies di Indonesia telah mengalami kepunahan, Misalnya Harimau Jawa yang dinyatakan punah sekitar tahun 1980.

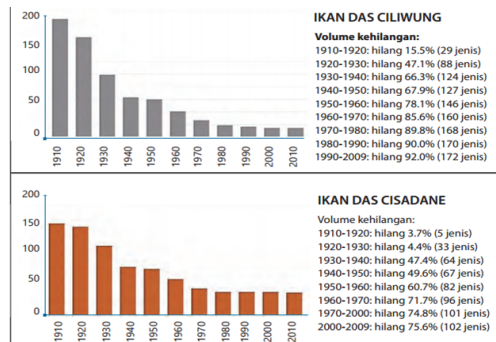


Gambar 5.4: Spesies Terancam Punah Akibat Eksploitasi. Harimau Sumatera (*Panthera tigris*), Bunga Bangkai (*Amorphophallus titanum*)
<https://www.iucnredlist.org>

5.3.4 Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan menjadi salah satu penyebab utama penurunan keanekaragaman hayati di Indonesia. Pencemaran dapat terjadi di perairan dan daratan. Pencemaran tersebut baik secara langsung maupun tidak langsung akan memengaruhi sistem metabolisme makhluk hidup dan pada akhirnya akan menyebabkan kematian. Telah banyak data melaporkan bahwa pencemaran akibat limbah industri menyebabkan penurunan populasi di ekosistem.

Sebagai contoh, laporan dari Lipi (2014) bahwa terjadi penurunan jumlah spesies ikan di Daerah Aliran Sungai (DAS) sungai Ciliwung dan Cisadane sejak tahun 1910 hingga 2009. Di DAS Ciliwung misalnya, hingga tahun 2009 telah terjadi penurunan spesies ikan mencapai 92 % atau sekitar 172 spesies. Sedangkan di DAS Cisadane hilang sebanyak 75.6% atau sekitar 102 spesies.



Gambar 5.5: Jumlah Spesies Ikan di DAS Ciliwung dan Cisadane Tahun 1910-2009

Selain akibat limbah industri, pencemaran lingkungan juga disebabkan oleh obat-obatan pertanian (pestisida). Pestisida diketahui tidak hanya mematikan bagi organisme pengganggu tanaman namun juga memberikan dampak negatif kepada organisme non target. Telah banyak laporan menyatakan bahwa bahan aktif pada pestisida juga membunuh vektor penyerbuk dan musuh alami serangga.

Berkurangnya populasi vektor penyerbuk akan menurunkan produksi tanaman akibat rendahnya penyerbukan, terutama untuk tanaman penyerbuk silang dengan vektor serangga. Musuh alami sebenarnya dibutuhkan untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan mengendalikan hama secara alami. Berkurangnya musuh alami akan menyebabkan ledakan hama yang juga menurunkan produksi tanaman.

5.3.5 Perubahan Iklim Global

Isu pemanasan global (global warming) dan punahnya keanekaragaman hayati (biodiversity) selalu hangat dibicarakan karena berdampak serius terhadap kehidupan manusia di bumi. Pemanasan global terjadi karena adanya efek rumah kaca.

Panas dari matahari terperangkap di atmosfer bumi oleh gas rumah kaca (GRK), seperti karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil untuk kendaraan bermotor dan pembangkit listrik serta kebakaran hutan, dinitro oksida (N_2O) yang dihasilkan dari pemakaian pupuk buatan dan gas yang dihasilkan dari proses produksi beberapa industri, gas metana (CH_4), sulfur heksa florida (SF_6), perfluorocarbon (PFCs), hidrofluorocarbon (HFCs), dan uap air (H_2O).

Pemanasan global menyebabkan terjadinya anomali cuaca, seperti meningkatnya suhu air laut, sehingga penguapan di udara pun meningkat, serta berubahnya pola curah hujan dan tekanan udara. Adanya perubahan ini menyebabkan terjadinya perubahan iklim. Para ilmuwan memperkirakan bahwa pemanasan global merubah pola sirkulasi udara di atas Samudera Pasifik dan iklim sepanjang daratan, sehingga akan mempengaruhi kehidupan tanaman

Akibat adanya kenaikan temperatur permukaan air laut dapat menyebabkan terjadinya pemutihan karang (coral bleaching). Pada tahun 1997/1998, telah terjadi peristiwa pemutihan karang secara luas di beberapa wilayah di Indonesia, seperti bagian timur Sumatera, Jawa, Bali, dan Lombok. Di

Kepulauan Seribu, 90-95% terumbu karang yang berada hingga kedalaman 25 meter mengalami kematian akibat pemutihan karang.

Sementara itu, di Bali Barat pemutihan karang menyerang 75-100% tutupan karang. Karang hidup bersimbiosis dengan *algae zooxanthellae*, yang memberikan warna spektakuler pada karang. Sebagai akibat dari kenaikan temperatur dan adanya polusi, *algae Zooxanthellae* tidak hidup di karang, sehingga menyebabkan terganggunya pertumbuhan karang dan akhirnya terjadi pemutihan karang.

Bab 6

Konservasi Keanekaragaman Hayati

6.1 Pendahuluan

Pelestarian lingkungan untuk meningkatkan organisme yang ada di lingkungan tersebut. Organisme yang ada di ekosistem memiliki keanekaragaman yang tinggi. Penurunan jumlah populasi organisme yang disebabkan oleh kerusakan lingkungan menjadi kendala saat ini. Kerusakan lingkungan saat ini terjadi seperti, kebakaran hutan, banjir, longsor, gunung meletus, penebangan hutan dan pemakaian pestisida. Kebakaran hutan merupakan bencana alam yang sering terjadi akibat kemarau yang panjang. Kebakaran hutan ini dapat menyebabkan kerusakan ekosistem yang ada di dalam hutan tersebut.

Selain itu, dapat menimbulkan populasi udara yang panjang. Ekosistem rawa merupakan ekosistem yang paling mudah terbakar, karena rawa tipe lahan gambut yang secara alamiah tergenang oleh air secara terus-menerus dan memiliki ciri yang khas baik sifat fisika, kimiawi dan biologis. Akan tetapi, rawa juga dapat menekan aliran air baik secara alami maupun buatan. Rawa merupakan lahan yang luas di Indonesia, lahan rawa ini dapat dibagi menjadi dua kelompok utama.

Rawa yang terdapat dalam hutan merupakan lahan rawa pedalaman yang disebut sebagai lahan rawa air tawar. Rawa juga ditemukan di wilayah pantai yang disebut dengan rawa air asin. Rawa juga dapat dibagi menjadi 2 yaitu, rawa yang sudah ada di alam dan rawa hasil buatan manusia. Rawa memiliki nilai yang tinggi dapat kita lihat segi budidaya, ekonomis dan lingkungan yang baik. Kebakaran hutan juga dapat terjadi akibat manusia yang membakar secara sengaja maupun tidak sengaja (Daryono, 2009; Sintesis & Juanda, 2008; Susilawati et al., 2017; Wiranda et al., 2019).

Hal ini dikarenakan pembakaran hutan dilakukan untuk perkebunan. Sehingga banyak habitat-habitat organisme yang ada di dalam hutan tersebut menjadi terganggu. Akibat kebakaran hutan organisme yang ada di dalam hutan akan mati. Kebanjiran, tanah longsor dan gunung meletus merupakan bencana alam yang tidak bisa dihindari akan tetapi dapat ditekan dengan cara memperbaiki ekosistemnya. Pestisida merupakan suatu zat kimia yang dapat memberikan dampak negatif organisme yang ada sekitar tanaman.



Gambar 6.1: Konservasi Lahan Untuk Keanekaragaman Hayati dan Terumbu Karang (Baiquni, 2020)

6.2 Konservasi Keanekaragaman Hayati di Indonesia

Konservasi untuk lingkungan yang baik dan indah. Konservasi merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kelestarian sumber daya alam. Organisme yang ada di lingkungan perlu dilakukan konservasi untuk menjaga kelangsungan suatu makhluk hidup di dalam suatu lingkungan. Konservasi dapat dilakukan dengan cara menciptakan lingkungan yang aman dan nyaman

bagi makhluk hidup. Konservasi juga dapat untuk melestarikan organisme agar tidak mengalami kepunahan atau mengajir habitat tersebut.

Akan tetapi, konservasi dapat diartikan bagaimana cara kita dapat menjaga organisme tersebut berada terus di habitatnya terjaga dengan baik. Organisme wajib kita lindungi untuk menjaga organisme tersebut dari kepunahan dan rusak (Gambar 6.2) (Mumpuni et al., 2015; Ngakan, 2019; Prastyo et al., 2019).



Gambar 6.2: Harimau Sumatera Yang Harus Dilestarikan (Gusti, 2022)

Konservasi organisme dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu, konservasi yang dilakukan pada habitat organisme dan konservasi yang dilakukan pada luar habitat organisme. Konservasi yang dilakukan habitat asli dari organisme tersebut dikenal dengan nama konservasi in situ. Konservasi in situ merupakan konservasi yang meliputi wilayah suaka alam.

Suaka alam meliputi dua bagian yaitu, Cagar alam dan Suaka Margasatwa. Cagar alam merupakan suatu pelestarian peninggalan-peninggalan masa lalu, sedangkan suaka margasatwa merupakan pelestarian organisme yang ada di habitatnya. Pelestarian wilayah alam yaitu, menjaga wilayah-wilayah yang sudah dilakukan sebagai tempat konservasi tersebut.

Wilayah-wilayah seperti, Taman nasional, Taman wisata alam dan taman hutan raya. Konservasi dapat dilakukan di luar habitat asalnya, konservasi yang ini dinamakan konservasi eks situ yang dilakukan oleh lembaga-lembaga konservasi yang legal. Indonesia memiliki beberapa sumber daya alam yang

dapat dijadikan sebagai konservasi (Ardhana, 2010; Njurumana et al., 2014; Qodriyatun, 2010).

Konservasi alam yang dilakukan di Indonesia yaitu:

Konservasi Taman Nasional

Memberikan kenyamanan dan keamanan bagi makhluk hidup dapat dilakukan dengan tidak mengganggu habitatnya dan memberikan ruangan yang tidak bersinggungan langsung dengan masyarakat. Dengan cara seperti ini kita melindungi makhluk hidup tersebut dari kepunahan. Sumber daya alam merupakan aset yang dijadikan sebagai tempat perlindungan bagi makhluk hidup baik tanaman dan hewan yang perlu dilestarikan. Taman nasional merupakan tempat yang harus dijaga kelestarian, hal juga taman nasional dapat dijadikan sebagai tempat edukasi, ilmu pengetahuan, budaya dan taman hiburan.

Dalam taman nasional harus memiliki kriteria yang harus dipenuhi yaitu:

1. Taman nasional harus memiliki keunikan dan kekhasan dalam sumber daya alam hayati.
2. Taman nasional memiliki ekosistem dan keadaan alam yang khas.
3. Taman nasional memiliki ekosistem yang masih alami belum dijamah oleh manusia.
4. Taman nasional memiliki ekologi yang luas dan menjamin kelangsungan ekosistem di dalamnya.
5. Taman nasional harus memiliki beberapa zona yang digunakan untuk keperluan masing-masing zona, jadi tidak saling mengganggu antar zona.

Di Indonesia memiliki taman nasional masing-masing seperti, Aceh terdapat taman nasional Gunung Leuser, Kabupaten Madina merupakan wilayah taman nasional Batang gadis, Pulau Komodo memiliki taman nasional dengan hewan Komodo dan Kepulauan seribu terdapat taman nasional kepulauan seribu. Taman-taman nasional tersebut memiliki keunikan dan kekhasan masing-masing.

Taman nasional masih banyak yang terdapat di Indonesia baik di pulau Sumatera, pulau Jawa, pulau Bali, pulau Sulawesi, pulau Kalimantan, dan pulau Nusa Tenggara. Pulau-pulau tersebut memiliki taman nasional yang

memiliki keanekaragaman hayati yang harus dilestarikan. Taman nasional Komodo merupakan taman nasional yang memiliki hewan reptil yang paling besar. Untuk menjaga kelestarian hewan tersebut kita harus menjaga ekosistem yang ada pada tanaman tersebut (Blegur et al., 2017; Ustari et al., 2010) (Gambar 6.3).



Gambar 6.3:Taman nasional Komodo (Indonesia, 2017)

Keunikan dan kekhasan yang dimiliki taman nasional gunung Leuser terdapat hewan dan tumbuhan yang tinggi. Taman ini terdapat di pulau Sumatera dan memiliki beragam ekosistem. Ekosistem yang terdapat di taman nasional yaitu, ekosistem pantai dan ekosistem pegunungan sub alpin. Ekosistem pegunungan pada taman nasional gunung Leuser memiliki ketinggian 3.404 MDPL, hal ini merupakan puncak tertinggi pada gunung tersebut.

Harimau Sumatera (*Panthera tigris sumatrae*) merupakan hewan buas yang terdapat di wilayah taman nasional gunung Leuser. Selain itu, ada 3 spesies lagi hewan yang unik yang ada taman nasional ini yaitu, Orang utan Sumatra (*Pongo abelii*), Gajah Sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) dan Badak Sumatra (*Dicerorhinus sumatrensis*).

Di dunia keempat spesies ini satu-satunya yang terdapat di taman nasional gunung Leuser. Taman nasional gunung Leuser memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, karena di Kawasan ini terdapat jenis burung. Berdasarkan hasil penelitian taman nasional gunung Leuser terdapat kurang lebih 350 spesies burung.

Taman nasional gunung Leuser terdapat 129 spesies dari mamalia yang terdapat di Sumatera. Mamalia yang terdapat di Sumatera sebanyak 205 spesies,

akan tetapi mamalia yang terbanyak menghuni di taman nasional tersebut yaitu, 65 % (Gambar 6.4, Gambar 6.5, Gambar 6.6) (Kuncari, 2011; YOSL-OIC-PILI, 2018).



Gambar 6.4: Taman Nasional Gunung Leuser (*Elephas Maximus Sumatranus*) (Wikipedia, 2011)



Gambar 6.5: Gajah Sumatera (YOSL-OIC-PILI, 2018)

Taman nasional sembilanang merupakan taman nasional yang memiliki daya Tarik. Tempat-tempat tersebut yang memiliki daya tarik yaitu, Semanjung Banyuasin, Sembilang, Benawan Bay, Teluk Sekanak dan Pulau Betet. Taman

nasional sembilang sungai dan hutan Mangrove (Gambar 6.7) dapat dijadikan sebagai hutan jelajah menggunakan perahu.

Selain itu, taman nasional sembilang dapat dijadikan sebagai tempat pemancingan. Taman ini juga dapat ditemui perpindahan burung-burung dari Siberia. Kita juga dapat melihat lumba-lumba yang beraksi pada taman tersebut (Gambar 6.6)(Febriansyah et al., 2019; Tir yana et al., 2016).



Gambar 6.6: Hutan Mangrove dan Lumba-Lumba yang Terdapat Di Taman Nasional Sembilang (Kita, 2020)

Konservasi Cagar Alam

Tumbuhan-tumbuhan dan hewan yang dilepas di alam dan perkembangan serta pertumbuhan tidak ada campur tangan manusia disebut sebagai cagar alam. Wilayah-wilayah ini bukan tempat untuk dijadikan sebagai tempat untuk hiburan, melainkan sebagai tempat konservasi bagi tumbuhan dan hewan.



Gambar 6.7: Kutilang (*Pycnonotus aurigaster*) dan Babi Hutan (Almenda, 2015)

Kita harus izin dalam melakukan kegiatan di dalam cagar alam tersebut. Cagar alam yang ada di Indonesia yaitu, cagar alam dua, cagar alam gunung Papandayan, cagar alam batu gajah, cagar alam padang luyway dan masih banyak lainnya (Safanah, 2017; Zuhri & Sulistyawati, 2007).



Gambar 6.8: Tumbuhan Paku Dari Genus *Dioon* Dantusam Sumatera (*Pinus Merkusii*) Di Cagar Alam Batu Gajah (Almenda, 2015)

Konservasi Taman Laut

Keanekaragaman hayati di laut harus dijaga dengan baik, untuk menciptakan ekosistem yang baik. Taman laut juga dapat dijadikan sebagai objek wisata. Sehingga kelestarian taman laut harus dijaga dengan baik untuk menjaga keindahan alam di laut.

Taman laut yang terdapat di Indonesia seperti, taman laut yang terdapat perairan Sulawesi di wilayah Manado, taman laut ini dikenal dengan nama taman laut Bunaken dan taman laut Sulawesi Utara. Untuk menjaga kelestarian dan keindahan taman laut harus dilakukan konservasi taman tersebut (Khoiri et al., 2020; Setiawan, 2013; Syafrie, 2018) (Gambar 6.10)



Gambar 6.9: Taman laut Bunaken (Syafrie, 2018)

Konservasi Suaka Margasatwa

Hutan merupakan tempat untuk perlindungan suaka margasatwa. Hutan yang dijadikan sebagai suaka margasatwa harus memiliki keunikan dan kekhasan. Keunikan dan kekhasan harus perlindungan dan pembinaan bagi keanekaragaman hayati untuk kelangsungan hidup pada habitatnya. Indonesia menjadikan suaka margasatwa sebagai kekayaan dan kebanggaan yang dapat dijadikan sebagai ilmu pengetahuan dan kebudayaan yang memiliki nilai yang khas.

Dalam suaka margasatwa dapat dilakukan pelestarian secara sengaja dan alami untuk menjaga hidup dari tumbuhan yang ada di dalamnya (Evi Apriana, 2019; Hamdan et al., 2017; Kunarso et al., 2019; Yulianti, 2018).

Konservasi Kebun Raya

Kebun raya merupakan salah satu cara untuk menjaga kelestarian dan perlindungan tanaman yang akan mengalami kepunahan dan menjaga tanaman agar tetap lestari. Tanaman-tanaman yang ada yang di kebun raya diperoleh dari tanaman yang berasal dari daerah.

Tujuan dari kebun raya adalah untuk konservasi tanaman tersebut. Kebun raya yaitu, Kebun raya Bogor, Kebun Raya Kuningan, Kebun raya Cibodas dan kebun raya Baturaden (Friscarmela et al., 2018)

Konservasi Hutan Bakau

Garis pantai akan terbentuk dengan ada hutan Mangrove, karena hutan Mangrove dapat membentuk dataran hal ini disebabkan dapat membentuk endapan dan tanah. Konservasi hutan Mangrove atau hutan bakau sangat membantu dalam menciptakan air bersih. Karena Mangrove memiliki perakaran yang kompleks. Akar tanaman Mangrove rapat dan tebal yang dapat memerangkap bahan-bahan organik yang terbawa oleh air laut menuju ke daratan.

Hutan Mangrove yaitu, hutan yang ditumbuhi tumbuhan pada permukaan rawa-rawa di perairan payau (Harefa et al., 2020; Majid et al., 2016).



Gambar 6.10: Hutan Mangrove Untuk Menjaga Kejernihan Air (Mahatma, 2018)

Bab 7

Peraturan Perundangan Sumber Daya Alam Hayati

7.1 Pendahuluan

Negara Indonesia dikaruniai kekayaan alam yang luar biasa besarnya, sumber daya alam hayati Indonesia dan ekosistemnya yang mempunyai kedudukan serta peranan penting bagi kehidupan, oleh karena itu perlu dikelola dan dimanfaatkan secara lestari, selaras, serasi dan seimbang, pengelolaan sumber daya hayati dan ekosistemnya pada hakikatnya adalah bagian integral dari pembangunan nasional yang berkelanjutan sebagai pengamalan Pancasila untuk mewujudkan kesejahteraan masyarakat Indonesia pada khususnya dan umat manusia pada umumnya, baik masa sekarang maupun masa depan.

Sumber daya alam hayati dan ekosistemnya merupakan bagian terpenting dari sumber daya alam, mengingat sifatnya yang tidak dapat diganti dan mempunyai kedudukan serta peranan penting bagi kehidupan manusia, maka kekayaan alam hayati ini berdasarkan UUD 1945, dikuasai oleh Negara untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat. Sehingga usaha konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya adalah menjadi kewajiban mutlak dari tiap generasi.

Agar dapat menjamin terwujudnya kelestarian sumber daya alam hayati untuk kesejahteraan masyarakat Indonesia, perlu diatur sumber daya alam hayati mendapat perlindungan proporsional dengan pemanfaatan berkelanjutan. Secara sosial konservasi keanekaragaman hayati merupakan keseimbangan perlakuan perlindungan di mana pemanfaatan yang berkelanjutan masih dimungkinkan sehingga keberadaannya tetap bisa dipertahankan dan dapat dimanfaatkan secara lestari bagi kemakmuran masyarakat di setiap generasi.

Tantangan ke depan dengan meningkatnya jumlah penduduk yang memerlukan percepatan pembangunan di segala sektor, pemanfaatan sumber daya alam hayati yang menyebabkan penurunan potensi pemanfaatan secara lestari, akibat sampingan ilmu pengetahuan dan teknologi yang kurang bijaksana, belum harmonisnya penggunaan dan peruntukan tanah serta belum berhasilnya sasaran konservasi secara optimal yang dapat mengakibatkan timbulnya gejala erosi genetik, polusi, membuat semakin menguatnya tekanan masyarakat dan tekanan ekonomi untuk pembangunan terhadap keanekaragaman hayati.

Sehingga tindakan-tindakan yang tidak bertanggung jawab yang dapat menimbulkan kerusakan pada kawasan suaka alam dan kawasan pelestarian alam ataupun tindakan yang melanggar ketentuan tentang perlindungan tumbuhan dan satwa yang dilindungi, dapat diancam dengan pidana yang berat berupa pidana badan dan denda.

Pidana yang berat tersebut dipandang perlu karena kerusakan atau kepunahan salah satu unsur sumber daya alam hayati dan ekosistemnya akan mengakibatkan kerugian besar bagi masyarakat yang tidak dapat dinilai dengan materi, sedangkan pemulihannya kepada keadaan semula tidak mungkin lagi. Untuk itulah, diperlukan legislasi nasional terhadap konservasi keanekaragaman hayati yang mempunyai kemampuan tinggi dalam melindungi keanekaragaman hayati secara efektif serta menjamin kemanfaatan bagi masyarakat.

Mengingat Indonesia adalah negara berdasar atas hukum, maka pengelolaan konservasi sumber daya alam hayati beserta ekosistemnya perlu diberi dasar hukum yang jelas, tegas, dan menyeluruh guna menjamin kepastian hukum bagi usaha pengelolaan tersebut. Secara yuridis dewasa ini sudah ada peraturan dan perundangan yang mengatur tentang konservasi sumber daya alam hayati yaitu Undang-undang Nomor 5 tahun 1990 tentang Konservasi sumber daya Alam Hayati dan Ekosistemnya yang pada dekade sembilan puluhan dirasakan cukup efektif melindungi ekosistem dan spesies di Indonesia.

Undang-undang (UU) ini bersifat nasional dan menyeluruh, memuat ketentuan-ketentuan yang bersifat pokok dan mencakup semua segi di bidang konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya, sedangkan pelaksanaannya diatur dengan Peraturan Pemerintah. UU ini, telah menggantikan beberapa produk peraturan kolonial pra kemerdekaan, telah berumur lebih dari 32 tahun, dan telah terjadi banyak sekali perubahan lingkungan strategis nasional seperti berubahnya sistem politik, sentralisasi ke desentralisasi, demokratisasi, berubahnya peraturan perundangan sektoral, perubahan tataran global berupa bergesernya beberapa kebijakan internasional dalam kegiatan konservasi, sebagaimana tertuang dalam hasil-hasil konvensi yang terkait dengan keanekaragaman hayati, atau hasil-hasil kesepakatan baik bilateral, regional maupun multilateral.

7.2 Konvensi Keanekaragaman Hayati Internasional

Konvensi Keanekaragaman Hayati (Convention on Biological Diversity) merupakan perjanjian multilateral negara-negara anggota konvensi dalam penyelesaian masalah global mengenai keanekaragaman hayati. Negara-negara anggota bertanggung jawab melakukan perlindungan, pemanfaatan, konservasi dan pembangunan berkelanjutan keanekaragaman hayati. Hal ini bisa dilakukan melalui penetapan kawasan konservasi, pemulihan ekosistem yang rusak, dan pengendalian spesies asing.

Konvensi ini menyepakati untuk melakukan konservasi *insitu* melalui kegiatan sistem kawasan dan membangun pedoman pengelolaan konservasi keanekaragaman hayati, mendorong perlindungan ekosistem habitat alami dan pemeliharaan populasi spesies di lingkungan alami, pembangunan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan di area sekitar kawasan konservasi, rehabilitasi dan restorasi ekosistem yang rusak dan mendukung pemulihan spesies yang terancam punah, mengendalikan risiko organisme modifikasi genetik, pengendalian spesies pengancam ekosistem, habitat atau spesies, menyediakan kondisi yang diperlukan untuk konservasi keanekaragaman hayati dan keberlanjutannya, menghormati kearifan lokal dalam konservasi, bekerja sama dalam penyediaan pendanaan dan dukungan untuk konservasi *insitu*.

ASEAN Heritage Parks (AHP) merupakan area konservasi di wilayah ASEAN yang penting karena memiliki keunikan keanekaragaman, ekosistem, kehidupan liar dan nilai-nilai yang tinggi. Pengelolaan AHP untuk memelihara proses ekologis dan sistem pendukung kehidupan; mengawetkan keanekaragaman genetik; memastikan pemanfaatan spesies dan ekosistem berkelanjutan, serta menjaga kondisi ekosistem yang memiliki nilai-nilai keindahan alam, budaya, pendidikan, penelitian, dan wisata.

Konvensi Ramsar Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat, atau Konvensi Ramsar bertujuan sebagai konservasi dan pemanfaatan lahan basah secara bijaksana melalui aksi nasional untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan di seluruh dunia. Kawasan lahan basah merupakan habitat keanekaragaman hayati dan budaya. Untuk mengonservasi dan memanfaatkan lahan basah, serta meratifikasi Konvensi Ramsar Negara Indonesia menuangkannya dalam Keputusan Presiden No. 48 Tahun 1991.

7.3 Hukum Perlindungan Sumber Daya Alam Hayati Indonesia

Dalam melakukan perlindungan sumber daya hayati di Indonesia telah diatur di beberapa peraturan dan perundang-undangan. Sumber dasar hukum terkait sumber daya hayati yaitu terdapat pada UUD 1945 Pasal 33 ayat (3), di mana berbunyi “Bumi dan air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat”.

Hal ini didukung dengan TAP MPR No. IX/MPR/2001 tentang Pembaruan Agraria dan Pengelolaan Sumber Daya Alam. Salah satu prinsip adalah “Memelihara keberlanjutan yang dapat memberi manfaat yang optimal”. Selain itu, perlindungan keanekaragaman hayati juga diatur di UU No. 5/1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistemnya yang isinya menetapkan ekosistem, UU No. 12/1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman, UU No. 5/1994 tentang Pengesahan UNCBD di mana ekosistem sebagai salah satu keanekaragaman hayati perlu dijamin keberadaan dan keberlanjutannya bagi kehidupan manusia.

Pada UU No. 41/1999 tentang Kehutanan. Juga mengatur keanekaragaman hayati, di mana hutan merupakan salah satu ekosistem yang kompleks dan UU ini mengatur pengelolaan hutan berdasarkan fungsinya. Fungsi lindung dan fungsi konservasi dipertahankan untuk menjamin keanekaragaman hayati di tingkat ekosistem terjaga. Begitu juga pada UU No. 39/2014 tentang Perkebunan, di mana fokus UU ini pada keanekaragaman hayati sumber daya genetik tanaman perkebunan.

Sedangkan UU No. 21/2004 mengatur tentang Pengesahan Protokol Cartagena tentang Keamanan Hayati atas Konvensi tentang Keanekaragaman Hayati, inti dari UU ini adalah keamanan penerapan produk bioteknologi modern yaitu Organisme Hasil Modifikasi Genetik (OHMG), UU No. 27/2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Kawasan konservasi di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil merupakan ekosistem yang dijamin keberadaan, ketersediaan dan kesinambungannya. UU No. 32/2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

UU ini sebagai aturan terpenting dalam perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup akibat kegiatan manusia dalam upaya pemanfaatan sumber daya alam. Dan UU No. 11/2013 tentang Pengesahan *Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and The Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from Their Utilization to the CBD*. Kawasan Konservasi In Situ adalah kawasan perlindungan di habitat alami.

7.4 Kebijakan Sumber Daya Alam Hayati

Arah Kebijakan Konservasi Ekosistem di Negara Indonesia telah diatur di Perpres No.2/2015 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019. Arah kebijakan konservasi ekosistem dibagi secara umum menjadi kawasan konservasi in situ terdiri dari kawasan suaka alam (cagar alam, suaka margasatwa, perlindungan alam, taman nasional, taman hutan raya, taman wisata alam, taman buru), dan kawasan konservasi laut daerah cagar biosfer warisan alam dunia, sedangkan kawasan konservasi ex situ yaitu kebun raya taman keanekaragaman hayati seperti ekosistem hutan, ekosistem pesisir dan laut, ekosistem perairan.

Kebijakan terkait sumber daya hayati telah diatur di UU No.5/1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya. Pemberlakuan UU

ini, berstatus menghapus semua kebijakan sebelumnya yang masih menggunakan kebijakan yang ada di zaman penjajahan Belanda, seperti Jachtordonnantie 1931 Staatsblad 1931 Nummer 133 tentang Ordonansi Perburuan, Dierenbeschermingsordonnantie 1931 Staatsblad 1931 Nummer 134) tentang Ordonansi Perlindungan Binatang-binatang Liar, Jachtordonnantie Java en Madoera 1940 Staatsblad 1939 Nummer 733) tentang Ordonansi Perburuan Jawa dan Madura, Natuurbeschermingsordonnantie 1941 Staatsblad 1941 Nummer 167) tentang Ordonansi Perlindungan Alam.

Hal ini dikarenakan peraturan perundang-undangan tersebut merupakan produk hukum warisan pemerintah kolonial yang bersifat parsial, sehingga perlu dicabut karena sudah tidak sesuai dengan perkembangan hukum dan kepentingan nasional.

UU ini lahir dikarenakan peraturan perundang-undangan produk hukum nasional yang ada belum menampung dan mengatur secara menyeluruh mengenai konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya, sehingga dipandang perlu menetapkan ketentuan mengenai konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya dalam suatu Undang-undang.

UU ini menyatakan bahwa unsur-unsur sumber daya alam hayati dan ekosistemnya pada dasarnya saling tergantung antara satu dengan yang lainnya dan saling memengaruhi sehingga kerusakan dan kepunahan salah satu unsur akan berakibat terganggunya ekosistem. Untuk bahwa untuk menjaga agar pemanfaatan sumber daya alam hayati dapat berlangsung dengan cara sebaik-baiknya, maka diperlukan langkah-langkah konservasi sehingga sumber daya alam hayati dan ekosistemnya selalu terpelihara dan mampu mewujudkan keseimbangan serta melekat dengan pembangunan itu sendiri.

7.4.1 UU Nomor 5 Tahun 1990 Terkait Sumber Daya Alam Hayati

Dasar Hukum yang dijadikan landasan UU No.5/1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya terdiri dari UUD dan UU seperti pada Pasal 5 ayat (1), Pasal 20 ayat (1), dan Pasal 33 UUD 1945, UU No.5 /1967 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Kehutanan (Lembaran Negara Tahun 1967 Nomor 8, Tambahan Lembaran Negara Nomor 2823), UU No. 4/1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Tahun 1982 Nomor 12, Tambahan Lembaran Negara

Nomor 3215), UU No.20/1982 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pertahanan Keamanan Negara Republik Indonesia (Lembaran Negara Tahun 1982 Nomor 51, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3234) sebagaimana telah diubah dengan Undang-undang Nomor 1 Tahun 1988 (Lembaran Negara Tahun 1988 Nomor 3, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3368), UU No. 9/1985 tentang Perikanan (Lembaran Negara Tahun 1985 Nomor 46, Tambahan Lembaran Negara Nomor 3299).

Konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya merupakan tanggung jawab dan kewajiban Pemerintah serta masyarakat. Peran serta rakyat akan diarahkan dan digerakkan oleh Pemerintah melalui kegiatan yang berdaya guna dan berhasil guna.

Untuk itu, Pemerintah berkewajiban meningkatkan pendidikan dan penyuluhan bagi masyarakat dalam rangka sadar konservasi. Dari UU No.5/1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya, berhasilnya konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya berkaitan erat dengan tercapainya tiga sasaran konservasi, yaitu menjamin terpeliharanya proses ekologis yang menunjang sistem penyangga kehidupan bagi kelangsungan pembangunan dan kesejahteraan manusia (perlindungan sistem penyangga kehidupan), menjamin terpeliharanya keanekaragaman sumber genetik dan tipe ekosistemnya sehingga menunjang pembangunan, ilmu pengetahuan, dan teknologi yang memungkinkan pemenuhan kebutuhan manusia yang menggunakan sumber daya alam hayati bagi kesejahteraan, dan mengendalikan cara pemanfaatan sumber daya alam hayati.

Sehingga terjamin kelestariannya akibat sampingan ilmu pengetahuan dan teknologi yang kurang bijaksana, belum harmonisnya penggunaan dan peruntukan tanah serta belum berhasilnya sasaran konservasi secara optimal, yang mengakibatkan timbulnya gejala erosi genetik, polusi, dan penurunan potensi sumber daya alam hayati (pemanfaatan secara lestari).

Upaya pemanfaatan secara lestari sebagai salah satu aspek konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya, belum sepenuhnya dikembangkan sesuai dengan kebutuhan. Demikian pula pengelolaan kawasan pelestarian alam dalam bentuk taman nasional, taman hutan raya, dan taman wisata alam, yang menyatukan fungsi perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya, dan pemanfaatan secara lestari.

Perlindungan dan pemanfaatan keanekaragaman hayati di tingkat genetik merupakan satu hal yang unik karena unsur genetik melekat pada unsur spesies di mana genetik merupakan pembawa sifat bagi spesies. Selain itu unsur genetik baru bermanfaat apabila telah diketahui mengenai sifat-sifat unggulnya yang dengan perlakuan tertentu dapat menjadikan suatu spesies bernilai tinggi bagi manusia, misalnya untuk pengembangan pangan yang unggul, produk farmasi atau produk teknologi biologi.

Untuk pentingnya melakukan Perlindungan dan Kontrol Pemanfaatan Sumber Daya Genetik Manfaat keanekaragaman hayati yang tak terukur berupa manfaat di semua tingkat keanekaragaman, yaitu di tingkat genetik, tingkat spesies dan tingkat ekosistem menjadikan keanekaragaman hayati sebagai satu-satunya yang diketahui saat ini, bagi masa depan umat manusia.

Pada tingkat genetik, manfaat keanekaragaman genetik berupa penyediaan sumber plasma nutfah untuk menjaga dan meningkatkan ketahanan pangan, kesehatan dan pengembangan industri berbasis sumber daya alam hayati. Industri pangan dan kesehatan (termasuk farmasi) dunia di masa depan akan sangat bergantung pada keanekaragaman genetik dari negara-negara tropik seperti Indonesia yang kaya akan keanekaragaman hayati. Perubahan iklim global dapat dipastikan merubah pola suplai pangan dan kesehatan dunia. Tanaman pangan dan hewan ternak yang ada saat ini sangat mungkin tidak dapat bertahan dengan kondisi iklim yang berubah. Penemuan varietas-varietas baru tanaman.

Akan tetapi di dalam UU No.5/1990 sama sekali tidak mengatur hal tersebut, sehingga dipercaya banyak sumber daya genetik Indonesia yang “dibajak” oleh pihak asing, atau yang dikenal dengan istilah *biopiracy* di mana dari sumber daya genetik yang dibajak tersebut telah dihasilkan produk atau teknologi yang mempunyai nilai komersial tinggi, namun negara dan atau masyarakat tidak mendapatkan keuntungan darinya bahkan harus membeli hak intelektualnya.

7.4.2 UU Nomor 5 Tahun 1994 Terkait Ratifikasi Konvensi Keanekaragaman Hayati

Teks Konvensi keanekaragaman Hayati yang diratifikasi melalui Undang-Undang No. 5/1994 tentang Ratifikasi Konvensi Keanekaragaman Hayati, menyatakan bahwa “yang dimaksud dengan sumber daya genetik adalah materi-materi genetik yang mempunyai nilai aktual maupun potensial,

Perlindungan sumber daya genetik baik *in situ* maupun *ex situ* ditujukan untuk menjaga keanekaragaman (keragaman) genetik suatu spesies.

Agar perlindungan sumber daya genetik dapat berjalan efektif maka pemerintah harus melakukan inventarisasi terhadap jenis-jenis target dan menyusun strategi perlindungannya baik *in situ* maupun *ex situ*. Dalam pemanfaatan sumber daya genetik, pengaturan bukan ditujukan pada bagaimana menggunakan atau memanfaatkan sumber daya genetik tetapi ditujukan pada cara memperoleh sumber daya genetik dan mekanisme pembagian keuntungan apabila dari pengembangan sumber daya genetik tersebut dihasilkan produk yang dapat dikomersialkan yang secara umum dikenal dengan *Access to Genetic Resources and Benefits Sharing*.

Konvensi Keanekaragaman Hayati, yang kemudian diatur lebih lanjut di dalam Protokol Nagoya. Akses terhadap sumber daya genetik merupakan kegiatan memperoleh sampel atau contoh dari komponen-komponen atau materi sumber daya genetik untuk tujuan riset ilmiah, pengembangan teknologi, atau bioprospeksi, yang terkait untuk aplikasi industri atau lainnya.

Protokol Nagoya secara signifikan telah memberikan landasan yang kuat bagi kepastian dan transparansi secara hukum untuk penyedia dan pengguna sumber daya genetik. Protokol ini juga secara spesifik menyediakan petunjuk mengenai legislasi nasional yang harus dikembangkan oleh negara penyedia sumber daya genetik seperti perjanjian kontrak dan perizinan.

Dengan mempromosikan pemanfaatan sumber daya genetik dan pengetahuan tradisional dan dengan meningkatkan kesempatan bagi pembagian yang adil dan setara atas keuntungan yang didapat dari penggunaannya, Protokol Nagoya menciptakan insentif bagi konservasi keanekaragaman hayati, pemanfaatan berkelanjutan komponen-komponennya, dan lebih meningkatkan kontribusi keanekaragaman hayati bagi pembangunan berkelanjutan dan kesejahteraan umat manusia.

Jadi diperlukan UU untuk mengatur perlindungan dan kontrol pemanfaatan sumber daya genetik, termasuk dalam rangka implementasi perjanjian internasional yang telah diratifikasi oleh Pemerintah Indonesia melalui berbagai undang-undang.

Bab 8

Eksplorasi dan Koleksi Sumber Daya Hayati

8.1 Pendahuluan

Indonesia merupakan negara mega biodiversitas karena mempunyai sumber daya alam yang melimpah. Kekayaan alam yang beraneka ragam berupa plasma nutfah merupakan aset yang harus dilestarikan. Di Indonesia, plasma nutfah flora dan fauna tidak kurang dari 28.000 jenis tumbuhan, 350.000 jenis hewan dan 10.000 jenis mikroba. Berdasarkan jumlah tersebut, yang sudah dimanfaatkan oleh masyarakat untuk kepentingan hidupnya adalah sekitar 6000 jenis tumbuhan, 1000 jenis hewan dan 100 jenis mikroba (Kusumo et al., 2002; Wardana, 2002)

Plasma nutfah harus dikelola dan dilestarikan karena bermanfaat bagi kehidupan di masa mendatang. Hal ini disebabkan jika plasma nutfah terancam akan memberikan dampak negatif terhadap kesejahteraan manusia di masa yang akan datang. Para pemulia, peneliti dan pengguna sumber daya genetik dituntut peranannya untuk menjaga dan mengoleksi plasma nutfah yang ada dengan melakukan identifikasi berbagai jenis tanaman. Pengelolaan plasma nutfah perlu dilakukan sehingga tanaman bisa terintegrasi dengan

pemuliaan tanaman (Sumarno dan Zuraida, 2008; Krismawati dan Sabran, 2004)

Eksplorasi dan koleksi sumber daya genetik harus didasarkan pada penerapan prinsip-prinsip sains (Ford Lloyd dan Jackson, 1986). Eksplorasi adalah kegiatan mencari sumber-sumber material genetik tanaman baru yang memiliki nilai atau potensi untuk digunakan ataupun dikembangkan lebih lanjut. Koleksi merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengumpulkan material genetik. Perlu dipahami bahwa tujuan koleksi yang dilakukan oleh kolektor botani dan kolektor sumber daya genetik tanaman tidaklah sama (Hayati et al., 2018).

8.2 Eksplorasi Sumber Daya Hayati

Menurut catatan sejarah menunjukkan bahwa kegiatan eksplorasi telah dilakukan oleh ratu Hatsheput dari Mesir pada tahun 1495 sebelum Masehi yang telah memerintahkan ekspedisi ke Somalia untuk mendapatkan pohon penghasil resin yang berbau harum. Sejarah juga mencatat berbagai legenda ekspedisi dalam rangka eksplorasi baik yang dilakukan atas nama perorangan maupun institusi.

Beberapa di antaranya adalah Sir Joseph Banks pada abad ke 18 bekerja untuk Royal Society di Kew dan juga Vavilov dan timnya pada tahun 1920-1930 an. Vavilov menyadari arti penting nilai keragaman pada tanaman dan kerabat liarnya untuk tujuan pemuliaan tanaman (Hayati et al., 2018).

Eksplorasi adalah kegiatan pencarian bahan genetik tanaman, terdiri atas genotipe, kultivar, klon tanaman, yang berasal dari alam misalnya hasil pertanaman oleh petani atau dari koleksi laboratorium atau perorangan. Eksplorasi plasma nutfah bertujuan untuk memperkaya keragaman genetik koleksi plasma nutfah yang sudah ada.

Dalam setiap eksplorasi diharapkan akan mendapatkan alel baru yang belum terdapat dalam koleksi plasma nutfah. Alel baru ini dapat berasal dari tanaman yang selama ini belum terwakili dalam koleksi plasma nutfah atau berasal dari mutan baru yang muncul dari kultivar yang pernah dilepas ke petani. Di alam akan terjadi proses evolusi yang akan memunculkan genotipe baru. Hibridisasi alami, mutasi, dan seleksi alam akan merupakan kekuatan di alam yang

mendorong munculnya genotipe baru yang unggul dan mampu beradaptasi terhadap tekanan-tekanan lingkungan, seperti hama, penyakit, atau kekeringan.

Oleh sebab itu sangat penting melakukan eksplorasi secara teratur untuk menjangkau genotipe baru, baik genotipe yang belum terjangkau oleh eksplorasi sebelumnya atau mutan baru yang secara periodik selalu muncul di alam. Sebagai contoh tanaman akan berevolusi dengan serangga hamanya, sehingga datang serangan hama baru untuk suatu periode waktu tertentu, mungkin dapat muncul genotipe baru hasil mutasi yang resistan terhadap hama tersebut. Melalui eksplorasi yang teratur genotipe seperti ini dapat memperkaya koleksi plasma nutfah. Eksplorasi terdiri atas beberapa rangkaian kegiatan meliputi persiapan, eksplorasi atau pengambilan sampel, inventarisasi dan evaluasi serta konservasi.

Tahap awal adalah persiapan eksplorasi. Maksud dari persiapan eksplorasi adalah pengumpulan informasi biologi dan genetik. Sebelum kegiatan eksplorasi ke lapangan dilakukan harus dipersiapkan informasi biologi dan genetik tanaman yang akan dieksplorasi. Informasi biologi yang perlu diperhatikan terdiri atas proses reproduksi, misalnya apakah tanaman yang menjadi target dapat menyerbuk sendiri, menyerbuk silang, atau berkembang biak secara vegetatif.

Perlu diketahui juga bahan tanaman apa yang harus dikumpulkan, apakah biji, umbi, atau stek batang. Selain itu perlu diketahui musim tanam, musim berbunga, dan musim panen. Wilayah mana yang terdapat pertanaman varietas hasil pemuliaan, varietas lokal, kerabat liar. Tanaman yang diperbanyak secara vegetatif mempunyai populasi yang anggotanya tidak dapat melakukan perkawinan satu sama lain, sehingga cenderung secara genetik seragam. Hal ini terjadi karena para petani kemungkinan memperoleh bibit dengan cara membuat stek dari tanaman tetangganya. Keragaman mungkin ditemukan pada pertanaman yang berjarak jauh. Sumber keragaman terbesar adalah adanya mutasi alami.

Tanaman menyerbuk sendiri akan membentuk galur yang mantap atau tidak bersegregasi. Populasi dari tanaman jenis ini bukan populasi seperti yang dikemukakan dalam genetika populasi yaitu yang anggotanya dapat melakukan perkawinan satu sama lain. Populasi tersusun dari galur genetik *intragalur* sangat kecil atau hampir nol, dan keragaman antar galur sangat nyata. Keragaman genetik baru akan muncul di alam sebagai akibat mutasi atau terjadinya persilangan antar galur, walaupun dengan derajat yang kecil.

Tanaman menyerbuk silang seperti jagung akan membentuk populasi yang sebenarnya seperti yang didefinisikan dalam genetika populasi, yaitu antara anggota populasi dapat terjadi perkawinan secara acak.

Oleh karena itu kita tidak akan dapat memperoleh identitas genetik suatu individu. Selain sistem reproduksi, informasi perkembangan tanaman atau genotipe juga perlu diperhatikan. Berdasarkan riwayat perkembangannya tanaman dapat dibagi menjadi, kultivar modern hasil pemuliaan, kultivar hasil pemuliaan yang sudah lama dibudidayakan oleh masyarakat, Pada setiap kelompok ini dimungkinkan terdapat genre yang istimewa yang perlu diambil untuk memperkaya koleksi plasma nutfah.

Kultivar modern hasil pemuliaan bukan merupakan target dalam eksplorasi, karena tentunya saat melepas kultivar ini pemulia juga mengirim sampelnya ke pusat koleksi plasma nutfah. Di alam kemungkinan pada kelompok ini belum terdapat gen baru hasil mutasi yang memberikan tambahan keunggulan. Sebaliknya kultivar hasil pemuliaan yang sudah lama ada di masyarakat, dapat menjadi target eksplorasi karena pada kelompok ini kemungkinan telah muncul mutan baru yang memberikan keunggulan pada kultivar tersebut.

Tetap dipertahankannya suatu kultivar dalam jangka waktu lama oleh petani pada wilayah tertentu, dibandingkan dengan kultivar lain yang sudah tidak ditanam lagi menunjukkan bahwa pada kultivar tersebut ada suatu gen yang memberikan keuntungan misal tahan terhadap hama atau penyakit yang pernah mewabah di wilayah tersebut.

Kelompok berikutnya ialah varietas lokal, secara tradisi selalu dibudidayakan oleh petani di wilayah tertentu. Kesenambungan praktik budidaya tersebut telah menunjukkan bahwa varietas tersebut selain mempunyai daya adaptasi terhadap lingkungan tertentu juga mempunyai daya adaptasi yang baik terhadap perubahan kondisi lingkungan yang berlangsung selama periode yang cukup lama.

Selain itu kelompok ini mungkin mengandung gen yang mengendalikan karakter yang spesifik yang menarik bagi petani yang membudidayakannya, massa rasa atau aroma tertentu. Eksplorasi terhadap varietas lokal mempunyai tujuan untuk mendapatkan gen-gen tersebut. Kelompok terakhir dari target eksplorasi adalah tumbuhan liar. Salah satu sifat tumbuhan liar yang tidak dipunyai oleh tanaman budidaya ialah mempunyai daya adaptasi terhadap lingkungan. Eksplorasi terhadap tumbuhan liar mempunyai sasaran untuk

menghimpun gen yang berhubungan dengan daya adaptasi terhadap lingkungan ekstrem, seperti kekeringan atau miskin hara.

Tahap selanjutnya adalah pengambilan contoh tanaman. Eksplorasi bertujuan untuk menjangkau alel atau genotipe baru yang mungkin muncul di alam. Metode yang digunakan harus sesuai dengan tujuan tersebut. Berdasarkan jenis keragaman yang terdapat pada tanaman tersebut dapat menentukan metode pengambilan sampel.

Pada dasarnya kita harus menentukan apakah kita akan memilih memperbanyak daerah pengambilan sampel, atau memperbanyak sampel dalam satu daerah pengambilan sampel. Untuk tanaman yang mempunyai keragaman intragalur yang rendah seperti tanaman yang diperbanyak secara vegetatif, atau tanaman yang menyerbuk sendiri maka strategi pengambilan sampel ialah memperbanyak wilayah pengambilan sampel. Pada tanaman menyerbuk silang akan terdapat keragaman populasi yang tinggi, maka strategi pengambilan sampel diarahkan untuk memperbanyak individu di dalam setiap wilayah pengambilan sampel.

Setelah melakukan eksplorasi tahap selanjutnya adalah inventarisasi dan evaluasi terhadap bahan hasil eksplorasi. Tujuan utama dari evaluasi ialah melihat gen yang terdapat pada bahan tersebut. Jika eksplorasi ini dilakukan oleh pusat koleksi plasma nutfah maka akan membandingkan gen-gen tersebut dengan gen yang telah ada pada bahan yang sudah terdapat pada hasil koleksi, apakah eksplorasi menghasilkan gen-gen baru.

Salah satu tahap evaluasi yang dilakukan adalah penyusunan deskriptor dan data dasar. Tahapan awal dari evaluasi ialah penyusunan matriks data, dan menyimpannya dalam suatu “file” komputer, membentuk suatu data dasar. Untuk setiap asersi akan dicatat sifat-sifat atau lokus yang terdapat dalam descriptor komoditas tersebut.

Deskriptor ialah daftar sifat atau lokus penting yang perlu diketahui untuk suatu komoditas atau kultivar. Daftar sifat yang terdapat dalam descriptor suatu kultivar kadang-kadang berbeda dari satu pusat koleksi ke pusat koleksi yang lain, tergantung pada “*interest*” serta kemampuan analisis pusat-pusat tersebut. Misal suatu pusat memasukkan lokus-lokus dengan marka molekuler, sedangkan pusat lain hanya mencatat sifat morfologi dan agronomi saja.

Secara umum deskriptor akan berisi sifat-sifat yang dapat diamati di lapangan dan sifat-sifat yang diamati melalui analisis laboratorium, Sifat-sifat tersebut

dapat meliputi sifat morfologi yang tidak berhubungan dengan produksi, sebagai contoh warna bunga, warna biji, bentuk daun. Keberadaan bulu pada daun dan polong. Sifat agronomis yang mendukung produksi, misalnya umur, tinggi tanaman, jumlah buku, jumlah anakan tiap rumpun, jumlah polong, jumlah malai tiap rumpun dan jumlah gabah permalai, ukuran biji, bobot biji tiap tanaman. Sifat yang berhubungan dengan ketahanan terhadap hama dan penyakit, misalnya ketahanan terhadap penyakit yang disebabkan bakteri, ketahanan terhadap penyakit yang disebabkan oleh fungi, ketahanan penyakit yang disebabkan oleh virus, ketahanan terhadap hama.

Sifat yang berhubungan dengan adaptasi terhadap lingkungan abiotik, misalnya daya adaptasi terhadap lingkungan pH rendah (asam) daya adaptasi terhadap lingkungan bergaram, daya adaptasi terhadap kekeringan. Sifat kimia yang berhubungan dengan nutrisi, misalnya adalah kandungan protein kandungan lemak, minyak kandungan pati kandungan gula. Sifat yang berhubungan dengan enzim-enzim penting dalam metabolisme, sebagai contoh rubisco. Penanda genetik tertentu baik secara molecular atau non molekuler contohnya adalah isoenzim penanda DNA.

Berikut adalah contoh deskriptor sederhana pada kedelai, yang digunakan dalam melepas varietas baru terdiri atas produksi biji rata-rata, warna hipokotil, warna epikotil, warna kotiledon, warna bulu, warna bunga, warna kulit biji, warna polong masak, warna hilum, bentuk biji, bentuk daun, tipe tumbuh, umur berbunga, umur saat panen, tinggi tanaman, percabangan, bobot 100 biji, kandungan protein, kandungan lemak, kandungan air, kerebahan, ketahanan terhadap penyakit.

Keseluruhan data akan membentuk suatu matriks, dengan baris tersusun oleh data setiap aksesi, dan lajur tersusun data setiap sifat. Data ini disimpan dalam file database yang dapat dimanfaatkan untuk analisis data atau oleh para peneliti yang memerlukan informasi tentang koleksi plasmanutfah yang ada. Setelah mengetahui sifat-sifat penting tahapan berikutnya adalah melakukan analisis terhadap bahan-bahan hasil eksplorasi.

Analisis meliputi:

1. penghitungan jumlah ciri/alel yang terdapat dalam setiap lokus;
2. keragaman untuk setiap lokus/sifat;
3. mencari ciri/alel baru;
4. klasifikasi atau pengelompokan bahan berdasarkan kesamaan genetiknya, dan;

5. analisis genetik (Jusuf, 2008).

8.3 Koleksi Sumber Daya Hayati

Ada empat tempat atau lokasi utama untuk dapat melakukan koleksi:

1. lahan petani;
2. pekarangan;
3. pasar, dan;
4. habitat liar (Ford Lloyd dan Jackson, 1986).

Masing-masing tempat tersebut memiliki tujuan koleksi sendiri-sendiri. Pada saat melakukan koleksi, maka dokumentasi lapang berkaitan dengan tempat, waktu dan kode yang diberikan terhadap koleksi harus jelas, selain tentu saja karakteristik koleksi agar tidak terjadi keraguan dan duplikasi plasma nutfah dalam penggunaannya.

Dalam melakukan koleksi, maka perlu dipahami strategi sampling yang dilakukan. Sampling acak umumnya dilakukan pada habitat liar sedangkan *purposive sampling* (sampling secara sengaja) dilakukan tanaman yang memiliki karakter yang telah ditentukan sebelumnya. Pada prinsipnya, koleksi yang dilakukan harus dapat mencakup semua keragaman genetik yang ada, mencakup semua kemungkinan kombinasi alel dan heterozigositas yang ada.

Istilah deskriptor (descriptor) digunakan untuk menjelaskan karakteristik dari tumbuhan/tanaman yang dikoleksi. IBPGR (International Board of Plant Genetic Resources) telah mengeluarkan 4 kelompok deskriptor, meliputi:

1. data paspor;
2. data karakterisasi;
3. data evaluasi awal, dan;
4. data evaluasi lengkap.

Bahan dan alat yang dibutuhkan adalah tanaman utuh sebagai sumber plasma nutfah, jangka sorong, color chart, kuesioner, meteran, kantong plastik, kamera digital, kertas label, pisau, gunting, sabit, GPS (Global Positioning System), mistar, tisu, dan alat tulis. Pelaksanaan meliputi penentuan satu komoditas

tanaman yang akan dilakukan serangkaian tahapan pelestarian plasma nutfahnya dari daerah asal masing-masing.

Jika berasal dari kota Padang, maka dapat melakukan eksplorasi untuk tanaman pare, gambas, dan mentimun untuk tanaman sayuran dan kuini, ambacang dan pauh untuk tanaman buah-buahan. Selanjutnya dapat dilakukan survei pendahuluan dengan mengumpulkan data yang memuat tentang keberadaan populasi tanaman yang berada di daerah tersebut dari pemilik tanaman, penduduk, tokoh masyarakat setempat, PPL (petugas penyuluh lapangan) ataupun berupa pencarian langsung di lapangan.

Informasi mengenai komoditas tanaman juga dapat diperoleh dari pasar tradisional. Tipe plasma nutfah yang menjadi perhatian juga harus diketahui, apakah merupakan laras atau varietas lokal, varietas yang dikembangkan petani, varietas komersial atau kerabat liar. Sebelum melakukan eksplorasi dan koleksi material tanaman, maka sudah harus dipersiapkan peralatan yang digunakan, anggota tim yang melakukan eksplorasi dan koleksi, perencanaan rute eksplorasi dan waktu melakukan eksplorasi.

Selanjutnya adalah melakukan eksplorasi untuk mengetahui keberadaan tanaman berdasarkan data pendahuluan. Selain itu juga melakukan penilaian untuk menetapkan tanaman yang akan dipilih sebagai sampel. Berikan nama untuk kode akses yang meliputi kode lokasi dan tanaman sampel. Selain itu dapat menggunakan GPS untuk menentukan koordinat pohon ataupun populasi tanaman yang menjadi akses. Tandai atau label tanaman jika diperlukan untuk memudahkan pengambilan data, terutama jika dilakukan pengamatan secara berulang.

Karakterisasi berdasarkan panduan deskriptor tanaman dengan mengamati, mengukur dan mendokumentasikan secara langsung karakter yang diamati. Banyaknya sampel yang diambil tergantung dari keberadaan tanaman di lapangan dengan seluruh keragaman yang dimiliki. Jika eksploitasi dilakukan pada tanaman yang menghasilkan benih, maka benih harus dipanen dan diproses serta disimpan sedemikian rupa untuk tetap mempertahankan viabilitas dan vigor benih.

Jika eksplorasi dilakukan terhadap tanaman yang dapat diperbanyak secara vegetatif, maka bagian vegetatif tanaman tersebut (daun, batang, umbi) dibawa dan ditanam di kebun koleksi (Hayati et al., 2018).

8.4 Contoh Eksplorasi dan Koleksi Beberapa Tumbuhan

Rustini et al. (2015) telah melakukan eksplorasi dan koleksi tanaman pangan di Jawa Tengah. Inventarisasi dan eksplorasi tanaman pangan dilaksanakan mulai bulan April sampai dengan Juli 2003, bekerja sama dengan dinas terkait di empat kabupaten, yaitu: Wilayah Tegal, Brebes, Banjarnegara, dan Karanganyar. Inventarisasi dilaksanakan terhadap semua jenis tanaman yang ditanam petani sampel di pekarangan maupun luar pekarangan.

Sementara eksplorasi hanya dilakukan terhadap SDG yang sudah dianggap "langka", yaitu jenis tanaman yang memang sudah berstatus sebagai tanaman langka, ataupun tanaman yang sebelumnya telah dikenal dan dimanfaatkan oleh masyarakat yang saat ini sulit ditemukan. Sampel petani yang dipilih berada dalam minimal satu zona agroekologi atau wilayah administrasi. Setiap satuan wilayah tersebut diambil minimal 30 sampel petani.

Dalam kaitan ini dilakukan penggalian informasi keberadaan contoh tanaman, pengumpulan contoh tanaman dan deskripsi tanaman dan dilanjutkan dengan konservasi tanaman hasil eksplorasi. Eksplorasi didukung oleh keterangan petani tentang preferensi mereka terhadap SDG tanaman. Keterangan tersebut berupa tempat tumbuh tanaman yang akan dijadikan per-timbangan dalam karakterisasi dan deskripsi.

Eksplorasi SDG tanaman pangan dilakukan secara purposive terhadap beberapa lokasi sentra produksi, daerah produksi tradisional, daerah terisolir, daerah pertanian lereng-lereng gunung, pulau terpencil, daerah suku asli, daerah dengan sistem pertanian tradisional/belum maju, dan daerah yang masyarakatnya menggunakan komoditas yang bersangkutan sebagai makanan pokok/utama/penting. Hasil menunjukkan bahwa dari sekian jenis tanaman pangan (padi-Oryza sativa, jagung-Zea mays, kedelai-Glycine max dan umbi-umbian) yang diinventarisasi, padi merupakan jenis yang paling banyak aksesinya, diikuti ubi kayu dan talas.

Talas terdiri dari dua:

1. Spesies yaitu dari jenis talas (*Colocasia esculenta*) dan belitung (*Xanthosoma sagittifolium*).
2. Umbi minor seperti uwi (*Dioscorea* sp.), suweg (*Amorphophallus campanulatus*), gembili (*Dioscorea esculenta* L.), ganyong (*Canna edulis*), dan garut (*Marantha arundinacea* L.) serta umbi lainnya yang ditemukan dalam skala budidaya kecil. Jenis pangan lain adalah kacang-kacangan lokal seperti kacang hijau dan kacang minor, yang ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit.

Indonesia memiliki sumber daya genetik yang beraneka ragam. Oleh karena itu perlu dilakukan eksplorasi secara besar besaran supaya plasma nutfah sejumlah varietas lokal tidak hilang. Tujuan penulisan adalah mengetahui informasi mengenai jenis pisang di Kabupaten Agam, Kendari, dan Aceh Besar serta mengetahui studi kekerabatannya.

Metodenya adalah studi pustaka beberapa data kuantitatif di berbagai daerah. Jenis pisang di kabupaten Agam terdapat 20 jenis pisang, di kabupaten Kendari terdapat 12 jenis pisang sedangkan di Kabupaten Aceh Besar terdapat 20 jenis pisang. Di Kabupaten Agam, hubungan kekerabatan yang paling dekat adalah pisang siraoak dan tembaga.

Sedangkan yang paling jauh adalah pisang sirandah tinggi. Di kabupaten Kendari, hubungan kekerabatan yang paling dekat adalah pisang sereh dan pisang raja. Yang paling jauh pisang tembaga dan tanduk. Di Kabupaten Aceh Besar, hubungan kekerabatan yang paling dekat yaitu pisang klat barat, swasa dan mas Aceh, dan paling jauh yaitu pisang kepok I (Suryani dan Owbel, 2019).

Kalimantan Tengah dengan luas wilayah 15.380.000 ha atau 7,93% dari luas Indonesia banyak menyimpan keanekaragaman hayati (biodiversity), antara lain tanaman obat. Tanaman obat banyak tersebar di daerah-daerah pedalaman dan kawasan hutan Kalimantan Tengah yang merupakan habitat alami tanaman tersebut. Adanya eksploitasi hutan dan industri perkayuan yang semakin meningkat, kebakaran hutan serta pembukaan hutan untuk perkebunan, tambang dan pemukiman transmigrasi, maka spesies-spesies tanaman obat dan hias dikhawatirkan akan punah.

Sebagian kecil masyarakat setempat sudah mengusahakan tanaman obat sebagai obat tradisional yang diambil baik dari akar, daun maupun buah, tetapi belum terinventarisasi dengan baik. Oleh karena itu, perlu adanya upaya perlindungan dan inventarisasi tanaman obat sebagai pengetahuan tradisional dan kekayaan intelektual, yang pada waktunya nanti diperlukan sebagai referensi dalam pengembangan lebih lanjut.

Kegiatan eksplorasi dilakukan di lima kabupaten yaitu Katingan, Gunung Mas, Kapuas, Barito Timur dan Seruyan, mulai bulan Maret sampai dengan Desember 2009. Tujuan kegiatan ini adalah Mendapatkan informasi tentang jenis dan karakteristik tanaman obat dan tanaman hias secara *ex situ*, dokumentasi serta informasi pemanfaatannya oleh masyarakat lokal. Metode kegiatan yang digunakan meliputi (1). Eksplorasi, (2). Karakterisasi, dan (3). Konservasi *ex situ*, tiap kegiatan diikuti dengan dokumentasi data. Hasil kegiatan adalah berupa koleksi secara *ex situ* tanaman obat sebanyak 19 aksesi, karakterisasi dan dokumentasi dari aksesi koleksi (Galingging, 2012).

Selama ini sudah banyak jenis tumbuhan yang dimanfaatkan oleh suku Muna di Kota Wuna. Permasalahannya adalah bahwa sampai saat ini belum ada identifikasi yang jelas tentang nama-nama jenis tumbuhan tersebut secara ilmiah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah dan jenis tumbuhan obat yang dimanfaatkan oleh suku Muna di Permukiman Kota Wuna, khasiat dan organ tumbuhan yang dimanfaatkan.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga November 2013, bertempat di Pemukiman Kota Wuna Kecamatan Tongkuno Kabupaten Muna Provinsi Sulawesi Tenggara. Penelitian ini menggunakan metode survei dan wawancara. Identifikasi jenis tumbuhan obat dilakukan dengan mencocokkan ciri-ciri yang ada dengan gambar yang mengacu pada buku identifikasi tumbuhan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 34 koleksi tumbuhan yang berkhasiat sebagai obat tradisional yang dimanfaatkan oleh masyarakat di Pemukiman Kota Wuna. Dari 34 jenis yang dimanfaatkan tersebut, 31 koleksi telah teridentifikasi nama ilmiahnya dan 3 koleksi tidak dapat diidentifikasi nama ilmiahnya (Jumiarni dan Komalari, 2017).

Daftar Pustaka

- Abdullah, Marleng dan Rina Maryana. (2015). *Hukum Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya*, Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Abidin, Z., Purnomo, Pradhana, C. (2020). “Keanekaragaman Hayati Sebagai Komunitas Berbasis Autentitas Kawasan,” Jombang. Fakultas Pertanian Universitas KH.A. Wahab Hasbullah. hal. 136.
- Adom, D. et al. (2019) ‘The Concept of Biodiversity and its Relevance to Mankind: A Short Review’, *Journal of Agriculture and Sustainability*, 12(2), pp. 219–231. Available at: <http://infinitypress.info/index.php/jas/article/view/1801>.
- Agarwal, N., Singh, G. and Rawat, U. (2014) ‘Present status and threats to the Ichthyofaunal diversity of a snow fed river Nandakini in central Himalaya (Garhwal), India’, in Rawat, U. and Semwal, V. (eds) *Uttarakhand Disaster: Contemporary issue of Climate Change and Development with Holistic Approach*. Dehradun: Winsar Publication, pp. 173–182.
- Agarwal, N., Singh, G. and Singh, H. (2011) ‘Present status of Ichthyofaunal diversity of Garhwal Himalayan river Bhilangna and its tributaries with reference to changing environment’, *Environment Conservation Journal*, 12(3), pp. 101–108.
- Ajim, Nanang. (2019). *Food Chains in Rice Field Ecosystems*. <https://www.youtube.com/watch?v=nbflehSrNRO>
- Alberti, M. (2005). “The Effect of Urban Patterns on Ecosystem Function” *International Regional Science Review* 28 (2): hal. 168-192.
- Alfiani, M. (2014). “Keanekaragaman Hayati,” Program studi Pendidikan Biologi. Univeristas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. hal. 45.

- Almenda. (2015). Cagar Alam Batu Gajah Simalungun, Sumatera Utara. <https://Alamendah.Org/2015/10/31/Cagar-Alam-Batu-Gajah-Simalungun-Sumatera-Utara/#:~:Text=Cagar%20Alam%20Batu%20Gajah%20merupakan,Batu%20yang%20dipahat%20menyerupai%20gajah.>
- Ardhana, I. P. G. (2010). Konservasi Keanekaragaman Hayati Pada Kegiatan Pertambangan di Kawasan Hutan di Indonesia. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 15(2), 71–77.
- Arida, E. A. (2009) ‘Genetika Populasi dan peranannya dalam usaha pelestarian Biawak Komodo’, Blog LIPI.
- Asril, M. and Leksikowati, S. (2019) ‘Isolasi dan Seleksi Bakteri Proteolitik Asal Limbah Cair Tahu Sebagai Dasar Penentuan Agen Pembuatan Biofertilizer’, *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, 5(2), pp. 86–99. doi: 10.22373/ekw.v5i2.4356.
- Asril, M. and Lisafitri, Y. (2020) ‘Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat Genus *Pseudomonas* dari Tanah Masam Bekas Areal Perkebunan Karet di Kawasan Institut Teknologi Sumatera’, *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(1), pp. 40–48. doi: 10.29122/JTL.V21I1.3743.
- Asril, M., Lisafitri, Y, et al. (2021) ‘Isolation, population, and selection of phosphate solubilizing bacteria from acid soils of Institut Teknologi Sumatera’ s Region, Lampung’, in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Lampung: IOP Publishihing, pp. 1–7. doi: 10.1088/1755-1315/830/1/012016.
- Asril, M., Lisafitri, Y. and Siregar, B. A. (2020) ‘A Possibility of Proteolytic Bacteria Utilization to Control *Ralstonia solanacearum* 59 in Vitro’, in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. doi: 10.1088/1755-1315/537/1/012040.
- Asril, M., Lisafitri, Y. and Siregar, B. A. (2022) ‘Antagonism Activity of Phosphate Solubilizing Bacteria Against *Ganoderma philippii* and *Fusarium oxysporum* of Acacia Plants’, *Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science*, 2(2), pp. 82–89. doi: 10.47352/JMANS.2774-3047.118.
- Asril, M., Lisafitri, Yuni, et al. (2021) ‘Assessment of Phosphate Solubilization and Indole Acetic Acid Production of Phosphate Solubilizing Bacteria Isolated from Acid Soils, Lampung, Indonesia’, *Proceedings of the 3rd*

- KOBI Congress, International and National Conferences (KOBICINC 2020), 14, pp. 469–477. doi: 10.2991/ABSR.K.210621.080.
- Asril, M., Mubarik, N. R. and Wahyudi, A. T. (2014) ‘Partial purification of bacterial chitinase as biocontrol of leaf blight disease on oil palm’, *Research Journal of Microbiology*, 9(6), pp. 265–277. doi: 10.3923/jm.2014.265.277.
- Asril, M., Oktaviani, I. and Leksikowati, S. (2019) ‘Isolasi Bakteri Indigineous dari Limbah Cair Tahu dalam Mendegradasi Protein dan Melarutkan Fosfat’, *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(1), pp. 67–72. doi: 10.29122/JTL.V20I1.3132.
- Attuquayefio, D. and Fobil, J. (2005) ‘An overview of Biodiversity Conservation in Ghana: Challenges and prospects’, *West African Journal of Applied Ecology*, 7, pp. 1–18. Available at: <http://www.sciepub.com/reference/179141> (Accessed: 23 April 2022).
- Ayoade, A., Agarwal, N. and Chandola-Saklani, A. (2009) ‘Changes in Physico-chemical Features and Plankton of Two Regulated High Altitude Rivers, Garhwal Himalaya, India’, *European Journal of Scientific Research*, 27(1), pp. 77–92.
- Baiquni, A. (2020). Pertamina Ajak Generasi Kekinian Lestarian Keanekaragaman Hayati. <https://www.dream.co.id/dinar/pertamina-ajak-generasi-kekinian-lestarian-keanekaragaman-hayati-2009181.html>.
- BAPPENAS (2016) “Indonesian Biodiversity : Strategy and Action Plan 2015-2020”. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional. 320 hal.
- Barbour GM, Burk JK , Pitts WD. (1987). “Terrestrial Plant Ecology” New York: The Benyamin/Cummings Publishing Company, Inc
- Biomimicry Institute (2009) Secrets Of The Sandcastle Worm Could Yield A Powerful Medical Adhesive, American Chemical Society. Available at: <https://www.sciencedaily.com/releases/2009/08/090817184433.htm> (Accessed: 23 April 2022).
- Blegur, W. A., Djohan, T. S., & Ritohardoyo, S. (2017). Vegetasi Habitat Komodo dalam Bentang Alam Riung dan Pulau Ontoloe di Nusa Tenggara Timur. *Majalah Geografi Indonesia*, 31(1), 95. <https://doi.org/10.22146/mgi.24530>

- Budiasmoro. (2006). "Konsep Biodiversitas dalam Pembelajaran Sains dengan Pendekatan Keterampilan Proses," <http://files.wordpress.com/2006/12/biodiversitas2.pdf>. [8 April 2022].
- Cardinale, B. J. et al. (2012) 'Biodiversity loss and its impact on humanity', *Nature*, 486(7401), pp. 59–67. doi: 10.1038/NATURE11148.
- Champbell, R. (2012). "Biologi Edisi Ke Delapan Jilid 1," Jakarta: Erlangga.
- Cho, R. (2011) What You Can Do to Protect Biodiversity, www.earth.columbia.edu. Available at: <https://news.climate.columbia.edu/2011/04/30/what-you-can-do-to-protect-biodiversity/> (Accessed: 23 April 2022).
- Curtin, J. and Margolis J (2008) 'National Parks, National Legacy', *JournalUSA*, 13(7), pp. 3–53. Available at: <http://www.america.gov/publications/ejournals.html>. (Accessed: 23 April 2022).
- Darwiati, W. (2008). Keragaman dan Konservasi Genetik Tanaman Hutan Resisten terhadap Hama Penyakit. *Mitra Hutan Tanaman*. Vol 3 No. 1. Pp. 43-50.
- Daryono, H. (2009). Potensi, permasalahan dan kebijakan yang diperlukan dalam pengelolaan hutan dan lahan rawa gambut secara lestari (. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 6(2), 71–101.
- Deni, Bram. (2014). *Politik Hukum Lingkungan Hidup*, Cetakan Pertama. Malang: Setara Press.
- Dobzhansky, T. (1982) *Genetics and the Origin of Species*. Columbia university press.
- Dumont, E. (2012) 'Estimated impact of global population growth on future wilderness extent', *Earth Syst. Dynam. Discuss*, 3, pp. 433–452. doi: 10.5194/esdd-3-433-2012.
- Effendi, C. (2010). "Struktur Komunitas Serangga Predator Coccinellidae pada Ekosistem Pertanian Organik dan Konvensional di Sumatera Barat". [Skripsi]. Padang. Fakultas Pertanian Universitas Andalas.
- Ehrenfeld, D. W. (1972) *Conserving life on earth*. Oxford: Oxford University Press.

- Ehrlich, P. and Ehrlich, A. (1992) 'The value of biodiversity', *Ambio*, 21(3), pp. 219–226. Available at: <https://www.ecolex.org/details/literature/the-value-of-biodiversity-ana-047263/> (Accessed: 23 April 2022).
- Emil, Salim. (1999). *Pembangunan Lingkungan Berkelanjutan*. Jakarta: Prisma.
- Erwin, T. L. (1982) 'Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species', *The Coleopterists Bulletin*.
- Evi Apriana, M. R. (2019). Kawasan Konservasi Aceh dan Pemanfaatannya Dalam Pembelajaran Biologi Konservasi. In *Jurnal Biology Education* (Vol. 7, Issue 1).
- Fachrul, MF. (2007). "Metode Sampling Bioekologi". Jakarta: Bumi Aksara.
- FAO (1997) *The State of The World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fatma, D. (2016). Ekosistem air laut: Pengertian ciri dan jenisnya. <https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/laut/ekosistem-air-laut>
- Febriansyah, R., Agustriani, F., & Agussalim, A. (2019). Analisis Vegetasi Dan Pemanfaatan Mangrove Oleh Masyarakat Di Solok Buntu Taman Nasional Sembilang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Journal of Tropical Marine Science*, 2(1), 15–22. <https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v2i1.670>
- Field, R. et al. (2009) 'Spatial species-richness gradients across scales: a meta-analysis', *Journal of Biogeography*, 36(1), pp. 132–147. doi: 10.1111/J.1365-2699.2008.01963.X.
- Friscarnela, R. B., Hidayat, J. T., & S, M. Y. (2018). Identifikasi Fungsi Kebun Raya Bogor Sebagai Ruang Terbuka Hijau (RTH) Publik. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 1(1), 1–6.
- Galingging, R.Y. (2012) "Potensi Eksplorasi dan Koleksi Plasma Nutfah Tanaman Obat Khas Kalimantan Tengah," *Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Genetik dan Pemuliaan*.
- Gaston, K. J. (2000) 'Global patterns in biodiversity', *Nature*, 405(6783), pp. 220–227. doi: 10.1038/35012228.
- Green, R. E. et al. (2004) 'Diclofenac poisoning as a cause of vulture population declines across the Indian subcontinent', *Journal of Applied Ecology*, 41(5), pp. 793–800. doi: 10.1111/J.0021-8901.2004.00954.X.

- Gusti, M. (2022). Harimau Sumatera Hadang Ekskavator Pekerja Pembukaan Lahan di Pasbar. <https://www.kabarsumbar.com/Berita/Harimau-Sumatera-Hadang-Ekskavator-Pekerja-Pembukaan-Lahan-Di-Pasbar/>.
- Hamdan, H., Achmad, A., & Mahbub, A. S. (2017). Persepsi Masyarakat terhadap Status Kawasan Suaka Margasatwa Ko'mara Kabupaten Takalar. *Jurnal Hutan Dan Masyarakat*, 9(2), 105. <https://doi.org/10.24259/jhm.v9i2.2974>
- Harefa, M. S., Bobby, P., & Amri, S. (2020). Analisis Konservasi Ekosistem Hutan Mangrove Daerah Pesisir Kampung Nipah Kecamatan Perbaungan. *Jurnal Georafflesia*, 5(3), 112–123.
- Hayati, P.K.D., Setiawan, R.B., Swasti E., Yusniwati, Ardi, Suliansyah, I. (2018) “Penuntun Praktikum Keanekaragaman Hayati dan Plasma Nutfah.
- Indonesia, W. (2017). Pulau Komodo Nusa Tenggara Timur Pusat Habitat Asli Komodo Indonesia. <https://wisatasekitarmu.blogspot.com/2017/01/pulau-komodo-nusa-tenggara-timur-pusat.html>.
- Ingold, T. (1992) ‘Culture and the perception of the environment’, in Croll, E. and Parkin, D. (eds). London: Forest Farm. Available at: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB9131736> (Accessed: 23 April 2022).
- Isroi. (2008). Kompos. Bogor. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia.
- Jumiarni, W.O dan Komalasari, O. (2017) “Eksplorasi jenis dan Pemanfaatan Tumbuhan Obat pada Masyarakat Suku Muna di Pemukiman kota Muna,” *Traditinal Medicine Journal* 22(1). Jumiarni, W.O. dan Komalasari, O. (2017) Web-based instruction. *Educational Technology*.
- Jusuf, M. (2008) “Metode Eksplorasi, Inventarisasi, Evaluasi dan Konservasi Plasma Nutfah. <https://anekaplanta.wordpress.com/2008/01/13/metode-eksplorasi-inventarisasi-evaluasi-dan-konservasi-plasmanutfah/>
- Keputusan Presiden No. 48 Tahun 1991 Tentang Ratifikasi Konvensi Ramsar Negara Indonesia.
- Khoiri Rustandi, A., Fadly, R., & Aminudin, C. (2020). Identifikasi Manajemen Kolaborasi Pengelolaan Taman Nasional Laut di Indonesia. *Jurnal*

- Ekologi, Masyarakat Dan Sains, 1(1), 37–43.
<https://doi.org/10.55448/ems.v1i1.5>
- Kita, R. (2020). Taman Nasional Sembilang – Sejarah, Flora Fauna & Wisata.
<https://Rimbakita.Com/Taman-Nasional-Sembilang/>.
- Kompasiana (2022) Mengenal Biota Laut: Caulerpa lentillifera, Nikmatnya Anggur Laut Bernutrisi, Kompasiana.com.
- Koompasia.com (2015).Kerusakan Hutan Tropis Indonesia dan Belajar dari Kearifan Budaya Lokal yangb Ramah Lingkungan..
<https://www.kompasiana.com/architectur034/552fc6916ea834ec378b4594/kerusakan-hutan-tropis-indonesia-dan-belajar-dari-kearifan-budaya-lokal-yang-ramah-lingkungan>
- Krebs, C.J. 2000.“Ecological Methodology”. 2n Edition. New York: Benjamin Cummings
- Kresnoadi (2022) Keanekaragaman Hayati: Tingkat Genetik, Individu, dan Ekosistem, ruangguru.com.
- Krismawati, A., Sabran, M. (2004) “Pengelolaan Sumber Daya Genetik Tanaman Obat Spesifik Kalimantan Tengah,” Buletin Plasma Nutfah 12(1):16.
- Krohne, D. T. (2001) General ecology. Brooks/Cole Publishing Company.
- Kunarso, A., Anugrah Syabana, T. A., Mareti, S., Azwar, F., Kharis, T., & Nuralamin, N. (2019). Analisis Spasial Tingkat Kerusakan Kawasan Suaka Margasatwa Padang Sugihan Sumatera Selatan. Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam, 16(2), 191–206.
<https://doi.org/10.20886/jphka.2019.16.2.191-206>
- Kuncari, E. S. (2011). Keanekaragaman Tumbuhan Pangan Di Hutan Dataran Rendah Ketambe, Taman Nasional Gunung Leuser. Berk. Penel. Hayati, 5, 21–24.
- Kurnia, V.C., Sumiyati, S. and Samudro, G., (2017). Pengaruh kadar air terhadap hasil pengomposan sampah organik dengan metode open windrow. Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana, 6(2), pp.119-123.
- Kurniawan S. (2013). Definisi dan sejarah Aquarium.
<https://shaniaherlinakurniawan.wordpress.com/2013/04/16/definisi-dan-sejarah-akuarium/>

- Kusumo, S. M., Hasanah, S., Moeljopawiro, M., Subandrijo, A., Hardjamulia, A., Nurhadi, Kasim. (2002) "Pedoman Pembentukan Komisi Daerah Plasma Nutfah," Komisi Plasma Nutfah. Bogor.
- Laverty, M.F., E.J, Sterling dan E.A. Jhonson (2003)"Why is Biodiversity Important?Presentation Working, UNCBD version.
- Leksono, A. S. (2010) Keanekaragaman hayati. Universitas Brawijaya Press.
- LIPI (2014) "Data perkembangan spesies ikan di DAS Ciliwung dan Cisadane", <https://www.lipi.go.id>
- Magurran, AE. (2004). "Measuring Biological Diversity". Oxford: Blackwell Publishing Company
- Mahatma, B. (2018). Apa saja jenis-jenis hutan bakau atau hutan mangrevo. <https://www.Dictio.Id/t/Apa-Saja-Jenis-Jenis-Hutan-Bakau-Atau-Hutan-Mangrove/70634>.
- Majid, I., Al Muhdar, M. H. I., Rohman, F., & Syamsuri, I. (2016). Konservasi Hutan Mangrove Di Pesisir Pantai Kota Ternate Terintegrasi Dengan Kurikulum Sekolah. BIOeduKASI, 4(2), 488–496. <https://media.neliti.com/media/publications/89663-ID-konservasi-hutan-mangrove-di-pesisir-pan.pdf>
- Maulina, F. (2019). "Keanekaragaman Spesies dan Bioekologi Parasitoid Telur Walang Sangit (*Leptocoris oratorius* Fabricius) (Hemiptera: Alydidae) di Sumatera Barat". Disertasi. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. hal. 143.
- McPeck, M. A. and Brown, J. M. (2007) 'Clade age and not diversification rate explains species richness among animal taxa', *The American naturalist*, 169(4). doi: 10.1086/512135.
- Mora, C. et al. (2011) 'How many species are there on Earth and in the ocean?', *PLoS biology*, 9(8). doi: 10.1371/JOURNAL.PBIO.1001127.
- Mukharomah, E. (2021). Konsep Dasar Ekologi Tumbuhan. Bening Media Publishing . Palembang-Indonesia
- Mumpuni, K. E., Susilo, H., & Rohman, F. (2015). Peran Masyarakat dalam Upaya Konservasi The Role of Society Toward Concervation. Seminar Nasional XII Pendidikan Biologi FKIP UNS 2015, 779–782. <http://jmb.lipi.go.id/index.php/jmb/article/view/344/294>

- Muralidharan, S. et al. (2008) 'Persistent organochlorine pesticide residues in tissues and eggs of white-backed vulture, *Gyps bengalensis* from different locations in India', *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 81(6), pp. 561–565. doi: 10.1007/S00128-008-9529-Z.
- Myers, N. et al. (2000) 'Biodiversity hotspots for conservation priorities', *Nature* 2000 403:6772, 403(6772), pp. 853–858. doi: 10.1038/35002501.
- N. H. T. Siahaan. (2004). *Hukum Lingkungan dan Ekologi Pembangunan*, Edisi Kedua. Jakarta: PT. Glora Aksara Pratama.
- N. H. T. Siahaan. (2008). *Hukum lingkungan*, Cetakan Kedua, Edisi Revisi. Jakarta: Pancur Alam.
- Ngakan, P. O. (2019). *Konservasi Keanekaragaman Hayati Untuk Mewujudkan Pembangunan Berkelanjutan Di Indonesia*. Prosiding Semnas Biodiversity Conservation, 1–16. <https://fahut.untad.ac.id/wp-content/uploads/2019/04/1.-Ngakan-Putu-Oka.pdf>
- Njurumana, G. N., Marsono, D., Irham, & Sadono, R. (2014). *Konservasi keanekaragaman hayati tanaman pada sistem Kaliwu di Pulau Sumba*. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 21(1), 75–82.
- Nolan KA, Callahan, JE. (2006). "Beachcomber biology: The Shannon-Weiner Species Diversity Index". *Proceedings of the 27th Workshop/Conference of the Association for Biologi Laboratory Education (ABLE)*. Vol. 7. pp 334-338.
- Panca, Anang. (2016). *Graet Barrier Reef, Ekosistem Terumbu Karang Terbesar di Dunia yang "Telah Mati"*. <https://any.web.id/great-barrier-reef-ekosistem-terumbu-karang-terbesar-di-dunia-yang-telah-mati.info>
- Pearce, D., D. Moran dan D. Biller (2002) "Handbook of Biodiversity Valuation : a Guide for Policy Maker". *Organization for Economic Co-operation and Development*. France.
- Peraturan Presiden Nomor 2 Tahun 2015 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019.
- Prakash, V. (2007) 'Recent changes in populations of resident Gyps vultures in India', *Journal of Bombay Natural History Society*, 104(2), pp. 129–135. Available at: https://www.researchgate.net/publication/228495035_Recent_changes_i

- n_populations_of_resident_Gyps_vultures_in_India (Accessed: 23 April 2022).
- Prastyo, E., Ibrahim, P. A., & Armis, H. R. (2019). Konservasi Keanekaragaman Hayati Flora Dan Fauna Pada Site Plant Pt Polyrama Propindo. *Jurnal Rekayasa Teknologi Dan Sains*, 3(2), 72–76.
- Putrawan, IM. (2014). “Konsep-Konsep Dasar Ekologi dalam Berbagai Aktivitas Lingkungan”. Bandung, Alfabeta. hal: 180.
- Putri, Gl. S. (2022) Demi Keragaman Genetik, Kuda Przewalski Dikloning Pertama Kalinya, *Kompas.com2*.
- Qodriyatun, S. N. (2010). Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya dalam Kerangka Desentralisasi. *Konservasi Sumber Daya*, 15(3), 551–577.
- Rawat, G. (1998) ‘Temperate and alpine grasslands of the Himalaya: Ecology and conservation’, *Parks*, 8(3), pp. 27–36. Available at: https://www.researchgate.net/publication/284048403_Temperate_and_alpine_grasslands_of_the_Himalaya_Ecology_and_conservation (Accessed: 23 April 2022).
- Rawat, U. S. and Agarwal, N. K. (2015) ‘Biodiversity: Concept, threats and conservation’, *Environment Conservation Journal*, 16(3), pp. 19–28. doi: 10.36953/ecj.2015.16303.
- Redlist IUCN (2022) “Data Status Spesies Terancam Punah”, <https://www.iucnredlist.org>
- Retnaningdyah, C. (2019). *Blooming Microcystis di Ekosistem Air Tawar Dan Cara Pengendaliannya*. Penerbit UB Press.. 137nh11.
- Ronny Hanitijo Soemitro. (2007). *Metode Penelitian Hukum dan Jurimetri*. Jakarta: Rinneka Cipta.
- RunwayCR, 2019. *Penyelamatan Ekosistem Danau*. https://www.youtube.com/watch?v=wR4_B92RZR0
- Rustini, S., Sudaryono, T., Triastono, J., Cempaka, I.G. (2015) “Inventarisasi, Eksplorasi dan Upaya Koleksi Sumber Daya Genetik Tanaman pangan Jawa Tengah,” *Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Genetik Pertanian*.

- SAFANA, N. G. (2017). Keanekaragaman jenis burung di Taman Wisata Alam dan Cagar Alam Pananjung Pangandaran, Jawa Barat. 3, 266–272. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m030218>
- Sari, PS. (2021). “Begonia yang Cantik Si Pembawa Keberuntungan”. Berita Sumbar.com. 31 Oktober 2021.
- Sari, PS. (2022). “Menanam Bunga, Hobi Baru Wanita di Masa Pandemi Covid-19”. EON (Epitome of Nature). Majalah Pusat Pengajian Biologi, UiTM Cawangan Negeri Sembilan, Kampus Kuala Pilah, Negeri Sembilan. Januari 2022. Bilangan 4/2022.
- Setiawan, B. (2013). Keterlibatan Masyarakat Dalam Kegiatan Kepariwisata Di Taman Nasional Bunaken. *Jurnal Ilmiah Mimbar Demokrasi*, 12(2), 54–68. <https://doi.org/10.21009/jimd.v12i2.6285>
- Sibirian, R. (2006). Pengelolaan Taman Nasional Gunung Leuser Bagian Bukit Lawang Berbasis Ekowisata. *Jurnal Masyarakat Dan Budaya*, 8(1), 67–90.
- Sintesis, T., & Juanda, I. H. (2008). Pemanfaatan Dan Konservasi Ekosistem Lahan Rawa Gambut Di Kalimantan. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 1((2)), 149–156.
- Sodikin. (2007). *Penegakan Hukum Lingkungan*. Jakarta: Djambatan.
- Speight MR, Hunter MD, Watt AD. 1999. “Ecology of Insect: Concept and Application”. Blackwell Sci. 350.
- Sumarno, N. dan Zuraida, N. (2008) “Pengeloaan Plasma Nutfah Tanaman Terintegrasi dengan Program Pemuliaan,” *Buletin Plasma Nutfah* 14(2):57
- Suryani, R. dan Owbel (2019) “Pentingnya Eksplorasi dan Karakterisasi Tanaman Pisang sebagai Sumber Daya Genetik Tetap Terjaga,” *Agricultural Journal* Vol. 2 no. 2.
- Suryanto, D. et al. (2014) ‘Assay of antagonistic bacteria of single isolate and combination to control seedling-off in chili seed caused by *Fusarium oxysporum*’, *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 8(Spl. Edn. 2), pp. 645–650.

- Susilawati, A., Wahyudi, E., & Minsyah, N. (2017). Pengembangan teknologi untuk pengelolaan lahan rawa pasang surut berkelanjutan. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 6(1), 87–94. www.jlsuboptimal.unsri.ac.id
- Swasta, Ida Bagus J. (2018). *Bioekologi Ekosistem Laut dan Estuaria*. PT.Raja Grafindo Perkasa. 126 hal.
- Syafrie, H. (2018). Kajian Ekologis Dalam Kaitannya Dengan AKtifitas Pariwisata di Taman Nasional Laut Bunaken, Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Satya Minabahari*, 3(2), 129–136. <https://doi.org/10.53676/jism.v3i2.52>
- Syahrul, Machmud. (2012). *Hukum Lingkungan, Edisi Revisi, Cetakan III*. Bandung: Citra Bhakti.
- Syahrul, Machmud. (2012). *Penegakan Hukum Lingkungan Indonesia, Edisi Kedua*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Takacs, D. (1996) *The Idea of Biodiversity: Philosophies of Paradise*. Maryland: John Hopkins University Press. Available at: <https://philpapers.org/rec/TAKTIO> (Accessed: 23 April 2022).
- Tambunan GE, Tarigan MU, Lisnawita. (2013). “Indeks Keanekaragaman Jenis Serangga pada Pertanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Kebun Helvetia PT. Perkebunan Nusantara II”. *J. Agroekoteknologi* 1 (4).
- TAP MPR Nomor IX Tahun 2001 Tentang Pembaruan Agraria dan Pengelolaan Sumber Daya Alam.
- Tiryana, T., Rusolono, T., Siahaan, H., Kunarso, A., & ... (2016). Cadangan karbon hutan dan keanekaragaman flora di Sumatera Selatan. In Palembang: German [http://forclime.org/bioclime/bioclime.org/publications/Buku Cadangan_karbon_dan_kehati_Sumsel_GIZ-2_FINAL_with_cover_ISBN.pdf](http://forclime.org/bioclime/bioclime.org/publications/Buku_Cadangan_karbon_dan_kehati_Sumsel_GIZ-2_FINAL_with_cover_ISBN.pdf)
- Tittensor, D. P. et al. (2010) ‘Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa’, *Nature*, 466(7310), pp. 1098–1101. doi: 10.1038/NATURE09329.
- Undang-Undang Dasar Republik Indonesia Tahun 1945.

- Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2013 Tentang Pengesahan Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and The Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from Their Utilization to the CBD.
- Undang-Undang Nomor 12 Tahun 1992 Tentang Sistem Budi Daya Tanaman.
- Undang-Undang Nomor 20 Tahun 1982 Tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pertahanan Keamanan Negara Republik Indonesia.
- Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2004 Tentang Pengesahan Protokol Cartagena.
- Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 Tentang Pemerintahan Daerah.
- Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2014 Tentang Perkebunan.
- Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1982 Tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Kehutanan.
- Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1967 Tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Kehutanan.
- Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1990 Tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya.
- Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1994 Tentang Ratifikasi Konvensi Keanekaragaman Hayati.
- Undang-Undang Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Pemerintahan Daerah.
- Undang-Undang Nomor 9 Tahun 1985 Tentang Perikanan.
- Ustari, A. B. H. A. M., Iga, H. E. R. S., Oviandi, T. R. N., Ainuddin, A. Y. D. A. N. Z., Ipb, F. K., & Box, P. O. (2010). Kajian ekologi dan status keberadaan komodo (*Varanus komodoensis*) di pulau Padar Taman Nasional Komodo (Ecological study and status of komodo population *Varanus komodoensis* on Padar Island , Komodo National Park). *Media Konservasi*, 15(1), 13–20.

- Wardana, H.D. (2002) "Pemanfaatan Plasma Nutfah dalam Industri jamu dan Kosmetika Alami," *Buletin Plasma Nutfah* 8(2): 84-85.
- Widjaja, E. A. et al. (2014) *Kekinian keanekaragaman hayati Indonesia*, 2014. LIPI Press.
- Wikipedia. (2011). Taman Nasional Gunung Leuser. https://id.wikipedia.org/wiki/Taman_Nasional_Gunung_Leuser.
- Wiranda, J., Wibowo, H., & Yulianto, E. (2019). Kajian Revegetasi Lahan Basah Konservasi (Studi Kasus Sungai Kelik 2600 Ha). *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil ...*, 6(3), 1-7. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/38943>
- Wn.com, (2014). Biotic.Component. https://wn.com/biotic_component
- Wulandari,S. (2019). *Ekosistem Perairan*. Penerbit Alfrin. 60 hal.
- YOSL-OIC-PILI, K. (2018). Rencana Pengelolaan Kolaboratif Taman Nasional Gunung Leuser Bptn Wilayah Iii 2018 – 2023. 1-112.
- Yulianti. (2018). Konservasi Suaka Margasatwa Lamandau Berdasarkan Undang Undang Nomor 5 Tahun 1990 Tentang Konservasi. *Journal Konservasi*, 1(1), 21-32.
- Yulianto,A.A. (2009) . Pengolahan sampah terpadu Konversi sampah pasar menjadi kompos Berkualitas Tinggi. Jakarta Yayasan Danamon Peduli..
- Zuhri, M., & Sulistyawati, E. (2007). Pengelolaan Perlindungan Cagar Alam Gunung Papandayan Protection (Protection Management of Mount Papandayan). *Seminar Nasional Penelitian Lingkungan*, 3.

Biodata Penulis



Muhammad Asril lahir di Aceh Utara, pada 14 Februari 1990. Ia tercatat sebagai lulusan Sarjana Biologi Universitas Sumatera Utara dan Magister Mikrobiologi Institut Pertanian Bogor. Saat ini penulis bekerja sebagai Dosen Biologi-Divisi Mikrobiologi di Institut Teknologi Sumatera (ITERA), Lampung dengan alamat koresponden m.asril@bi.itera.ac.id. Selain itu, Sejak tahun 2020, penulis juga sedang menempuh pendidikan Doktor di Program Studi Mikrobiologi, IPB University. Ia aktif melakukan penelitian terkait biokontrol penyakit tanaman, bakteri pelarut fosfat dan bakteri Plant growth promoting bacteria (PGPB). Selain itu, penulis juga fokus pada pengembangan formulasi biofertilizer dari bakteri asal limbah cair tahu yang diberi nama "Proteolizer – Chili Booster" yang telah memenangkan penghargaan Juara 1 Apresiasi Anugerah Inovasi IPTEK 2020 Provinsi Lampung, Kategori Peneliti. Buku ini merupakan buku keenam yang ditulis oleh penulis, setelah sebelumnya menulis buku Penyakit Tanaman & Pengendaliannya, Teknologi Produksi Benih, Inovasi Produk Pertanian, Mikrobiologi Dasar dan Pengantar Perlindungan Tanaman.



Marulam MT Simarmata merupakan anak ke 8 dari pasangan Bapak Albinus Simarmata (+) dan Ibu R. Br. Purba. Lahir di Pematangsiantar pada 04 Desember 1971, menyelesaikan pendidikan Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Program Studi Kehutanan Universitas Simalungun tahun 1997 dan selanjutnya mengabdikan sebagai dosen Kehutanan di Fakultas Pertanian USI sampai dengan sekarang. Suami dari Roma Pardosi ini, menyelesaikan pendidikan Strata Dua Perencanaan Wilayah tahun 2011. Tahun 2021, terdaftar sebagai mahasiswa

Program Doktor di Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Sejak Tahun 2019 Bapak Patrick MT Simarmata, diberikan kepercayaan sebagai Ketua Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Simalungun (LPM-USI). Sejak Tahun 1990 terdaftar sebagai Relawan dan Pengurus PMI Kota Pematangsiantar sampai dengan sekarang.



Silvia Permata Sari lahir di Padang, pada 21 Mei 1986 sebagai anak pertama dari 5 bersaudara dari Bapak Syofyan Tanjung dan Ibu Kasmawati, S.Pd. Penulis lulus SD Negeri 30 Cengkeh tahun 1998, SLTP Negeri 11 Padang tahun 2001, dan SMA Negeri 4 Padang tahun 2004. Kemudian menempuh pendidikan Sarjana (S1) di Fakultas Pertanian Universitas Andalas tahun 2004 dan lulus tahun 2008 dengan predikat lulusan terbaik. Setelah lulus S1, penulis mendapatkan beasiswa fasttrack untuk pendidikan Magister (S2) di Universitas Andalas tahun 2008 dan lulus dengan predikat Cumlaude (Dengan Pujian) tahun 2010. Setelah lulus S2, penulis mengikuti tes CPNS dan dinyatakan lulus sebagai dosen Fakultas Pertanian tahun 2010. Kemudian penulis pernah mewakili Indonesia dalam kegiatan pengembangan Gandum Tropis ke Slovakia, Eropa Timur tahun 2012. Sepulang dari Slovakia, penulis mendapatkan beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) dari Kemeristek Dikti untuk pendidikan Doktor (S3) pada Program Studi Entomologi di Institut Pertanian Bogor (IPB). Penulis menikah dengan Lakry Maltaf Putra, M.Kom tahun 2016 dan dikaruniai 3 orang anak selama pendidikan Doktor yaitu: Alfi Anlavia, Ihsan Anniversary Anlavia, dan Almahyra Dinar Anlavia. Pada tahun 2018, penulis memutuskan pindah (transfer) ke program studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas dengan status izin belajar dan lulus tahun 2022. Penulis aktif mengikuti kegiatan mengajar, penelitian, pengabdian kepada masyarakat, seminar nasional, seminar internasional, serta menulis artikel di media massa lokal maupun internasional.



Ir. Indarwati, MS Lahir di Klaten Tahun 1962. Menamatkan Kuliah S1 di Fakultas Pertanian Universitas Gajah Mada Yogyakarta Th 1986. Kemudian Th 1991 Penulis kembali ke UGM melanjutkan pendidikan di Pasca Sarjana (S2) Bidang Ilmu Pertanian dan berhasil selesai Tahun 1993. Menjadi Dosen di Fakultas Pertanian Universitas Wijaya Kusuma Surabaya Tahun 1987 sampai sekarang. Pengalaman Struktural di Fak Pertanian UWKS : pernah Menjabat sebagai Kepala Laboratorium , Sekretaris Program Studi; Ketua Program Stusi Agroteknologi, Wakil Dekan Bidang I , dan sekarang menjadi Wakil Dekan II merangkap Wakil Dekan Bidang IV di FP- UWKS. Dalam buku : KEANEKARAGAMAN HAYATI ini penulis “MENYUSUN “BAB IV : “KEANEKARAGAMAN EKOSISTEM”.

Contact Person (WA) : 081330931806.



Ryan Budi Setiawan Lahir di Wonogiri, pada 4 Februari 1990. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Andalas (S1) dan Institut Pertanian Bogor (S2). Pria yang kerap disapa Ryan ini adalah anak dari pasangan Nardi (ayah) dan Karti (ibu). Saat ini penulis berprofesi sebagai Dosen di Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Penulis mendalami bidang pemuliaan dan bioteknologi tanaman terutama berkaitan dengan pemuliaan invitro dan konservasi plasma nutfah



Arsi, SP, M.Si, Lahir di Jungkal, Kecamatan Pampangan . Lulus dari Pendidikan S-1 Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Sriwijaya (UNSRI) Sumatera Selatan tahun 2008, S-2 Ilmu Tanaman Bidang Kajian Umum Proteksi Tanaman Universitas Sriwijaya (UNSRI) Sumatera Selatan tahun 2014. Penulis Sebagai Tenaga Pengajar S-1 Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya (UNSRI) Sumatera Selatan dari tahun 2015 sampai sekarang. Buku yang terbit tahun 2021 Judul Budidaya Tanaman Sehat Secara Organik, Pengantar Ekologi Serangga, Dasar-Dasar

Perlindungan tanaman dan Agroklimatologi



Afriansyah, S.Psi., S.Sos., S.P., M.Si., M.H., M.Agr. Penulis merupakan putra ketiga dari enam bersaudara dari pasangan Bapak Syamsu Udaya, S.H. dan Ibu Firdarisa, S.Pd., S.H., M.Pd dilahirkan di Muara Enim, 19 April 1986. Penulis saat ini menjadi dosen tetap di Sekolah Kedinasan Kementerian Pertanian di Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan Jurusan Pertanian Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari. Riwayat Pendidikan penulis yaitu S-1 Psikologi di Universitas Muhammadiyah Malang, S-1 Ilmu Administrasi di Sekolah Tinggi Ilmu Sosial dan Ilmu Politik

Waskitadharma Malang, S-1 Agribisnis Bidang Minat Penyuluhan dan Komunikasi Pertanian di Universitas Terbuka, S-2 Magister Ilmu Administrasi di Universitas Islam Malang, S-2 Magister Ilmu Hukum Universitas Wisnuwardhana Malang, S-2 Magister Ekonomi Pertanian di Universitas Tribhuwana Tungga Dewi Malang, dan saat ini fokus menyelesaikan disertasi di S-3 Sosiologi Universitas Muhammadiyah Malang. Penulis aktif sebagai peneliti di bidang kepakarannya dan pengabdian kepada masyarakat. Kegiatan yang sedang penulis tekuni saat ini adalah menjadi Koordinator Asosiasi Dosen Pengabdian kepada Masyarakat (ADPI) Wilayah Papua Barat, Ketua Umum Komunitas Relawan Tenaga Kesejahteraan Sosial (KORTEKS) Indonesia, Sekretaris Umum Himpunan Usaha Kecil Menengah Indonesia (HIKMI) Provinsi Papua Barat, Ketua Bidang Organisasi dan SDM di Radio Antar

Penduduk Indonesia (RAPI) Wilayah Manokwari, serta menjadi Founder Komunitas Entrepreneur Muda Papua Barat. Selain itu, penulis aktif menjadi editor dan reviewer pada dewan redaksi di beberapa OJS. Penulis juga aktif menjadi pemakalah diberbagai kegiatan ilmiah, menjadi narasumber di Radio Republik Indonesia (RRI), serta plenary di workshop / seminar / pelatihan / lokakarya baik lokal, nasional dan internasional. Untuk mengetahui lebih jelas tentang penulis, dapat mengunjungi di alamat berikut ini : <https://scholar.google.co.id/citations?user=eNgl39MAAAAJ&hl=id>
afriansyah@pertanian.go.id, afriansyah@polbangtanmanokwari.ac.id



Dr. Junairiah, S.Si., M. Kes. lahir di Surabaya pada tanggal 14 Juli 1971. Pendidikan S1 ditempuh di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor lulus tahun 1995. Pendidikan S2 di Program Studi Ilmu Kedokteran Dasar, minat studi Biologi Kedokteran, Universitas Airlangga dan lulus tahun 2001. Pendidikan S3 Biologi di Program Studi S3 Biologi, Universitas Gadjah Mada, lulus tahun 2013. Penulis merupakan dosen Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga. Pada

Program Studi S1 Biologi, penulis saat ini mengampu mata kuliah Struktur Tumbuhan, Morfologi Tumbuhan, Botani Ekonomi, dan Fisiologi Tumbuhan. Pada Program Studi S2 Biologi, penulis mengampu mata kuliah Fisiologi Zat Tumbuh dan Biokimia Tanaman. Saat ini penulis menekuni penelitian tentang metabolit sekunder yang dihasilkan dari kultur in vitro serta aktivitas biologinya baik sebagai antimikroba dan antioksidan. Buku yang telah ditulis dan terbit adalah Keanekaragaman dan Potensi Piperaceae, Tumbuhan sebagai Bahan Antimikroba, Teknologi dan Produksi Benih, Dasar-dasar Perlindungan Tanaman, Tata Ruang Pertanian Kota, Penyakit Tanaman dan Pengendaliannya, Tanah dan Nutrisi Tanaman, Ilmu Kesuburan Tanah dan Pemupukan, Dasar-Dasar Agronomi, Pupuk dan Teknologi Pemupukan. Pengelolaan Lahan Kering, dan Pengantar Perlindungan Tanaman.

KEANEKARAGAMAN HAYATI

Keanekaragaman hayati adalah istilah umum yang komprehensif untuk tingkat keanekaragaman alam atau variasi jumlah dan frekuensinya dalam sistem alam. Keanekaragaman yang kita lihat hari ini adalah hasil evolusi milyaran tahun lalu yang dibentuk oleh proses alam dan semakin meningkat akibat adanya pengaruh manusia. Keanekaragaman hayati mencakup perbedaan genetik dalam setiap spesies. Perubahan keanekaragaman hayati menuju adaptasi ekosistem sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup bumi.

Buku ini ditulis secara bersinergi yang bertujuan untuk mempermudah mahasiswa dan praktisi yang ingin mempelajari tentang konsep dasar keanekaragaman hayati khususnya jenis-jenisnya dan bagaimana ancaman terhadap kelestarian dari keanekaragaman hayati serta perundangan yang mengkaji tentang sumberdaya hayati.

Buku ini membahas :

- Bab 1 Konsep Keanekaragaman Hayati
- Bab 2 Keanekaragaman Genetik
- Bab 3 Keanekaragaman Hayati Tingkat Spesies
- Bab 4 Keanekaragaman Ekosistem
- Bab 5 Ancaman Terhadap Sumber Daya Hayati
- Bab 6 Konservasi Keanekaragaman Hayati
- Bab 7 Peraturan Perundangan Sumber Daya Alam Hayati
- Bab 8 Eksplorasi dan Koleksi Sumber Daya Hayati



YAYASAN KITA MENULIS
press@kitamenulis.id
www.kitamenulis.id

ISBN 978-623-342-484-4

