

**LAPORAN AKHIR HASIL
PENELITIAN TAHUN III**

TAHUN ANGGARAN 2011

**UJI MULTI LOKASI PEMANFAATAN PUPUK ORGANIK
TITONIA PLUS UNTUK MENGURANGI APLIKASI PUPUK
BUATAN (50%) DALAM MENINGKATKAN PRODUKSI PADI
PADA SAWAH BUKAAN BARU DI KABUPATEN DHARMASRAYA**

SURAT PERJANJIAN PELAKSANAAN KEGIATAN

Nomor : 926/LB.620/I.1/3/2011

Tanggal : 21 Maret 2011

Oleh

Prof. Dr. Ir. NURHAJATI HAKIM

Ir. YANTI MALA MS

Dr. Ir. NALWIDA ROZEN MP

UNIVERSITAS ANDALAS

Bekerjasama dengan

**SEKRETARIAT BADAN PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PERTANIAN**

NOVEMBER 2011

LEMBARAN PENGESAHAN LAPORAN HASIL PENELITIAN

- 1 Judul Penelitian : Uji Multi Lokasi Pemanfaatan Pupuk Organik Titonia Plus untuk Mengurangi Aplikasi Pupuk Buatan (50%) dalam Meningkatkan Produksi Padi pada Sawah Bukaan Baru di Kabupaten Dharmasraya
- 2 Penanggung jawab Penelitian :
- a. Nama : Prof. Dr. Ir. Nurhajati Hakim
- b. Pangkat/Golongan : Pembina Utama / IV e
- c. Jabatan :
- Struktural :
- Fungsional : Guru Besar
- 3 Lokasi Penelitian a : Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Unand di Limau Manis Padang
- b : Kecamatan Pulau Punjung, Kecamatan Sitiung, dan Kecamatan Koto Salak, Kabupaten Dharmasraya
- 4 Biaya Kegiatan Tahun 2011 : Rp. 106.264.000,-
(seratus enam juta dua ratus enam puluh empat ribu rupiah)
- Biaya untuk 2 tahun program : Rp. 271.246.000,-
(duaratus tujuh puluh satu juta dua ratus empat puluh enam ribu rupiah)
- 5 Sumber dana : Sekretariat Badan Litbang Pertanian Kementerian Pertanian Tahun Anggaran 2011
- Jangka waktu : 265 hari (21 Maret – 10 Desember 2011)

Padang, 10 November 2011

Mengetahui,
Kepala Lembaga Penelitian
Universitas Andalas



Dr. Ir. Syafrimen Yasin MSc
NIP.19620418.1986.10.1.001

Penanggung Jawab Kegiatan

Prof. Dr. Ir. Nurhajati Hakim
NIP.19441110.1969.02.2.001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, rasa syukur yang mendalam dipersembahkan kepada Allah swt, karena Ia telah melimpahkan hidayah dan membukakan rahasia ilmu pengetahuan tentang gulma titonia (*Tithonia diversifolia*) yang dapat dibudidayakan dan dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Akan tetapi, masih banyak rahasia yang belum ditemukan, sehingga peneliti perlu melanjutkan penelitian ini guna melengkapi kajian tentang budidaya dan pemanfaatan titonia untuk mengendalikan keracunan besi pada sawah bukaan baru. Pada tahun I (2009) penelitian ini diberi judul "Pembuatan dan Pemanfaatan Pupuk Organik Titonia Plus (POTP) dalam Penerapan Metode SRI pada Sawah Bukaan Baru" yang dibiayai oleh Sekretariat Badan Litbang Pertanian Departemen Pertanian dengan surat perjanjian No. 717 / LB.620/I.1/2/2009 tanggal 20 Februari 2009. Pada tahun II (2010) judulnya direvisi menjadi "Pemanfaatan pupuk organik titonia plus untuk meningkatkan efisiensi pemupukan (50%) di lahan sawah bukaan baru (<3 tahun) dalam menekan keracunan besi pada Ultisol di Sitiung" dengan surat perjanjian No.1113/LB.620/I.1/4/2010, tanggal 6 April 2010. Pada tahun III (2011), judul dimodifikasi menjadi "Uji Multi Lokasi Pemanfaatan Pupuk Organik Titonia Plus untuk Mengurangi Aplikasi Pupuk Buatan (50%) dalam Meningkatkan Produksi Padi pada Sawah Bukaan Baru di Kabupaten Dharmasraya, dengan surat perjanjian Nomor: 926/LB.620/I.1/3/2011, tanggal 21 Maret 2011. Uji multi lokasi dilaksanakan di tiga kecamatan yaitu Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak.

Hasil penelitian selama 3 tahun tersebut dapat disimpulkan bahwa formula POTP yang tepat adalah POTP A (2ton titonia+5ton jerami+500kg kapur+50% pupuk buatan), atau POTP B (2ton titonia+5ton pupuk kandang+500kg kapur+50% pupuk buatan. Pemanfaatan POTP tersebut mampu memberikan hasil sekitar 5t/ha. Titonia dapat dibudidayakan di sekitar sawah seperti di pinggir saluran irigasi, di pinggir jalan usaha tani, atau dipematang sawah.

Pada kesempatan ini, peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada bapak Kepala Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian yang telah membiayai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mahasiswa yang telah berperan dalam penelitian ini.

Semoga hasil penelitian tentang pemanfaatan pupuk organik titonia plus pada sawah bukaan baru selama 3 tahun tersebut segera dapat dialihkan ke petani guna memecahkan masalah keracunan besi pada sawah bukaan baru, serta pemecahan masalah mahal dan semakin langkanya pupuk buatan di Indonesia.

Padang, 10 November 2011

Ketua Peneliti

Prof.Dr.Ir. Nurhajati Hakim

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
RINGKASAN EKSEKUTIF	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	7
1.3. Tujuan Penelitian	8
1.4. Luaran yang diharapkan	8
II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Masalah Keracunan Besi pada Sawah Bukaan Baru	10
2.2. Tionia dan Jerami Padi sebagai Bahan Pupuk Organik	12
2.3. Pengaruh Pemanfaatan POTP terhadap Kelarutan Besi dan kadar hara lain	16
2.4. Pengaruh POTP terhadap hasil padi pada sawah bukaan baru	20
III PROSEDUR KERJA	24
3.1. Sistematika Penelitian	24
3.2. Percobaan I Tahun III	25
3.3. Percobaan II Tahun III	29
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Hasil Percobaan I Tahun III	31
4.2. Hasil Percobaan II Tahun II	52
V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	53
VI PERKIRAAN DAMPAK HASIL PENELITIAN	54
VII DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1	Pengaruh tempat budidaya dan inokulasi mikroba (mikoriza dan bakteri pelarut fosfat=BPF) terhadap hasil bahan kering titonia di sekitar sawah bukaan baru di Sitiung, Sumatera Barat, tahun 2010 (Nurhajati Hakim <i>et. al.</i> 2010)	13
2	Kadar Fe ²⁺ akibat pemberian berbagai komposisi bahan pupuk organik titonia plus dan masa inkubasinya dengan tanah sawah bukaan baru dalam pot di Rumah Kaca (Nurhajati Hakim <i>et. al.</i> 2009)	16
3	Kadar Fe ²⁺ akibat pemberian berbagai komposisi bahan pupuk organik titonia plus pada umur sawah bukaan baru yang berbeda di Sitiung Dharmasraya, tahun I (Nurhajati Hakim <i>et. al.</i> 2009)	17
4	Kadar Fe ²⁺ tanah sawah bukaan baru pada umur berbeda di Sitiung Dharmasraya, sebelum dan setelah diinkubasi dengan berbagai jenis POTP selama 3 minggu pada kadar air kapasitas lapang tahun II (Nurhajati Hakim <i>et. al.</i> 2010)	17
5	Hasil analisis N P, dan K pada sawah bukaan baru umur berbeda yang diukur setelah 3 minggu diinkubasi dengan POTP dan dilumpurkan selama 1 minggu di Sitiung Dharmasraya, tahun 2009 (Nurhajati Hakim <i>et. al.</i> 2009)	19
6	Kadar N-total tanah sawah bukaan baru di Sitiung pada umur berbeda sebelum dan setelah diinkubasi dengan berbagai jenis POTP selama 3 minggu dengan kadar air kapasitas lapang, tahun 2010 (Nurhajati Hakim <i>et. al.</i> 2010)	19
7	Kadar P dan K tanah sawah bukaan baru di Sitiung pada umur berbeda, sebelum dan setelah diinkubasi dengan berbagai jenis POTP selama 3 minggu pada kadar air kapasitas lapang tahun 2010 (Nurhajati Hakim <i>et. al.</i> 2010)	20
8	Bobot gabah kering padi varietas Batang Piaman pada tanah sawah bukaan baru yang dipengaruhi berbagai jenis POTP dan masa inkubasinya dengan tanah dalam pot di Rumah Kaca (Nurhajati Hakim <i>et. al.</i> 2009)	20
9	Hasil gabah padi varietas IR ₆₆ yang dipengaruhi berbagai jenis POTP pada umur sawah bukaan baru yang berbeda di Sitiung, kecamatan Koto baru, kabupaten Dharmasraya (Nurhajati hakim <i>et. al.</i> 2009)	21
10	Pengaruh utama umur sawah, pengaruh utama POTP dan interaksi umur sawah (A) dengan POTP (B) terhadap hasil gabah padi varietas Ciherang (KA 14%) di Sitiung, Dharmasraya Sumatera Barat, tahun 2010 (Nurhajati Hakim <i>et. al.</i> 2010).	23

11	Hasil analisis beberapa ciri kimia POTP yang digunakan pada percobaan I tahun III, di kecamatan Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak, tahun 2011	31
12	Nilai pH dan Eh tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak setelah 6 minggu diberi POTP tahun 2011.	33
13	Nilai Fe tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak setelah 6 minggu diberi POTP tahun 2011.	35
14	Nilai C-Organik dan N-total tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak setelah 6 minggu diberi POTP tahun 2011.	36
15	Nilai P-Bray2 dan K-dd tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto salak setelah 6 minggu diberi POTP tahun 2011.	38
16	Nilai Ca dan Mg tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak setelah 6 minggu diberi POTP tahun 2011.	39
17	Tinggi tanaman yang dipengaruhi formula POTP pada tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak, kabupaten Dharmasraya, tahun 2011.	44
18	Jumlah anakan total dan anakan produktif tanaman padi yang dipengaruhi formula POTP pada tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak tahun 2011.	45
19	Bobot gabah kering padi yang dipengaruhi formula POTP pada tanah sawah bukaan baru di Sitiung, dan Koto Salak, tahun 2011.	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Diagram Sistematika Penelitian	24
2 Peragaan tanaman padi petani varietas IR 66 pada sawah bukaan baru yang keracunan besi di kecamatan Sitiung , kabupaten Dharmasraya	41
3 Pertumbuhan tanaman padi varitas IR 66 umur 8 minggu yang cukup bagus dengan pemanfaatan POTP pada sawah bukaan baru di kecamatan Pulau Punjung, kabupaten Dharmasraya	42
4 Pertumbuhan tanaman padi varitas IR 66 umur 8 minggu yang cukup bagus dengan pemanfaatan POTP pada sawah bukaan baru di kecamatan Sitiung, kabupaten Dharmasraya	43
5 Pertumbuhan tanaman padi varitas Mbakwan umur 7 minggu yang cukup bagus dengan pemanfaatan POTP pada sawah bukaan baru di kecamatan Koto Salak, kabupaten Dharmasraya	43
6 Peragaan generatif tanaman padi varietas IR 66 pada sawah bukaan baru yang keracunan besi di kecamatan Sitiung , kabupaten Dharmasraya (vegetatif Gambar 2)	45
7 Peragaan generatif tanaman padi varitas IR 66 yang terserang tikus sangat parah pada sawah bukaan baru di kecamatan Pulau Punjung, kabupaten Dharmasraya (vegetatif pada Gambar 3)	46
8 Peragaan generatif tanaman padi varitas IR 66 yang juga terserang hama tikus, tetapi tidak parah, pada sawah bukaan baru di kecamatan Sitiung, kabupaten Dharmasraya (vegetatif pada Gambar 4)	47
9 Pertumbuhan generatif tanaman padi varitas Cisokan yang cukup bagus akibat penambahan POTP pada sawah bukaan baru di kecamatan Koto Salak, kabupaten Dharmasraya (vegetatif pada Gambar 5)	47

RINGKASAN EKSEKUTIF

UJI MULTI LOKASI PEMANFAATAN PUPUK ORGANIK TITONIA PLUS UNTUK MENGURANGI APLIKASI PUPUK BUATAN (50%) DALAM MENINGKATKAN PRODUKSI PADI PADA SAWAH BUKAAN BARU DI KABUPATEN DHARMASRAYA

Oleh

Nurhajati Hakim¹, Yanti Mala², dan Nalwida Rozen

¹Fakultas Pertanian Unand ²Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat

Kata Kunci : pupuk organik, titonia, sawah bukaan baru, keracunan besi

Pencetakan sawah baru dan penerapan metode System of Rice Intensification (SRI) adalah upaya dalam rangka mewujudkan ketahanan pangan nasional. Akan tetapi, pembukaan sawah baru selalu dihadapkan pada masalah keracunan besi (Fe) serta miskin unsur hara dan bahan organik. Penerapan metode SRI dengan prinsip air tidak menggenang dan cukup lembab saja (kapasitas lapang), menyebabkan besi kurang larut, sehingga mengurangi keracunan besi. Di lain pihak, penggunaan bahan organik mampu mengkelat Fe, sehingga kurang larut dan tidak meracun bagi tanaman. Di samping itu, bahan organik mampu menyumbangkan unsur hara yang lengkap, meskipun dalam jumlah sedikit, sehingga dapat mengurangi aplikasi pupuk buatan.

Titonia dilaporkan sebagai sumber bahan organik yang dapat dibudidayakan insitu di lahan petani dan dapat dijadikan pupuk organik. Pupuk organik titonia dilaporkan dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan pupuk buatan hingga 50 % dari kebutuhan tanaman jagung, kedelai, jahe, cabe, dan tanaman pangan lainnya. Sehubungan dengan hal itu, pada tahun I (2009) telah diramu pupuk organik dari titonia, plus jerami, kapur dan pupuk buatan, dan dinamakan pupuk organik titonia plus (POTP). Pada tahun 2009, sudah diketahui bahwa POTP dapat mengendalikan keracunan besi, tetapi muncul defisiensi hara. Apakah POTP perlu ditambah 100% pupuk buatan, dan apakah ramuan POTP perlu ditambah pupuk kandang di samping titonia dan jerami, sehingga memberikan hasil gabah yang lebih tinggi, dan pengurangan pupuk buatan lebih banyak lagi. Berbagai pertanyaan telah dijawab dengan hasil penelitian pada Tahun II (2010). Tampaknya pemanfaatan POTP sudah dapat dialihkan ke petani. Akan tetapi, sebelum itu perlu dilakukan uji multi lokasi terlebih dahulu. Apakah formula POTP yang telah didapatkan akan berpengaruh sama terhadap pengendalian kelarutan besi dan meningkatkan hasil padi di berbagai kecamatan di kabupaten Dharmasraya, perlu diuji terlebih dahulu

Tujuan penelitian ini adalah (1) Untuk memantapkan formula POTP yang lebih tepat guna menurunkan kelarutan besi hingga tidak meracun dan mengurangi aplikasi pupuk buatan hingga 50%, tanpa menurunkan hasil padi dari 100% pupuk buatan pada sawah bukaan baru

dari Ultisol di berbagai kecamatan di kabupaten Dharmasraya. (2) Untuk menemukan teknik budidaya tironia yang tepat dan mengetahui kemampuan tironia menghasilkan bahan baku POTP di berbagai lokasi sawah bukaan baru di berbagai kecamatan di Dharmasraya.

Guna mencapai tujuan penelitian tersebut, pada tahun I (2009) telah dilakukan percobaan pot di Rumah Kaca dan percobaan lapangan. Percobaan Rumah Kaca dirancang dalam bentuk factorial 3 x 6 dengan 3 kelompok. Faktor A adalah lama masa inkubasi POTP dengan tanah sawah bukaan baru dalam keadaan aerob yang terdiri atas 3 taraf (1 minggu, 2 minggu, dan 3 minggu). Faktor B adalah jenis POTP dan kontrol yaitu ; B1= 5 ton jerami padi ha^{-1} + pupuk buatan 75 %; B2 = 2 ton tironia ha^{-1} + 75 % pupuk buatan; B3= 2 ton tironia ha^{-1} + 5 ton jerami ha^{-1} + 50 % pupuk buatan; B4= 4 ton tironia ha^{-1} + 5 ton jerami ha^{-1} + 25 % pupuk buatan; B5= 4 ton tironia ha^{-1} + 5 ton jerami ha^{-1} + 25 % pupuk buatan yang diberikan saat tanam; K=100 % pupuk buatan. Semua perlakuan diberi kapur 500kg $CaCO_3 ha^{-1}$. Percobaan lapangan dilaksanakan di Sitiung, kecamatan Koto Baru, kabupaten Dharmasraya, provinsi Sumatera Barat. Percobaan dirancang berdasarkan hasil percobaan pot di rumah kaca, berbentuk faktorial 2 x 6 dalam petak-petak terbagi dengan 3 kelompok. Faktor A adalah umur sawah bukaan baru (A0 = umur sawah 0 tahun; A2= umur sawah 2 tahun). Faktor B terdiri atas 6 taraf yaitu : B1= 5 ton jerami padi ha^{-1} + 75 %pupuk buatan; B2 = 2 ton tironia ha^{-1} + 75 % pupuk buatan; B3= 2 ton tironia ha^{-1} + 5 ton jerami ha^{-1} + 50 % pupuk buatan; B4= 4 ton tironia ha^{-1} + 25 % pupuk buatan; B5= 2 ton pupuk kandang ha^{-1} + 75% pupuk buatan, dan B6 =100 % pupuk buatan. Semua perlakuan diberi kapur 500 kg $CaCO_3ha^{-1}$

Pada tahun II (2010) telah dilaksanakan percobaan lapangan lanjutan dari percobaan tahun I di lokasi yang sama. Sesuai dengan hasil tahun I, rancangan percobaan dimodifikasi menjadi rancangan petak-petak terbagi 2x5x2. Faktor A adalah umur sawah bukaan baru (A1 = umur sawah 1 tahun; A2= umur sawah 3 tahun). Faktor B terdiri atas 5 taraf POTP yaitu : B1= 5 ton jerami padi ha^{-1} dengan C1 +75% pupuk buatan; B2 = 2 ton tironia ha^{-1} dengan C1 +75% pupuk buatan; B3= 2 ton tironia ha^{-1} + 5 ton jerami ha^{-1} dengan C1 +50% pupuk buatan; B4= 4 ton tironia ha^{-1} dengan C1 +25% pupuk buatan; B5= 2 ton tironia ha^{-1} + 5 ton jerami ha^{-1} +2 ton pupuk kandang ha^{-1} dengan C1 +25% pupuk buatan, dan K =100 % pupuk buatan. Untuk faktor C2 digunakan 100% pupuk buatan pada B1 sampai B5. Semua perlakuan diberi kapur 500 kg $CaCO_3ha^{-1}$

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan pupuk organik tironia plus (POTP) dapat mengurangi kelarutan besi, meningkatkan kadar hara N, P, K, Ca, dan Mg tanah sawah bukaan baru. Lama masa inkubasi POTP yang tepat dengan tanah sawah bukaan baru guna mengendalikan keracunan besi serta untuk memperoleh hasil padi yang lebih tinggi adalah 3 minggu. Formula POTP yang lebih tepat untuk mengendalikan keracunan besi serta memperoleh hasil padi dan keuntungan yang lebih tinggi pada sawah bukaan baru adalah :

2 ton titonia ha^{-1} + 5 ton jerami ha^{-1} + 2 ton pupuk kandang + 500 kg CaCO_3 ha^{-1} + 25% pupuk buatan. Pemanfaatan POTP tersebut dapat menghemat aplikasi pupuk buatan sebanyak 75 % kebutuhan tanaman padi. Titonia sebagai bahan baku POTP dapat dibudidayakan di sekitar sawah (di pinggir saluran irigasi, di pinggir jalan usaha tani, atau di sebageian pematang sawah yang lebar), dengan inokulan mikoriza dan bakteri pelarut fosfat.

Pada tahun III (2011) formula POTP tahun 2010 sedikit dimodifikasi, menjadi seperti berikut ini A= 2 t titonia+5t jerami+500kg kapur+50% pupuk buatan; B= 2 t titonia+5t pupuk kandang+500kg kapur+50% pupuk buatan; C= 2 t titonia+5t jerami+5t pupuk kandang +500kg kapur+25% pupuk buatan; dan D=100% pupuk buatan. Hasil penelitian selama 3 tahun dapat disimpulkan sebagai berikut ;

1. Secara umum dapat dinyatakan bahwa semua jenis POTP mampu mengendalikan keracunan besi, dan memberikan pertumbuhan tanaman padi yang relatif sama bagusnya, dengan hasil gabah yang relatif sama tingginya pada sawah bukaan baru dari Ultisol di kabupaten Dharmasraya, provinsi Sumatera Barat.
2. Formula pupuk organik titonia plus (POTP) yang lebih tepat untuk mengendalikan keracunan besi serta memperoleh hasil padi yang lebih tinggi pada sawah bukaan baru dengan metode SRI adalah POTP A dengan formula 2 t titonia + 5 t jerami padi + 500kg kapur +50 % pupuk buatan untuk 1 ha lahan atau POTP B dengan formula 2 t titonia + 5 t pupuk kandang + 500kg kapur +50 % pupuk buatan untuk 1 ha lahan. Kedua formula POTP tersebut mampu menghasilkan gabah padi sekitar 5 t/ha.
3. Pemanfaatan POTP tersebut dapat mengurangi jumlah aplikasi pupuk buatan sebanyak 50% dari kebutuhan tanaman padi. Jumlah pupuk buatan yang dapat dihemat tersebut sama dengan 125 kg Urea; 100 kg TSP; 125kg KCl.
4. Titonia dapat dibudidayakan di sekitar sawah bukaan baru di Dharmasraya. Inokulasi mikoriza dan bakteri pelarut fosfat (BPF) pada bibit titonia dapat meningkatkan hasil bahan kering titonia yang dibudidayakan di sekitar sawah bukaan baru, seperti di pinggir jalan usaha tani / saluran irigasi primer atau sekunder, tetapi hasil bahan kering lebih tinggi di pematang sawah, dengan hasil 6 kali pangkas sekitar 2 ton bahan kering per 2000 m baris per hektar per tahun.
5. Guna mengendalikan keracunan besi dan mengurangi jumlah aplikasi pupuk buatan sebanyak 50% pada sawah bukaan baru, direkomendasikan POTP A dengan formula 2 t titonia + 5 t jerami padi + 500kg kapur +50 % pupuk buatan untuk 1 ha lahan, atau POTP B dengan formula 2 t titonia + 5 t pupuk kandang + 500kg kapur +50 % pupuk buatan untuk 1 ha lahan . Direkomendasikan untuk membudidayakan titonia di sekitar sawah seperti di pinggir saluran irigasi primer atau sekunder dan dipinggir jalan usaha tani .

I. PENDAHULUAN

1.4. Latar Belakang

Indonesia pernah berswasembada beras pada tahun 1985 yang dicapai dengan kerja keras selama 20 tahun penerapan panca usaha (penggunaan benih unggul, pupuk buatan, pengairan, perbaikan pengolahan tanah, dan pengendalian hama penyakit). Faktor yang paling menentukan peningkatan produksi padi tersebut adalah penggunaan pupuk buatan, terutama pupuk N, P, dan K (Nuzhajati Hakim, 1990). Pemakaian varietas unggul yang berdaya hasil tinggi harus didukung oleh pemakaian pupuk buatan yang cukup besar. Sebagai gambaran dapat dikemukakan, bahwa untuk tiap hasil 1000 kg gabah diperlukan unsur hara sebanyak 16,8 kg N; 8,7 kg P_2O_5 dan 26,3 kg K_2O (Surowinoto, 1982). Oleh karena itu jika diinginkan hasil sebesar 6 ton gabah/ha, maka secara teoritis harus tersedia sekurang-kurangnya 100,8 kg N/ha (224 kg Urea/ha), 52,2 kg P_2O_5 /ha atau 22,70 kg P/ha (108 kg TSP/ha atau 145 kg SP_{36} /ha), dan 157,8 kg K_2O /ha, atau 131,5 K/ha (263 kg KCl). Jumlah kebutuhan pupuk tersebut akan meningkat sesuai dengan tingginya produksi padi yang diinginkan.

Belakangan ini harga pupuk buatan menjadi sangat mahal, dan bahkan langka di pasar, sehingga petani kesulitan dalam mendapatkan pupuk buatan. Akibatnya, petani memupuk tidak tepat dosis dan waktu. Harga pupuk Urea pada tahun 1999 hanya Rp. 920/kg sudah menjadi Rp. 6.000/kg pada tahun 2008. Harga TSP pada tahun 1999 hanya Rp1.500/kg menjadi Rp10.000/kg pada tahun 2008. Harga KCl pada tahun 1995 hanya Rp. 800/kg, dan pada tahun 2008 juga mencapai Rp 10.000/kg. Di lain pihak, bahan baku pupuk P masih diimpor, sedangkan pupuk K diimpor secara utuh. Oleh sebab itu, pupuk alternative perlu dicari guna mengurangi aplikasi pupuk buatan tanpa menurunkan produksi. Pembuatan dan pemanfaatan pupuk organik berbahan baku lokal mungkin merupakan pilihan yang tepat.

Di samping masalah mahal dan langkanya pupuk buatan, pemakaian pupuk buatan secara terus menerus tanpa diiringi dengan bahan organik telah menyebabkan degradasi lahan sawah yang diikuti oleh pelandaian produksi padi pada level 4,6 ton ha^{-1} , meskipun diberi pupuk buatan yang meningkat. Hal itu merupakan suatu indikator bahwa tanah sawah miskin bahan organik. Akibatnya, terjadi ketidakimbangan hara di dalam tanah bagi

pertumbuhan tanaman padi, sehingga memberikan hasil yang tidak optimal. Oleh karena itu, pemanfaatan pupuk organik sudah merupakan kebutuhan yang mendesak.

Indonesia kembali menjadi pengimpor beras terbesar di dunia dan mencapai puncaknya pada tahun 1998 yaitu 5,9 juta ton (Surmodiningrat, 2001). Pada tahun 2002 impor beras mulai turun menjadi sebanyak 2,5 juta ton (Kompas 24 Oktober 2002). Pada tahun 2010, Indonesia masih mengimpor beras sebanyak 1,8 juta ton (Denpasar. Micom 28 Januari 2011). Impor beras merupakan masalah besar bagi bangsa Indonesia dan telah menggoyang ketahanan pangan dalam negeri.

Bekurangnya lahan sawah karena beralih fungsi ke non sawah merupakan penyebab utama penurunan produksi padi, terutama di pulau Jawa. Luas sawah pada tahun 1998 tercatat seluas 8,5 juta ha, menurun drastis menjadi 7,8 juta ha pada tahun 2001 (BPS, 2001). Memperhatikan berbagai masalah penurunan produksi beras yang telah dikemukakan, maka upaya yang mungkin ditempuh untuk mengatasinya adalah melalui pencetakan (pembukaan) sawah baru. Akan tetapi, berbagai masalah pun muncul pada sawah bukaan baru, dan yang menonjol adalah miskin hara serta keracunan besi (Fe) terutama pada sawah yang dicetak di atas tanah Ordo Podzolik Merah Kuning (Ultisol) dan Latosol (Oxisol). Gejala keracunan besi tersebut dialami sampai sawah berumur 10 tahun setelah pencetakan. Oleh karena itu, sawah yang berumur kurang dari 10 tahun disebut sawah bukaan baru.

Unsur Fe adalah salah satu unsur hara mikro bagi tanaman yang berperan dalam pembentukan klorofil, katalisator dalam berbagai proses metabolisme, dan komponen enzim pada transpor elektron seperti sitokrom dan ferredoksin (Nyakpa *et. al.* 1985; Gardner, 1991). Oleh karena dibutuhkan dalam jumlah sedikit, maka kelarutan Fe yang tinggi pada sawah bukaan baru menyebabkan keracunan bagi tanaman.

Penggenangan pada sawah bukaan baru menyebabkan reduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} . Kepekatan Fe^{2+} awal sekitar 0,1 ppm bisa mencapai 600ppm setelah beberapa minggu penggenangan (Ponnamperuma, 1978 Burbey *et. al.*, 1990). Pada tanah tertentu, kadar Fe bisa mencapai 567-2230 ppm setelah penggenangan (Redman dan Patrik, 1965 dalam De Datta, 1981). Pada hal batas kritis kadar Fe dalam larutan tanah yang dapat ditolerir perakaran tanaman padi adalah 50-100ppm (Yu Tian-ren, 1985). Brremen dan Moormann (1978) melaporkan bahwa keracunan Fe pada tanaman padi dapat terjadi bila kadar Fe^{2+} tanah mencapai 300 ppm.

Menurut Ismunaji dan Sabe (1988) keracunan besi dapat menurunkan produksi sebesar 52-75% daripada tanaman yang sehat. Agustamar (2008) melaporkan bahwa hasil tanaman padi yang keracunan besi pada sawah bukaan baru di Sitiung Sumatera Barat hanya 1,96 ton ha⁻¹, sedangkan pada tanaman yang tidak keracunan besi sebanyak 6,77 ton ha⁻¹

Berdasarkan berbagai hasil penelitian tersebut, jelaslah bahwa keracunan besi pada sawah bukaan baru, terutama pada Ultisol, merupakan faktor pembatas produksi. Penggunaan pupuk buatan menjadi tidak bermanfaat, bila tanaman keracunan besi. Oleh karena itu, masalah keracunan besi pada sawah bukaan baru harus mendapat perhatian yang sungguh-sungguh. Berbagai upaya harus dilakukan, sehingga produktivitas sawah bukaan baru dapat segera ditingkatkan.

Salah satu teknologi yang mungkin digunakan untuk mengatasi keracunan besi tersebut adalah penerapan the System of Rice Intensification (metode SRI). Komponen utama Metode SRI adalah, air tidak menggenang, penanaman bibit umur muda (7-14 hari), jumlah bibit 1-2 batang per titik tanam, jarak tanam lebar (25cm x 25cm), serta penggunaan bahan organik semaksimal mungkin untuk meminimalkan penggunaan pupuk buatan (Kasim *et. al.* 2008). Penggunaan bibit 2 batang/titik tanam dengan jarak tanam 25cm x 25cm dan metode SRI merupakan pilihan yang tepat karena mampu menghasilkan 9,7 ton gabah ha⁻¹ (Sunadi, 2008). Dengan pemakaian benih varitas Batang Anai pada metode SRI dapat dihasilkan sebanyak 11,8 ton gabah ha⁻¹ (Nalwida Rozen, 2007).

Penerapan metode SRI telah membawa angin baru bagi peningkatan produksi padi di Indonesia karena dapat meningkatkan produksi padi rata-rata sekitar 2 ton ha⁻¹. Komponen metode SRI yang terkait dengan pengendalian keracunan besi adalah air yang tidak menggenang (field capacity) dan pemakaian bahan organik maksimal. Di satu sisi air yang tidak menggenang menyebabkan suasana oksidatif, sehingga kelarutan Fe berkurang. Di lain pihak bahan organik akan menghasilkan asam-asam organik yang mampu menkhelat Fe, sehingga kelarutan Fe berkurang, dan tidak meracun bagi tanaman.

Walaupun peranan bahan organik demikian penting, tetapi pengadaan dan transportasi bahan organik ke sawah ternyata tidak mudah dan tidak murah. Meskipun jerami merupakan sumber bahan organik *insitu*, tetapi kadar haranya rendah, dan pada umumnya jerami digunakan sebagai bahan baku industri, terutama di pulau Jawa, dan sebagai pakan ternak, atau dibakar saja. Pupuk kandang juga sumber pupuk organik lokal, tetapi kadar haranya juga rendah dan tidak semua petani memiliki ternak. Oleh karena itu,

harus dicari alternatif lain yang dapat menghasilkan bahan organik *insitu*, sehingga tidak memerlukan biaya transportasi dan tidak bersaing dengan kepentingan lain. Pilihan yang mungkin diupayakan adalah menanam pupuk hijau sumber bahan organik di pematang sawah atau di sekitar lokasi sawah, seperti di pinggir jalan, atau dipinggir saluran irigasi. Salah satu pupuk hijau yang mempunyai sifat-sifat unggul adalah **titonia** (Nurhajati Hakim 2002, Nurhajati Hakim dan Agustian 2003, 2004, dan 2005).

Titonia (*Titonia diversifolia*) atau bunga matahari Meksiko (Mexican sunflower) adalah sebangsa gulma yang dapat tumbuh sangat bagus di sembarang tanah, mengandung unsur hara yang tinggi, terutama N dan K, yaitu sekitar 3,5%N, 0,38%P, dan 4,1%K (Jama *et. al.* 2000; Sanchez dan Jama, 2000). Oleh karena gulma ini di samping mengandung N dan K yang tinggi, juga mengandung 0,59%Ca; dan 0,27%Mg maka tanaman ini juga dapat dijadikan sebagai sumber unsur hara yang lengkap bagi tanaman (Rutunga *et. al.*1999). Nurhajati Hakim (2002) melaporkan bahwa pangkasan gulma titonia (batang, dan daun sepanjang 50 cm dari pucuk) yang dikoleksi dari beberapa lokasi di Sumatera Barat, rata-rata mengandung unsur hara sebanyak 3,16% N; 0,38% P; dan 3,45% K. Oleh karena itu, ia menyatakan bahwa titonia layak disebut pupuk alternatif guna mengurangi penggunaan pupuk buatan hingga 50% dari kebutuhan tanaman, tanpa menurunkan produksi.

Dari serangkaian penelitian tentang pemanfaatan titonia untuk memperbaiki kesuburan tanah dapat disimpulkan, bahwa titonia mampu memperbaiki kesuburan tanah masam berupa penurunan kandungan dan kejenuhan Al tanah, serta peningkatan pH, bahan organik, kadar hara tanah, N, P, K, Ca, dan Mg (Nurhajati Hakim dan Agustian, 2003, 2004, 2005, Nurhajati Hakim *et. al.* 2006). Dari hasil penelitian Gusnidar (2007) diketahui bahwa perombakan titonia, di samping menghasilkan unsur hara N, P, K, dan lain-lain, juga dapat menghasilkan asam-asam organik seperti, asam asetat, galat, propionat, salisilat, sitrat, suksinat, dan tartarat, yang berpotensi untuk melarutkan unsur hara P dan K yang masih terikat dalam tanah.

Nurhajati Hakim *et. al.* (2007 dan 2008) melaporkan bahwa rizosfir titonia mempunyai suatu keistimewaan yang luar biasa dalam menyerap hara karena pada rizosfir titonia ditemukan berbagai agen hayati seperti mikoriza, jamur dan bakteri pelarut fosfat, bakteri *Azotobacter* dan *Azospirillum* yang membantu menambat N dari udara, serta bakteri penghasil fitohormon. Keberadaan agen hayati tersebut telah memungkinkan titonia mengandung unsur hara yang tinggi terutama N, P, dan K, serta mampu menghasilkan

bahan organik yang banyak dalam waktu yang singkat. Nurhajati Hakim dan Agustian (2005) melaporkan bahwa melalui bididaya lorong dengan 20 baris pagar lorong/ha (2000 m²) pada Ultisol, titonia mampu menghasilkan sebanyak 6,8 ton bahan kering, 150 – 240 kg N dan 156 – 245 kg K/ha/tahun. Berdasarkan hal itu, diharapkan titonia juga akan mampu menghasilkan bahan kering dan unsur yang banyak seperti itu, bila dibudidayakan di sekitar sawah bukaan baru, ataupun di pematang sawah, dengan memanfaatkan mikroorganisme mikoriza dan bakteri pelarut fosfat tersebut.

Mengingat keunggulan titonia sebagai sumber pupuk organik, dan harus dipangkas setiap 2 bulan, serta dapat tersedia setiap saat dibutuhkan, maka Nurhajati Hakim *et. al.* (2007) telah memproses Titonia menjadi pupuk organik yang diberi nama "**Pupuk Organik Titonia Plus**" (POTP) untuk tanaman jagung dan kedelai pada lahan kering Ultisol. Pupuk organik titonia plus adalah pupuk yang dibuat dari pangkasan titonia, plus jerami, diberi agen hayati sebagai dekomposer, ditambah kapur dan pupuk buatan P, untuk 50% kebutuhan tanaman. Mereka sudah memanfaatkan POTP untuk meningkatkan produksi jagung dan kedelai pada tanah miskin Ultisol. Pemanfaatan POTP tersebut mampu memberikan hasil jagung sekitar 6,7 ton ha⁻¹, dan kedelai sekitar 2,2 ton ha⁻¹

Berdasarkan kemampuan titonia menghasilkan bahan organik, dan memperbaiki kesuburan tanah Ultisol, serta meningkatkan produksi tanaman pangan tersebut, Nurhajati Hakim *et. al.* (2009) telah melaksanakan penelitian dengan judul "Pembuatan dan Pemanfaatan Pupuk Organik Titonia Plus (POTP) dalam Penerapan Metode SRI pada Sawah Bukaan Baru". Penelitian ini dilaksanakan pada sawah bukaan baru dari Ultisol di Sitiung, kecamatan Koto Baru, kabupaten Dharmasraya, Sumatera Barat.

Nurhajati Hakim *et. al.* (2009) telah melaksanakan Penelitian Tahun I, di Rumah Kaca Universitas Andalas di Padang, dan dilanjutkan di lapangan di Sitiung, kecamatan Koto Baru, kabupaten Dharmasraya. Hasil penelitian Nurhajati Hakim *et. al.* (2009) sangat menggembirakan, dan berhasil menarik beberapa kesimpulan dan saran seperti berikut ini.

1. Lama masa inkubasi POTP yang tepat dengan tanah sawah bukaan baru guna menegdalikan keracunan besi, dan untuk memperoleh hasil padi yang lebih tinggi dengan metode SRI adalah 3 minggu.

2. Pemanfaatan pupuk organik titonia plus (POTP) terbaik dengan masa inkubasi 3 minggu sebelum tanam dapat menurunkan kelarutan besi dari 500 ppm menjadi 221 ppm, dan meningkatkan hasil padi pada sawah bukaan baru dari 1,9 menjadi 4 ton/ha.
3. Komposisi bahan pupuk organik titonia plus yang lebih tepat untuk mengendalikan keracunan besi serta memperoleh hasil padi dan keuntungan yang lebih tinggi pada sawah bukaan baru dengan metode SRI adalah (1) 2 ton titonia ha⁻¹ + 5 ton jerami padi ha⁻¹ + 50 % pupuk buatan + 500 kg kapur ha⁻¹ (keuntungan Rp.4.265.000,-) dan (2) 2 ton titonia ha⁻¹+75% pupuk buatan+500 kg kapur ha⁻¹ (keuntungan Rp. 3.890.000).

Hasil penelitian Nurhajati Hakim *et. al.* (2009) Tahun I tersebut merupakan suatu terobosan yang sangat menggembirakan karena penggunaan POTP dapat mengurangi keracunan besi. Akan tetapi, pertumbuhan dan hasil padi masih belum optimal karena masih sekitar 4 ton ha⁻¹. Penggunaan POTP untuk mengurangi pupuk buatan 25 - 75 % dapat mengurangi keracunan besi, tetapi muncul gejala defisiensi unsur hara. Sebaliknya, penggunaan pupuk buatan 100% tanpa POTP, tampaknya memberikan unsur hara yang memadai, tetapi muncul gejala keracunan besi.

Guna memantapkan rekomendasi ramuan Pupuk Organik Titonia Plus ini, dan untuk mengetahui teknik budidaya titonia yang tepat di sekitar lokasi persawahan, penelitian tersebut telah dilanjutkan pada tahun 2010. Hasil penelitian Nurhajati Hakim *et. al.* (2010) sudah sangat menggembirakan, dan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Untuk mengurangi aplikasi pupuk buatan 50% dan menekan keracunan besi pada sawah bukaan baru dari Ultisol di Sitiung, komposisi Pupuk Organik Titonia Plus (POTP) yang tepat adalah 2 ton titonia + 500kg kapur + 50% pupuk buatan.
2. Untuk mengurangi aplikasi pupuk buatan 75% dan menekan keracunan besi, pada sawah bukaan baru dari Ultisol di Sitiung, komposisi Pupuk Organik Titonia Plus (POTP) yang tepat adalah 2 ton titonia + 5 ton jerami +2 ton pupuk kandang+500kg kapur + 25% pupuk buatan
3. Jika menggunakan POTP, penggunaan pupuk buatan tidak diperlukan 100%, tetapi cukup 25 – 50% saja dari rekomendasi umum.

Berdasarkan hasil pemanfaatan POTP selama dua tahun pada sawah bukaan baru dari Ultisol di Sitiung tersebut, dapat dinyatakan bahwa pemanfaatan POTP sudah cukup bagus dalam menekan keracunan besi dan mengurangi aplikasi pupuk buatan pada sawah bukaan baru. Akan tetapi, apakah komposisi POTP tersebut juga tepat untuk berbagai lokasi atau

kecamatan di Kabupaten Dharmasraya, belum diketahui. Oleh karena itu, sebelum teknologi tersebut didesiminasikan, diperlukan suatu uji multi lokasi pemanfaatan POTP di berbagai kecamatan di kabupaten Dharmasraya.

1.2. Perumusan Masalah

Indonesia sedang menghadapi masalah besar berupa kekurangan beras sebagai bahan pangan utama. Hingga sekarang kekurangan beras masih dipenuhi melalui impor. Hal itu disebabkan oleh berbagai hal, dan salah satu penyebabnya adalah alih fungsi lahan sawah subur ke non sawah, serta mahal dan langkanya pupuk buatan. Jalan keluar yang diprioritaskan untuk mengatasi penciptaan lahan sawah tersebut adalah melalui pencetakan sawah baru dan menerapkan metode SRI. Masalah utama yang dihadapi pada sawah bukaan baru adalah keracunan Fe serta miskin hara N, P, K dan Mg. Penggunaan bahan organik yang maksimum merupakan komponen utama metode SRI, tetapi pengadaan bahan organik tidak mudah dan tidak murah.

Penggunaan pupuk organik titonia plus (POTP) yang diikuti dengan pengurangan pupuk buatan hingga 50 - 75% ternyata dapat mengurangi keracunan besi dan meningkatkan produksi padi menjadi 4 - 5 ton ha⁻¹ pada sawah bukaan baru dari Ultisol. Apakah hasil yang sama dari pemanfaatan POTP akan ditemukan pada berbagai kecamatan di kabupaten Dharmasraya belum diketahui. Guna menjawab pertanyaan tersebut penelitian ini perlu dilanjutkan pada Tahun III (2011) dalam bentuk uji multi lokasi di berbagai kecamatan di kabupaten Dharmasraya, provinsi Sumatera Barat. Saat ini, luas sawah bukaan baru di kabupaten tersebut telah mencapai 5.800 ha, dan akan ditambah seluas 1.600 ha lagi. Oleh karena itu, uji multi lokasi pemanfaatan POTP ini menjadi sangat penting.

Sehubungan dengan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka penulis telah melanjutkan penelitian ini dengan dua sub-judul (1) Uji Multi Lokasi Pemanfaatan Pupuk Organik Titonia Plus untuk mengurangi aplikasi pupuk buatan 50% dalam meningkatkan produksi padi pada Sawah Bukaan Baru kabupaten Dharmasraya. (2) Budidaya titonia di berbagai lokasi sawah bukaan baru (pinggir saluran irigasi, pinggir jalan usaha tani, dan/atau di pematang sawah bukaan baru) di kabupaten Dharmasraya.

1.5. Tujuan Penelitian

Dalam jangka panjang penelitian ini bertujuan untuk menemukan komposisi pupuk organik titonia plus (POTP) yang tepat untuk tanaman padi pada sawah bukaan baru, sehingga mampu mengendalikan keracunan Fe, serta mengurangi aplikasi pupuk buatan dalam memperoleh hasil padi yang tinggi pada sawah bukaan baru. Di samping itu, juga untuk menemukan teknik budidaya titonia yang tepat di berbagai lokasi sawah bukaan baru, sehingga titonia sebagai bahan baku POTP dihasilkan secara berkelanjutan *insitu*. Sasaran akhirnya adalah untuk memecahkan masalah keracunan Fe pada sawah bukaan baru, dan mengatasi masalah mahal dan langkanya pupuk buatan, serta sukarnya pengadaan bahan organik, dalam penerapan metode SRI untuk meningkatkan produksi padi pada sawah bukaan baru di Indonesia secara berkelanjutan.

Tujuan khusus Percobaan Tahun III:

1. Untuk memantapkan komposisi POTP yang lebih tepat guna menurunkan kelarutan besi hingga tidak meracun (<100 ppm), dan mengurangi aplikasi pupuk buatan hingga 50%, tanpa menurunkan hasil padi dari 100% pupuk buatan pada sawah bukaan baru dari Ultisol di berbagai kecamatan di kabupaten Dharmasraya.
2. Untuk menemukan teknik budidaya titonia yang tepat dan mengetahui kemampuan titonia menghasilkan bahan baku POTP di berbagai lokasi sawah bukaan baru di berbagai kecamatan di Dharmasraya.

1.4. Luaran yang diharapkan

1.4.1. Jangka Panjang

1. Ramuan pupuk organik titonia plus yang tepat sebagai pengendali keracunan besi dan pengganti sebagian pupuk buatan dalam meningkatkan produksi padi pada sawah bukaan baru dari Ultisol di Indonesia.

2. Teknik budidaya tironia yang tepat di sekitar sawah bukaan baru, sehingga bahan baku POTP dapat dihasilkan secara berkelanjutan di sekitar sawah bukaan baru dari Ultisol di Indonesia.
3. Memperkaya Ilmu Pengetahuan tentang ramuan pupuk organik sebagai pupuk alternatif guna mengendalikan keracunan besi pada sawah bukaan baru dari Ultisol, dan mengurangi pengeluaran petani untuk pengadaan pupuk buatan, sehingga meningkatkan pendapatan petani secara berkelanjutan.

1.4.2. Luaran Jangka Pendek

1. Ditemukan ramuan (komposisi) POTP yang tepat dalam mengurangi kelarutan besi hingga tidak meracun (<100 ppm Fe) dan mengurangi penggunaan pupuk buatan hingga 50%, tanpa menurunkan hasil padi daripada 100% pupuk buatan pada sawah bukaan baru di beberapa kecamatan di Kabupaten Dharmasraya.
2. Ditemukan teknik budidaya tironia yang tepat untuk menghasilkan bahan baku POTP di sekitar sawah bukaan baru di beberapa kecamatan di kabupaten Dharmasraya.

1.4.3. Luaran berupa Publikasi

1. Pemanfaatann pupuk organik tironia plus dalam mengendalikan keracunan Fe pada sawah bukaan baru dari Ultisol di berbagai kecamatan di kabupaten Dharmasraya.
2. Pemanfatan Pupuk organik tironia plus untuk mengurangi aplikasi pupuk buatan dalam memperoleh produksi padi yang tinggi pada sawah bukaan baru dari Ultisol di bebrbagai kecamatan di kabupaten Dharmasraya
3. Buku Panduan Teknik Budidaya tironia insitu di sekitar sawah bukaan baru
4. Buku Panduan pembuatan dan pemanfaatan POTP untuk padi sawah bukaan baru

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Masalah Keracunan Besi pada Sawah Bukaan Baru

Pencetakan sawah bukaan baru merupakan suatu keharusan dalam mengatasi alih fungsi lahan sawah ke non pertanian di berbagai daerah terutama di pulau Jawa. Pencetakan sawah baru merupakan suatu upaya meningkatkan produksi beras di Indonesia. Pencetakan sawah baru diarahkan ke pulau Sumatera, Kalimantan dan Sulawesi. Sebagian besar dari areal sawah bukaan baru di Sumatera dilakukan pada tanah ordo Ultisol (62,8%) yang pada tahun 1994 meliputi luas 9.927 ha. Sumatera Barat merupakan salah satu daerah pencetakan sawah baru tersebut, terutama di kabupaten Dharmasra yang telah memencetkan luas 3.907 ha (Suharta dan Soekardi, 1994). Nurhajati hakim (1982 dan 2006) melaporkan bahwa masalah utama pada tanah ordo Ultisol untuk pertanian adalah kelarutan Al dan Fe yang tinggi, dan miskin unsur hara N, P, K, serta miskin bahan organik.

Keracunan besi merupakan masalah utama pada sawah bukaan baru, terutama pada Ultisol. Keracunan besi menyebabkan pertumbuhan tanaman padi terhambat, daun bercak-bercak menuning, ujung daun bewarna coklat kemerah-merahan (Syafei *et. al.* 1993). Sahrawat (2000) melaporkan bahwa gejala keracunan besi ditandai dengan timbulnya bintik-bintik merah coklat pada daun, mulai dari ujung daun, menyebar sampai ke dasar daun. Breemen dan Moormann (1978) mengemukakan bahwa gejala keracunan besi berupa bronzing (merah kecoklatan) pada tanaman padi ditemukan mulai dari kepekatan Fe yang rendah sekitar 30 ppm sampai kepekatan tinggi sekitar 500 ppm. Mereka juga menjelaskan bahwa akibat keracunan besi jumlah anakan akan berkurang, sehingga berproduksi rendah.

Yusuf *et. al.* (1990) menjelaskan bahwa kondisi reduksi pada tanah masam seperti Ultisol dan Oxisol menyebabkan kelarutan Fe sangat tinggi dan dapat menyelubungi akar atau mengendap pada permukaan akar. Sistem akar tidak berkembang, sehingga kemampuan akar menyerap hara berkurang. Akibatnya, tanaman defisiensi unsur hara lainnya. Sajwan dan Lindsay (1986) mengemukakan bahwa bila kelarutan Fe tinggi di sekitar akar, maka akan terbentuk plak besi di permukaan akar. Plak ini akan mengurangi serapan Cu dan Zn bagi tanaman, sehingga defisiensi. Ottow *et. al.* (1983) menjelaskan bahwa kelebihan Fe pada tanaman padi menyebabkan naiknya permeabilitas membran akar padi, sehingga akar padi tidak selektif menyerap hara yang dibutuhkan. Burbey *et. al.* (1989) mengemukakan bahwa keracunan besi sering bersamaan dengan defisiensi unsur hara

makro. Seperti K, Ca, Mg, dan P. Harahap *et. al.* (1988) melaporkan bahwa tanaman yang keracunan besi di Riau dan Lampung, sebanyak 50% tanaman kahat K, 25% kahat P dan Zn dan 12% kahat Ca dan Mg. Nurhajati Hakim *et. al.* (2009 dan 2010) melaporkan gejala keracunan besi berupa bronzing di seluruh permukaan daun, selanjutnya daun menjadi kering dan mati. Di samping itu, jumlah anakan menjadi sangat terbatas, sehingga berproduksi rendah. Tanaman padi bahkan tidak menghasilkan malai pada kondisi keracunan besi sangat berat.

Prinsip utama penerapan metode SRI adalah pemberian air secukupnya atau pada kondisi kapasitas lapang atau retak rambut (field capacity). Secara fisiologis kondisi tersebut memungkinkan tanaman padi mendapatkan pasokan oksigen yang cukup, sehingga merangsang pertumbuhan anakan yang lebih banyak. Ditinjau dari sudut kimia tanah, kondisi tersebut menyebabkan kelarutan besi turun. Hasil penelitian Herviyanti (2007) menunjukkan bahwa pada tanah sawah yang digenangi berselang seling selama 3 minggu dan dikeringkan selama 3 minggu, selama 12 minggu pengamatan kelarutan Fe^{2+} turun dari 558 ppm menjadi 250 ppm. Sebaliknya pada yang digenangi terus menerus selama 12 minggu, kelarutan Fe^{2+} meningkat dari 558 ppm menjadi 1921 ppm. Penurunan kelarutan Fe^{2+} tersebut dapat terjadi karena pada kondisi tidak tergenang (aerob) reduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} terhambat. Oleh karena itu, penerapan metode SRI akan dapat mengendalikan keracunan besi.

Prinsip berikut dari penerapan metode SRI adalah penggunaan bahan organik yang maksimal (Kasim *et. al.* 2008). Ditinjau dari sudut kimia, pemberian bahan organik dapat mengurangi kelarutan besi melalui reaksi khelasi (Tan 1998).

Sumber utama bahan organik pada tanah sawah adalah dari pengembalian jerami padi ke dalam tanah. Komposisi hara dalam jerami padi mengandung kurang lebih 0,6 % N; 0,1 % P; 1,5 % K; 0,1 % S; 5 % Si dan 40 % C. Pembenanaman jerami ke dalam tanah sawah dapat meningkatkan kandungan C organik, N, P-tersedia, K, dan Si, sehingga meningkatkan hasil padi (Ponnamperuma, 1984). Metode SRI yang menggunakan pupuk kandang sapi sebanyak 15 ton ha^{-1} dapat menghasilkan 6,7 ton gabah ha^{-1} (Sumardi 2007). Penggunaan 10 ton pupuk kandang yang dikombinasikan dengan 50% pupuk buatan metode SRI mampu memberikan hasil sebanyak 6,8 ton gabah ha^{-1} (Agustamar, 2008).

Ditinjau dari sudut kimia tanah, penggunaan bahan organik sangat penting dalam mengendalikan keracunan besi. Menurut Tan (1998) pemberian senyawa organik dapat menurunkan aktifitas logam melalui pembentukan kompleks-organo-logam. Dalam hal ini

senyawa kompleks tersebut tidak meracuni tanaman seperti halnya senyawa an organik dari logam seperti Fe, Mn, Al, termasuk unsur Na. Selanjutnya Marsi (1997) melaporkan bahwa fraksi humat asal limbah organik jerami padi memiliki komponen muatan negatif yang tinggi (rerata 127,83 me /100 g), gugus karboksilat (rerata 4,27 me/100g), gugus fenolat rerata 10,59 me/g, serta mengandung 20,49 % C organic. Deconink (1980) mengemukakan bahwa bahan asam organik tersebut dapat mengikat logam seperti Fe dan Al, sehingga tidak meracun bagi tanaman. Nurhajati Hakim (1982), Nurhajati Hakim dan Helal (1999) serta Nurhajati Hakim (2000) melaporkan bahwa bahan organik dapat mengurangi kelarutan Al pada Ultisol, sehingga tidak meracun bagi tanaman. Melihat sifat-sifat kimia bahan organik tersebut, maka bahan organik terutama fraksi humat mempunyai potensi besar dalam memperbaiki dan reklamasi tanah sawah bukaan baru, terutama mengatasi keracunan Fe dan Al.

Penerapan metode SRI dengan kondisi air pada kapasitas lapang akan mempercepat proses perombakan bahan organik menghasilkan berbagai unsur hara dan asam organik. Di samping itu juga menghasilkan senyawa organik yang berperan dalam menkhelat unsur logam seperti Fe dan Al, sehingga kelarutan Fe dan Al akan berkurang.

Di samping itu, secara langsung fraksi humat yang dihasilkan dari perombakan bahan organik dapat berpengaruh dalam memperbaiki perkecambahan biji, perpanjangan dan inisiasi akar, pernafasan, pengambilan unsur hara dan perkembangan berat hijauan (Tan , 1996). Kononova (1966) melaporkan bahwa pemberian asam humat sebesar 0,0006 % dapat meningkatkan panjang akar sebesar 131 % dan panjang batang sebesar 136 %.

2.2. Titonia dan Jerami Padi sebagai Bahan Pupuk Organik

Titonia merupakan sumber bahan organik yang dapat dihasilkan *in situ* di lahan petani. Tanaman ini dapat tumbuh bagus dipinggir-pinggir saluran air, dipinggir-pinggir jalan, di pinggir danau dan di pinggir laut, memenuhi syarat untuk dijadikan pupuk hijau penghasil pupuk organik (Nurhajati Hakim dan Agustian, 2003, 2004a, 2004b). Nurhajati Hakim dan Agustian (2005a , 2005b) melaporkan bahwa titonia dapat dibudidayakan pada lahan kering bereaksi masam seperti Ultisol dengan pola pagar lorong berjarak 5 m (2000m baris/ha) atau pagar kebun 10mx10m(1900m baris/ha), dan dapat dipangkas setiap 2 bulan. Dengan teknik budidaya tersebut titonia dapat menghasilkan 6,6 sampai 6,8 ton bahan kering (sekitar 40 ton titonia segar) serta unsur hara sekitar 150 sampai 240 kg N dan 156 sampai 245 kg K per

tahun per 0,20 hektar lahan. Jika dibudidayakan pada lahan kosong terlantar, maka akan dapat dihasilkan sekitar 200 ton bahan segar/ha/tahun.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, Gusnidar (2007) mencoba membudidayakan titonia di pematang sawah intensifikasi, ternyata titonia dapat tumbuh dengan baik sampai kedalaman genangan air 7,5cm. Ia melaporkan bahwa dari panjang pematang 2000m /ha, titonia dapat menghasilkan bahan organik sebanyak 6.6 ton, serta unsur hara sekitar 270 kg N, 15 kg P, dan 284 kg K per tahun. Jika panjang pematang hanya 1000m / ha, maka akan dihasilkan bahan organik dan unsur hara 50% dari jumlah tersebut. Dengan demikian, jelaslah bahwa peluang untuk menghasilkan bahan organik insitu melalui budidaya titonia di pematang sawah sangat besar. Upaya tersebut akan membebaskan petani dari biaya transportasi bahan organik.

Pada tahun 2010 Nurhajati hakim *et. al.* (2010) telah mencoba membudidayakan titonia di sekitar sawah bukaan baru di Sitiung I. Hasil penelitian mereka disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh tempat budidaya dan inokulasi mikroba (mikoriza dan bakteri pelarut fosfat=BPF) terhadap hasil bahan kering titonia di sekitar sawah bukaan baru di Sitiung, Sumatera Barat, tahun 2010 (Nurhajati Hakim *et. al.* 2010)

Perlakuan	A1=Tepi jalan usaha tani/ saluran irigasi sekunder	A2=Tepi jalan usaha tani/ saluran irigasi primer	A3=pematang sawah	Pengaruh utama inokulan mikroba (B)
	Bobot kering pangkasan I (kg/5m baris)			
B1 = tanpa mikroba	0,313 b B	0,535 b A	0,507 b A	0,452 b
B2 = Mikoriza+BPF	0,631 a A	0,746 a A	0,730 a A	0,702 a
Pengaruh utama lokasi budidaya (A)	0,472 B	0,641 A	0,619 A	
Bobot kering pangkasan II (kg/5m baris)				
B1 = tanpa mikroba	0,881 a A	0,420 a B	1,007 b A	0,769 b
B2 = Mikoriza+BPF	1,023 a A	0,607 a B	1,618 a A	1,083 a
Pengaruh utama lokasi budidaya (A)	0,952 B	0,514 C	1,313 A	
Total Bobot kering pangkasan I+II (kg/5m baris)				
B1 = tanpa mikroba	1,194 b B	0,955 b B	1,514 b A	1,221 b
B2 = Mikoriza+BPF	1,654 a B	1,353 a C	2,348 a A	1,785 a
Pengaruh utama lokasi budidaya (A)	1,424 B	1,154 C	1,931 A	

* angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil berbeda, dan huruf besar berbeda pada baris yang sama, adalah berbeda nyata menurut BNJ 5%

Tanpa inokulasi dengan mikroba, untuk 2 kali pemangkasan dihasilkan bahan kering tironia sebanyak 1,221kg/5m baris, atau sebanyak 3,663 kg/5m baris jika dipangkas 6 kali dalam setahun. Hasil tersebut sama dengan 0,733 kg/m baris/tahun. Berbeda dengan bibit yang diinokulasi dengan mikoriza dan BPF yang mampu menghasilkan total bahan kering untuk 2 kali pangkas sebanyak 1,785 kg/5m baris, atau sebanyak 5,355 kg/5m baris jika dipangkas 6 kali dalam setahun. Hasil tersebut sama dengan 1,071 kg/m/tahun. Hasil bahan kering tironia setara 1,071 kg/m baris/tahun di pinggir jalan usaha tani atau di pematang sawah tersebut sudah cukup menggembirakan karena kalau dalam satu hektar terdapat 2000 m baris tironia, maka akan dihasilkan sebanyak 2,142 ton bahan kering. Bahan tersebut sudah cukup untuk membuat POTP seperti yang disarankan (Nurhajati Hakim *et. al.* 2010).

Penambahan bahan organik telah dibuktikan dapat meningkatkan kelarutan unsur P Stevenson (1994) melukiskan pelepasan unsur P yang terikat Al oleh asam organik seperti reaksi berikut:



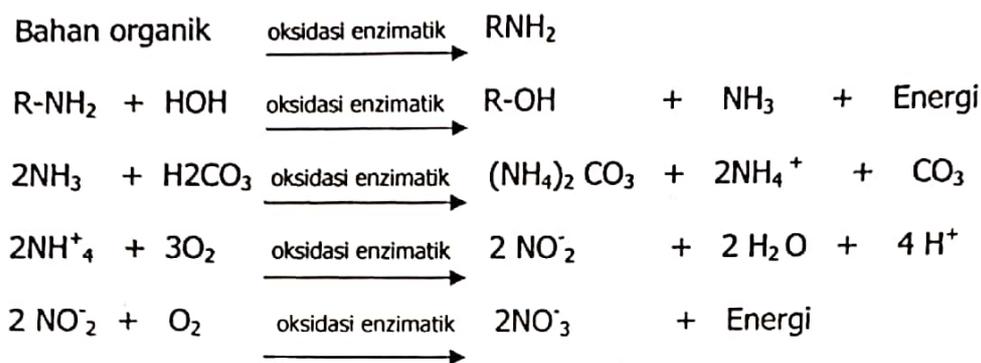
Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa penggunaan tironia, di samping menyumbangkan hara yang terkandung dalam dirinya, juga mampu melarutkan unsur hara yang terikat dalam tanah.

Di Kenya, tanaman jagung yang dipupuk dengan tironia setara 60kgN/ha menghasilkan pipilan kering 4ton ha⁻¹, sedangkan yang dipupuk dengan Urea setara 60 kgN/ha hanya sebanyak 3,7ton ha⁻¹ (Sanchez dan Jama, 2000). Dari laporan ICRAF (1998) diketahui bahwa tironia juga efektif dalam menyumbangkan K bagi tanaman. Jagung yang dipupuk dengan Urea + 60kgK dari KCl menghasilkan 4,8ton ha⁻¹, sedangkan dengan tironia setara 60kg N tanpa penambahan KCl diperoleh hasil sebanyak 4,6 ton/ha. Berarti tironia dapat mensubstitusi kebutuhan N dan K tanaman jagung, setara 60 kg N dan 60kg K ha⁻¹.

Nurhajati Hakim dan Agustian (2004 dan 2005) melaporkan bahwa kebutuhan NK pupuk buatan untuk tanaman cabai, jahe, dan jagung pada Ultisol dapat disubstitusi (digantikan) sebanyak 50% dengan NK dari tironia. Pengurangan 50% pupuk buatan dengan tironia tersebut memberikan hasil cabai segar sebanyak 9,36 ton ha⁻¹ dan jahe segar sebanyak 13,25 ton ha⁻¹, hasil jagung sebanyak 3,86 tonha⁻¹ sedangkan dengan 100% pupuk buatan hanya sebanyak 8,24 ton cabai ha⁻¹, dan 9,8 ton jahe ha⁻¹. Dengan kadar hara rata-rata 2,5% N, 2,5% K, dan 0,25% P, maka penggunaan tironia sebanyak 4 ton/ha akan

menyumbangkan minimal sebanyak 100 kg N, 100 kg K, dan 10 kg P. Jumlah tersebut dapat mengurangi penggunaan pupuk butan N, P, dan K hingga 50%.

Sebagaimana diketahui, bahan organik adalah sumber N utama dalam tanah. Bahan organik akan dirombak dengan bantuan mikroba tanah menjadi senyawa amina(aminasi). Amina akan diubah menjadi amonium (ammonifikasi), dan selanjutnya ammonium diubah menjadi nitrit dan nitrat(nitrifikasi). Nurhajati Hakim *et. al.* (1986) melukiskan mekanisme pelepasan N dari bahan organik tersebut sebagai berikut:



Melalui mekanisme tersebut , N yang terkandung dalam tironia akan dibebaskan ke dalam tanah, sehingga tersedia bagi tanaman. Gusnidar (2007) melaporkan bahwa pemanfaatan 2,5 ton tironia + 150 kg Urea pada sawah intensifikasi, dapat memberikan hasil padi yang tinggi sebanyak 8,08 ton ha⁻¹. Diharapkan hasil yang sama juga akan diperoleh dengan penggunaan tironia pada sawah bukaan baru.

Jerami padi adalah sumber utama bahan organik pada tanah sawah, tetapi kebiasaan petani lebih senang membakar jerami, dengan pertimbangan mudah dilaksanakan. Sejak penerapan metode SRI, pemanfaatan jerami mulai menjadi perhatian (Deptan, 2004). Guna mempercepat pelapukan jerami dilakukan pengomposan dengan agen hayati seperti *Trichoderma Harzianum* (Yanti Mala , 1995). Sri Adiningsih (1998) melaporkan bahwa pengembalian 5 ton jerami ha⁻¹ pada tanah sawah kahat K, dapat mengurangi penggunaan pupuk K. Selanjutnya Sri Adiningsih (1988, dalam Deptan, 2004) menyatakan bahwa penggunaan jerami padi selama 6 musim tanam di Sukabumi dapat meningkatkan efisiensi pemupukan N dan P, sehingga meningkatkan produksi padi. Pemnfaatan 5 ton jerami yang ditambah 200 kg urea dan 150 kg TSP per hektar di Sumatera Barat dapat memberikan hasil sebanyak 7 ton ha⁻¹, sedangkan penggunaan 5 ton jerami yang disertai pupuk N, P, dan K serta kapur dolomite dapat meningkatkan hasil sebanyak 40 % (1,7 ton ha⁻¹).

Nurhajati hakim (1982, 2006) mengemukakan bahwa bahan organik dan kapur adalah komponen utama untuk mengendalikan kelarutan Al yang meracun pada Ultisol. Dekomposisi bahan organik yang menghasilkan asam-asam organik akan mengkhelat unsur Al, termasuk Fe. Oleh karena itu, penambahan kapur dalam pelapukan jerami diharapkan memberikan pengaruh ganda dalam mengendalikan keracunan Fe dan Al pada Ultisol.

2.3. Pengaruh Pemanfaatan POTP terhadap Kelarutan Besi dan Kadar Hara lain

Nurhajati Hakim *et. al.* (2009) menjelaskan bahwa kadar Fe^{2+} tanah sawah bukaan baru (baru disawahkan pertama kali) cenderung menurun dengan perpanjangan masa inkubasinya dengan pupuk organik titonia plus (POTP). Masa inkubasi yang lebih tepat adalah selama 3 minggu karena menurunkan kelarutan besi hingga 117 ppm (Tabel 2). Oleh karena itu, masa inkubasi POTP dengan tanah sawah bukaan baru selama 3 minggu dipilih untuk percobaan lapangan di Sitiung Dharmasraya (Tabel 3). Nurhajati Hakim *et. al.* (2010) melanjutkan pemanfaatan POTP untuk mengendalikan keracunan besi pada tahun II dengan sedikit modifikasi perlakuan. Pada tahun II tersebut Nurhajati Hakim *et. al.* (2010) mengambil sampel tanah sebelum diberi POTP lagi (setelah panen tahun I) dan setelah dinkubasi 3 minggu dengan POTP yang diberikan pada tahun II, dan hasilnya seperti pada Tabel 3.

Tabel 2. Kadar Fe^{2+} akibat pemberian berbagai komposisi bahan pupuk organik titonia plus dan masa inkubasinya dengan tanah sawah bukaan baru dalam pot di Rumah Kaca (Nurhajati Hakim *et. al.* 2009)

Kode	Komposisi titonia dan jerami ha^{-1} Dalam pembuatan POTP untuk 1 ha	Pupuk buatan	Kadar Fe^{2+} pada masa inkubasi berbeda (ppm)			
			A1	A2	A3	Rerata
B1	0 ton titonia + 5 ton jerami padi	75%	512,17	356,87	105,83	324,96
B2	2 ton titonia + 0 ton jerami padi	75%	363,51	360,92	138,97	287,80
B3	2 ton titonia + 5 ton jerami padi	50%	505,55	96,64	63,44	221,88
B4	4 ton titonia + 5 ton jerami padi	25%	352,90	157,26	158,98	223,05
	Rerata		433,53	179,45	116,81	
K	Kontrol 100% pupuk buatan	100%	884,89			

Tabel 3. Kadar Fe^{2+} akibat pemberian berbagai komposisi bahan pupuk organik titonia plus pada umur sawah bukaan baru yang berbeda di Sitiung Dharmasraya, tahun I (Nurhajati Hakim *et. al.* 2009)

Kode	Kombinasi bahan POTP	Pupuk buatan	Kadar Fe^{2+} pada umur sawah berbeda (ppm)	
			A1 = 0 tahun	A2=2 tahun
	Titonia + jerami padi			
B1	0 ton titonia + 5 ton jerami padi	75%	404	120
B2	2 ton titonia + 0 ton jerami padi	75%	340	192
B3	2 ton titonia + 5 ton jerami padi	50%	395	154
B4	4 ton titonia	25%	354	42
B5	2 ton pupuk kandang	75%	395	95
K	Kontrol 100% pupuk buatan	100%	398	121

Catatan : 1. Bobot jerami padi, titonia, dan pupuk kandang setara bobot kering tetap
 2. Semua perlakuan diberi 500 kg kapur/ha
 3. Masa Inkubasi POTP dengan tanah 3 minggu

Tabel 4. Kadar Fe^{2+} tanah sawah bukaan baru pada umur berbeda di Sitiung Dharmasraya, sebelum dan setelah diinkubasi dengan berbagai jenis POTP selama 3 minggu pada kadar air kapasitas lapang tahun II (Nurhajati Hakim *et. al.* 2010)

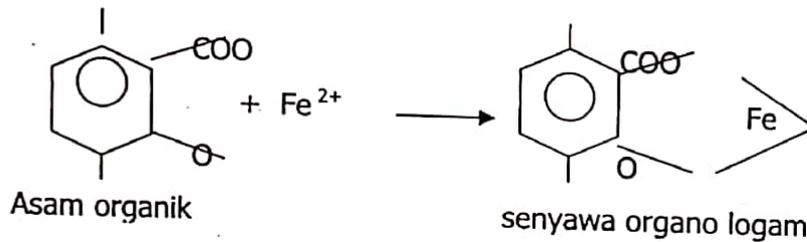
Kode	Komposisi bahan POTP untuk 1 ha lahan (semua diberi 500kg kapur)	Fe^{2+} pada umur sawah 1 dan 3 tahun (ppm)					
		A1 (1 tahun)			A2 (3 tahun)		
		Awal	akhir	turun	awal	akhir	turun
B1	0 t titonia + 5 t jerami +75% pb*	296,20	50,61	245,59	168,07	70,76	97,31
B2	2 t titonia + 0 t jerami +75% pb	196,20	46,11	150,09	177,51	98,61	78,90
B3	2 t titonia + 5 t jerami +50% pb	304,34	52,48	251,86	323,63	96,87	226,76
B4	4 t titonia + 0 t jerami +50% pb	173,19	98,51	74,68	195,53	65,05	130,48
B5	2 t titonia + 5 t jerami+2 t pukan + 25% pb	310,43	32,67	277,76	89,80	46,05	43,75
B6	Hanya diberi kapur saja	345,52	270,43	75,09	126,60	102,88	23,72

*pb = pupuk buatan (TSP,KCl,Kiserit),kecuali Urea diberikan kedalam pembuatan POTP

Pada Tabel 3 Nurhajati Hakim *et. al.* (2009) menjelaskan bahwa kelarutan Fe pada sawah umur 0 tahun jauh lebih tinggi (>300 ppm) daripada umur 2 tahun (<200 ppm). Penurunan kelarutan Fe yang lebih jelas lagi akibat pemberian POTP dikemukakan Nurhajati Hakim *et. al.* (2010) pada Tabel 3. Mereka menunjukkan bahwa pada sawah umur 1 tahun dengan POTP kelarutan Fe turun sebesar 75 -278 ppm, sedangkan pada sawah umur 3 tahun

sebanyak 44 – 227 ppm, sehingga kadar Fe <100 ppm. Mereka menjelaskan bahwa penurunan kelarutan Fe dengan penambahan POTP disebabkan oleh pengikatan Fe²⁺ oleh asam-asam organik yang dihasilkan pelapukan POTP. Marsi (1997) melaporkan bahwa fraksi humat asal limbah organik jerami padi memiliki komponen muatan negatif yang tinggi (rerata 127,83 me /100 g), gugus karboksilat (rerata 4,27 me/g), gugus fenolat rerata 10,59 me/g, serta mengandung 20,49 % C-organic. Deconink (1980) menyatakan bahwa asam organik tersebut dapat mengikat logam seperti Fe, sehingga tidak meracuni bagi tanaman.

Hasil penelitian Gusnidar (2007) sangat menarik karena dari pelapukan tinitonia telah ditemukan berbagai asam organik, seperti asam asetat, galat, propionat, salisilat, sitrat, suksinat, dan tartarat. Oleh karena itu, Nurhajati Hakim *et.al.* (2009 dan 2010) meyakini bahwa asam-asam organik yang dilepaskan dari POTP telah berhasil menurunkan kelarutan besi pada sawah bukaan baru, sehingga mampu mengendalikan keracunan besi. Penurunan kelarutan Fe²⁺ akibat diinkubasi dengan POTP selama 3 minggu, jelas disebabkan oleh reaksi khelasi Fe²⁺ oleh senyawa organik yang dihasilkan POTP. Reaksi yang mungkin terjadi adalah sebagai berikut :



Pada kondisi demikian Fe tidak lagi larut, sehingga kelarutan Fe berkurang dengan penambahan bahan organik yang menghasilkan asam-asam organik. Kadar Fe < 200 ppm pada tahun I dan < 100ppm pada tahun II tidak lagi mengganggu pertumbuhan tanaman padi

Di samping menurunkan kelarutan Fe²⁺ yang meracuni, pemanfaatan POTP telah meningkatkan ketersediaan unsur hara seperti N, P, dan K pada sawah bukaan baru (Tabel 5), baik umur 0 tahun maupun pada sawah umur 2 tahun (Nurhajati Hakim *et. al.* 2009). Hal yang sama juga terjadi akibat pemberian POTP pada tahun II (Tabel 6 dan 7). Pada Table 5, 6 dan 7 tampak bahwa kadar N, P dan K lebih tinggi pada sawah umur 2 tahun, yang dapat disebabkan oleh sisa pupuk selama masa tanam 2 tahun sebelumnya (Nurhajati Hakim *et. al.* 2010).

Tampaknya, kadar hara N, P, dan K tanah sawah bukaan baru pada tahun 2010 telah lebih tinggi dari pada tahun 2009 (Tabel 5, 6, dan 7). Hal itu menunjukkan bahwa pemberian POTP telah dapat meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan, dan diharapkan meningkatkan produksi padi secara berkelanjutan juga (Nurhajati Hakim *et. a.* 2010).

Tabel 5. Hasil analisis N P, dan K pada sawah bukaan baru umur berbeda yang diukur setelah 3 minggu diinkubasi dengan POTP dan dilumpurkan selama 1 minggu di Sitiung Dharmasraya, tahun 2009 (Nurhajati Hakim *et. a.* 2009)

Perlakuan	N-total (%)		NH4(ppm)		NO3(ppm)		P(ppm)		K(me100g ⁻¹)	
	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
B1	0,12	0,16	25,84	6,53	11,52	12,27	23,90	28,18	0,67	0,60
B2	0,20	0,44	15,95	7,67	16,73	28,25	23,33	26,27	0,61	0,58
B3	0,19	0,22	38,93	17,69	15,65	34,57	18,04	27,27	0,52	0,80
B4	0,15	0,18	13,48	6,07	9,29	26,77	22,55	25,59	0,64	0,73
B5	0,16	0,41	30,85	9,00	16,36	14,87	28,29	21,87	0,72	0,78
K	0,17	0,14	10,21	6,53	10,41	23,42	27,05	22,09	0,66	0,76
Rata-rata	0,17	0,26	22,54	8,92	13,32	23,35	23,86	25,22	0,64	0,70

Tabel 6. Kadar N-total tanah sawah bukaan baru di Sitiung pada umur berbeda sebelum dan setelah diinkubasi dengan berbagai jenis POTP selama 3 minggu dengan kadar air kapasitas lapang, tahun 2010 (Nurhajati Hakim *et. a.* 2010)

kode	Komposisi bahan POTP untuk 1 ha lahan (semua diberi 500kg kapur)	N-Total (%)			
		A1(1tahun)		A2(3 tahun)	
		Awal	akhir	awal	akhir
B1	0 t titonia + 5 t jerami +75% pb*	0,27	0,32	0,26	0,38
B2	2 t titonia + 0 t jerami +75% pb	0,26	0,27	0,27	0,41
B3	2 t titonia + 5 t jerami +50% pb	0,30	0,37	0,27	0,41
B4	4 t titonia + 0 t jerami +50% pb	0,39	0,41	0,37	0,46
B5	2 t titonia + 5 t jerami+2 t pukan + 25% pb	0,28	0,45	0,34	0,35
B6	Hanya diberi kapur saja	0,16	0,30	0,13	0,29

*pb = pupuk buatan (TSP,KCl,Kiserit),kecuali Urea diberikan kedalam pembuatan POTP

Tabel 7 Kadar P dan K tanah sawah bukaan baru di Sitiung pada umur berbeda, sebelum dan setelah diinkubasi dengan berbagai jenis POTP selama 3 minggu pada kadar air kapasitas lapang tahun 2010 (Nurhajati Hakim *et. al.*2010)

ode	Komposisi bahan POTP untuk 1 ha lahan (semua diberi 500kg kapur)	P tersedia (ppm)				K-dd (me/100g)			
		A1(1 tahun)		A2(3 tahun)		A1(1tahun)		A2(3 tahun)	
		awal	akhir	Awal	akhir	awal	akhir	awal	Akhir
B1	0 t titonia + 5 t jerami +75% pb*	1,39	16,79	1,13	20,09	0,87	1,89	0,95	2,25
B2	2 t titonia + 0 t jerami +75% pb	2,03	14,48	1,41	17,39	0,97	1,74	1,03	2,20
B3	2 t titonia + 5 t jerami +50% pb	3,90	12,70	19,56	23,44	0,87	1,88	0,92	2,23
B4	4 t titonia + 0 t jerami +50% pb	3,26	40,65	1,38	32,21	0,88	1,62	1,02	2,06
B5	2 t titonia + 5 t jerami+2 t pukan + 25% pb	2,26	35,55	6,32	32,27	0,87	2,78	1,23	2,43
B6	Hanya diberi kapur saja	3,19	12,09	1,13	3,89	0,86	1,10	1,12	1,15

*pb = pupuk buatan (TSP,KCl,Kiserit),kecuali Urea diberikan kedalam pembuatan POTP

2.4. Pengaruh POTP terhadap hasil padi pada Sawah Bukaan Baru

Nurhajati hakim *et. al.* (2009) melaporkan bahwa pengaruh utama masa inkubasi POTP dengan tanah sawah bukaan baru dan pengaruh utama jenis POTP adalah nyata terhadap hasil gabah kering varietas Batang Piaman di Rumah Kaca, sedangkan pengaruh utama POTP tidak nyata sesamanya, tetapi berbeda nyata dengan kontrol atau 100% pupuk buatan (Tabel 8). Dengan kata lain semua kombinasi bahan POTP relatif sama baiknya.

Tabel 8. Bobot gabah kering padi varietas Batang Piaman pada tanah sawah bukaan baru yang dipengaruhi berbagai jenis POTP dan masa inkubasinya dengan tanah dalam pot di Rumah Kaca (Nurhajati Hakim *et. al.* 2009)

	Komposisi titonia dan jerami ha ⁻¹ Dalam pembuatan POTP untuk 1 ha	Bobot gabah kering (g/pot)				
		Masa inkubasi			Pengaruh Utama (PU) Jenis POTP	
		A1	A2	A3		
B1	0 ton titonia + 5 ton jerami padi	18,50	33,08	34,45	28,68	a *
B2	2 ton titonia + 0 ton jerami padi	25,80	26,90	32,10	28,27	a
B3	2 ton titonia + 5 ton jerami padi	29,85	21,10	26,25	25,73	a
B4	4 ton titonia + 5 ton jerami	25,80	30,15	25,90	27,28	a
K	Kontrol 100%pupuk buatan	Tidak menghasilkan gabah karena keracuan Fe				
Pengaruh Utama masa inkubasi		24,99 B	27,81 AB	29,68 A		

*angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil berbeda, dan huruf besar berbeda pada baris yang sama, adalah berbeda nyata pada taraf BNJ 5%

Nurhajati Hakim *et. al.*, (2009) melaporkan bahwa hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh interaksi yang nyata antara POTP dan umur sawah bukaan baru terhadap hasil gabah padi pada sawah bukaan baru di lapangan. Pada Tabel 9, tampak bahwa hasil gabah pada sawah umur 2 tahun lebih tinggi sebesar 0,95 ton ha⁻¹ bila dibandingkan dengan sawah umur 0 tahun, tetapi tidak berbeda nyata. Hasil gabah tersebut sejalan dengan perbaikan sifat kimia tanah pada Tabel 4 dan 6, terutama penurunan kelarutan Fe serta peningkatan ketersediaan NO₃ dan P. Kelarutan Fe sudah lebih rendah pada sawah umur 2 tahun (< 200 ppm) daripada sawah umur 0 tahun (>300 ppm). Ketersediaan N dalam bentuk NO₃ pada sawah umur 2 tahun lebih tinggi (rerata 23,35 ppm) daripada umur 0 tahun (rerata 13,32 ppm). Kadar P-tersedia pada sawah umur 2 tahun juga lebih tinggi. Semuanya itu telah memberikan hasil gabah yang lebih tinggi pada sawah umur 2 tahun.

Tabel 9. Hasil gabah padi varietas IR₆₆ yang dipengaruhi berbagai jenis POTP pada umur sawah bukaan baru yang berbeda di Sitiung, kecamatan Koto baru, kabupaten Dharmasraya(Nurhajati hakim *et. al.* 2009)

Komposisi bahan POTP	Bobot gabah kering (ton ha ⁻¹)		Pengaruh Utama POTP
	Umur sawah		
	A1=0tahun	A2=2tahun	
B1 0 ton titonia + 5 ton jerami + 75% pb	3,57 ab	4,25 a	3,91 a
B2 2 ton titonia + 0 ton jerami + 75% pb	4,08 a	4,17 a	4,13 a
B3 2 ton titonia + 5 ton jerami + 50% pb	4,02 a	3,74 ab	3,88 a
B4 4 ton titonia + 50% pb	2,36 b	3,14 b	2,75 b
B5 2 ton pukan +75% pb	2,08 b	4,96 a	3,52 ab
K Kontrol (100% pupuk buatan)	3,06 ab	4,65 a	3,86 a
PU umur sawah	3,20 A	4,15 A	

*angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf kecil berbeda, dan huruf besar berbeda pada baris yang sama, adalah berbeda nyata pada taraf BNJ 5%

Berdasarkan hasil gabah pada Tabel 6, Nurhajati Hakim *et. al.* (2009) menjelaskan bahwa pada sawah umur 0 tahun (sawah baru saja dibuka), hasil gabah yang relatif sama dan lebih tinggi daripada perlakuan lainnya, diperoleh pada perlakuan B2 (2 ton titonia ha⁻¹ + 75 % pupuk buatan) dan B3 (2 ton titonia + 5 ton jerami padi ha⁻¹ + 50 % pupuk buatan) yaitu 4,08 dan 4,02 ton ha⁻¹. Hasil gabah pada kedua jenis POTP tersebut tidak berbeda nyata

dengan perlakuan B1 (5 ton jerami ha^{-1} + 75% pupuk buatan) dan B6 (100% pupuk buatan), tetapi berbeda nyata terhadap perlakuan B4 (4 ton tironia ha^{-1} + 25% pupuk buatan) dan B5 (10 ton pupuk kandang ha^{-1} + 75% pupuk buatan). Dibandingkan terhadap perlakuan 100% pupuk buatan, kedua jenis POTP B2 dan B3 tersebut meningkatkan hasil gabah sebesar 1,02 dan 0,96 ton ha^{-1} atau sama dengan 33 dan 30 %. Mengingat jerami selalu dihasilkan di sawah tiap kali panen, dan pupuk buatan dapat dikurangi sebanyak 50 %, maka dapat dinyatakan bahwa jenis POTP yang dibuat dari 2 ton tironia ha^{-1} + 5 ton jerami padi ha^{-1} + 50 % pupuk-buatan (B3) adalah pilihan yang lebih tepat guna memperoleh hasil gabah sekitar 4 ton pada sawah yang baru dari Ultisol. Pada sawah bukaan baru umur 2 tahun, terbuka banyak pilihan guna mengatasi keracunan besi, sehingga diperoleh hasil padi yang lebih tinggi (sekitar 4 ton ha^{-1}) yaitu, berupa kompos dari 5 ton jerami ha^{-1} + 75% pupuk buatan, atau POTP dari 2 ton tironia ha^{-1} + 75% pupuk buatan, atau POTP dari 2 ton tironia ha^{-1} + 5 ton jerami ha^{-1} + 50% pupuk buatan, atau kompos dari 2 ton pupuk kandang ha^{-1} + 75 % pupuk buatan .

Hasil gabah padi sekitar 4 ton ha^{-1} gabah kering giling (kadar air 14%) yang diperoleh dengan penggunaan POTP pada sawah bukaan baru di Sitiung ini sejalan dengan prediksi hasil percobaan pot di rumah kaca. Hasil gabah sekitar 4 ton ha^{-1} dapat dinyatakan suatu hasil yang sangat memuaskan karena hasil yang diperoleh petani pada sawah bukaan baru tersebut hanya sekitar 2 – 2,5 ton ha^{-1} (diamati langsung di sawah petani sekitarnya), bahkan tidak menghasilkan (Nurhajati Hakim *et. al.* 2009). Hasil gabah sekitar 4 ton ha^{-1} tersebut sudah menyamai hasil padi rata-rata di Sumatera Barat yang berkisar 4 – 5,5 ton ha^{-1} (Kompas, 2007). Akan tetapi, hasil gabah 4 ton ha^{-1} tersebut masih jauh di bawah hasil padi pada sawah intensifikasi yang sudah mantap yang bisa mencapai 8 ton/ha dengan pemberian 2,5 ton tironia (Gusnidar , 2007).

Hasil gabah pada tahun II pemanfaatan POTP dapat dilihat pada Table 10. Dari Tabel 10 dapat dihitung bahwa hasil gabah lebih tinggi secara nyata pada sawah umur 3 tahun sebesar 1,151 ton/ha jika dibandingkan terhadap sawah umur 1 tahun. Hasil gabah yang lebih tinggi pada sawah umur 3 tahun tersebut sangat dipengaruhi oleh sifat dan ciri kimia tanah yang sudah lebih baik pada sawah umur 3 tahun tersebut. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, bahwa pada sawah bukaan baru umur 3 tahun, kadar Fe lebih rendah (Tabel 4), sedangkan kadar N-total, kadar P dan K (Tabel 5) lebih tinggi daripada sawah umur 1 tahun. Kadar Fe yang lebih rendah pada sawah umur 3 tahun tersebut telah menyebabkan

keberadaan Fe tidak lagi bersifat meracun bagi tanaman padi, sehingga akar berkembang dengan bagus. Perkembangan akar yang bagus memungkinkan serapan hara lebih banyak, sehingga mendorong pertumbuhan tanaman dan akhirnya memberikan hasil gabah yang lebih tinggi daripada sawah umur 1 tahun.

Tabel 10. Pengaruh utama umur sawah, pengaruh utama POTP dan interaksi umur sawah (A) dengan POTP (B) terhadap hasil gabah padi varietas Ciherang (KA 14%) di Sitiung, Dharmasraya Sumatera Barat, tahun 2010 (Nurhajati Hakim *et. al.* 2010).

kode	Perlakuan POTP	Umur sawah (A)		Pengaruh utama POTP (B)
		A1=1tahun	A2=3tahun	
B1	0 t titonia + 5 t jerami + 75 pb*	3.987	5.907	4,947 A
B2	2 t titonia + 0 t jerami + 75 pb	3.918	5,503	4,711 A
B3	2 t titonia + 5 t jerami + 50 pb	4.033	4,670	4,352 B
B4	4 t titonia + 0 t jerami + 50 pb	3.814	4,805	4,310 B
B5	2 t titonia + 5 t jerami+2 t pukan + 25 pb	4.785	5,407	5,096 A
Pengaruh utama umur sawah (A)		4.107 B	5,258 A	

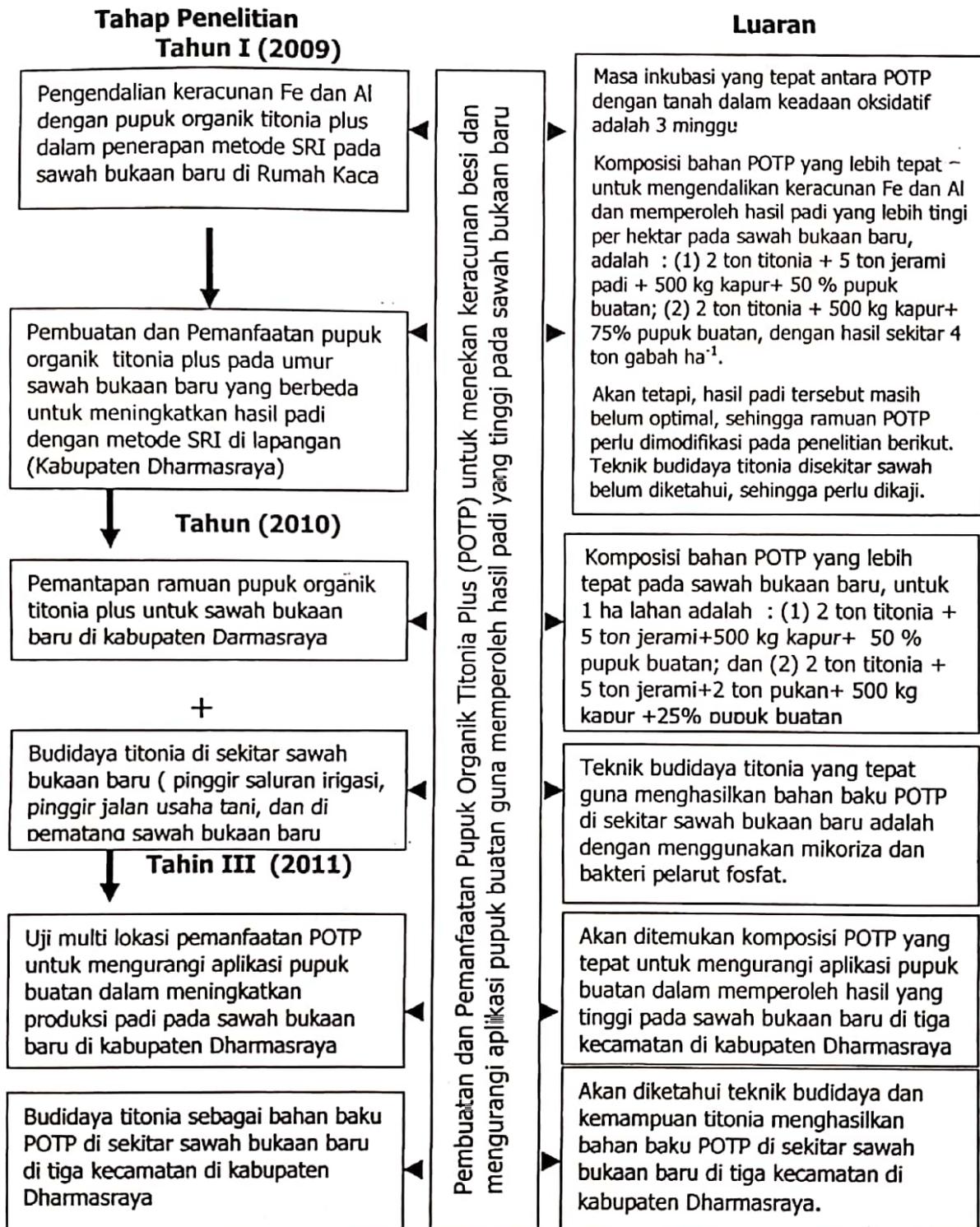
* angka dalam kolom dan baris yang sama yang diikuti oleh huruf kecil berbeda, dan huruf besar berbeda pada baris dan kolom yang sama, adalah berbeda nyata menurut BNJ 5%

Selanjutnya, bila diperhatikan pengaruh utama POTP (Tabel 13), maka dapat dinyatakan bahwa POTP B1 (5 t jerami +500kg kpr), B2 (2 t titonia +500kg kpr), dan B5 (2 t titonia+ 5t jerami+2t pukan+500kg kpr) memberikan hasil yang relatif sama bagusnya, dan lebih tinggi secara nyata berturut-turut sebesar 0,6; 0,4; dan 0,8 ton/ha bila dibandingkan terhadap B3 dan B4. Hal itu dapat dihubungkan dengan kadar Fe yang juga sedikit lebih rendah pada ketiga perlakuan tersebut (Tabel 4). Di samping itu juga dapat disebabkan oleh tingginya penggunaan pupuk buatan pada B1 dan B2, yaitu 75% dari kebutuhan tanaman padi, sedangkan pada B5, meskipun pupuk buaatannya hanya 25% dari kebutuhan tanaman, tetapi bahan POTPnya di samping dari titonia dan jerami juga ditambah dengan pupuk kandang. Dengan demikian perlakuan B5 tersebut berpeluang mendapatkan hara lebih banyak, sehingga tumbuh lebih baik dan menghasilkan gabah lebih banyak.

III. PROSEDUR KERJA

3.1. Sistematika Penelitian

Sistematika penelitian selama 3 tahun (2009-2011) disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Sistematika Penelitian selama 3 tahun (2009-2011)

Penelitian Tahun I diawali dengan percobaan pot di Rumah Kaca Universitas Andalas Padang dan percobaan di lapangan pada sawah bukaan baru dari Ultisol di Sitiung, kecamatan Koto Baru di kabupaten Dharmasraya, provinsi Sumatera Barat. Pada tahun I terdiri atas 2 percobaan, di rumah kaca dan lapangan. Pada tahun II terdiri atas 2 percobaan, berupa pemanfaatan POTP untuk budidaya padi pada sawah bukaan baru di lapangan selama 1 musim tanam, dan budidaya titonia di sekitar sawah bukaan baru.

Penelitian ini semula direncanakan selama 2 tahun (2009-2010), tetapi mengingat hasilnya sudah cukup bagus untuk didesiminasikan segera, maka perlu dilanjutkan setahun lagi dalam bentuk uji multi lokasi (2011). Pada tahun III ini, penelitian ini dilaksanakan di tiga kecamatan yaitu di kecamatan Pulau Punjung, Sitiung, dan di kecamatan Koto Salak di kabupaten Dharmasraya. Lokasi percobaan dapat dilihat pada Peta Kabupaten Dharmasraya (Lampiran 1). Sawah bukaan baru di kecamatan Pulau Punjung berumur 5 tahun, di Sitiung 2 tahun, dan kecamatan Koto Salak 3 tahun. Semua tanah sawah bukaan baru ini dicetak di atas tanah berordo Ultisol (Podzolik Merah Kuning).

Di masing-masing kecamatan terdapat 2 percobaan, berupa budidaya padi dengan pemanfaatan POTP pada sawah bukaan baru di lapangan selama 1 musim tanam, dan budidaya titonia di sekitar sawah bukaan baru, selama 2 kali pangkas (sekitar 6 bulan).

3.2. Percobaan I, Tahun III

- Judul : Uji Multi Lokasi Pemanfaatan Pupuk Organik Titonia Plus (POTP) untuk mengurangi kelarutan besi dan mengurangi aplikasi pupuk buatan (50%) dalam meningkatkan produksi padi pada Sawah Bukaan Baru di Kabupaten Dharmasraya.
- Tujuan : Untuk menemukan komposisi POTP yang lebih tepat guna menurunkan kelarutan besi hingga tidak meracun (<100 ppm), dan mengurangi aplikasi pupuk buatan hingga 50%, tanpa menurunkan hasil padi daripada 100% pupuk buatan pada sawah bukaan baru dari Ultisol di tiga Kecamatan (Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak) di Kabupaten Dharmasraya.

3.2. 1. Rancangan Percobaan

Berdasarkan hasil percobaan pot dirumah kaca dan hasil percobaan lapangan selama 2 tahun, Sitiung kabupaten Dharmasraya, dapat dinyatakan bahwa ada dua masalah besar dalam budidaya tanaman padi pada sawah bukaan baru yaitu; (1) keracunan besi, dan (2) miskin unsur hara terutama N, P, K, Ca, dan Mg. Penggunaan bahan organik berupa Pupuk Organik Titonia Plus (POTP) dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan keracunan besi dan

sekaligus mengurangi aplikasi pupuk buatan. Komposisi POTP untuk mengurangi aplikasi pupuk buatan 50% dan menekan kelarutan besi hingga <100ppm untuk 1 ha lahan adalah 2 ton titonia+5ton jerami+500kg kapur+50% pupuk buatan, sedangkan untuk mengurangi aplikasi pupuk buatan 75% adalah 2 ton titonia+5ton jerami+2ton pupuk kandang+500kg kapur+25% pupuk buatan.

Apakah komposisi POTP tersebut akan tepat juga di berbagai kecamatan di kabupaten Dharmasraya, belum diketahui. Oleh karena itu " Uji multi lokasi" pemanfaatan POTP yang telah ditemukan tersebut perlu dilaksanakan di tiga kecamatan, yaitu kecamatan Pulau Punjung, Sitiung, dan kecamatan Koto Salak. Sehubungan dengan hal itu, formula POTP yang telah diperoleh pada Tahun II, dijadikan dasar perlakuan pada uji multi lokasi ini. Rancangan percobaan untuk masing-masing kecamatan adalah Rancangan Acak Kelompok dengan 3 ulangan dan 5 perlakuan (ada 3 perlakuan POTP dan 2 perlakuan pembanding). Komposisi POTP untuk 1 ha lahan sbb:

- | | | |
|---|---|--------------------|
| A | 2 t titonia+5t jerami+500kg kapur | + 50% pupuk buatan |
| B | 2 t titonia+5t pupuk kandang+500kg kapur | + 50% pupuk buatan |
| C | 2 t titonia+5t jerami+2t pupuk kandang +500kg kapur | + 25% pupuk buatan |
| D | Tanpa POTP | +100% pupuk buatan |
| E | Cara petani setempat | |

3.2.2 Pembuatan pupuk organik titonia plus

Prosedur pembuatan POTP persis sama dengan prosedur yang telah dijelaskan pada Tahun I dan II. Bahan pangkasan titonia diambil di pinggir jalan dan di lahan terlantar di sekitar Padang Panjang. Jerami padi diambil dari persawahan di sekitar kampus Unand, sedangkan pupuk kandang dari petani. Bahan lainnya, seperti kapur, dan pupuk buatan dipersiapkan sesuai dengan rekomendasi hasil Percobaan di lapangan pada Tahun II.

Titonia dan jerami padi dicincang dengan mesin (chopper) sehingga berukuran 3-5cm. Bahan titonia dan jerami padi yang telah dicincang, serta pupuk kandang dan kapur ditimbang sesuai ketentuan perlakuan. Pupuk P (SP36) diberikan ke dalam pembuatan POTP, dengan tujuan agar pupuk P lebih larut. Di samping itu juga untuk mengurangi biaya aplikasi pupuk P. Untuk mempercepat proses dekomposisi bahan POTP tersebut ditambah dekomposer *stardec* dan *Trichoderma* (Nurhajati Hakim *et. Al.* 2009; 2010). Seluruh bahan diaduk sehingga merata lalu ditumpuk di atas wadah inkubasi atau pemeraman (plastik

hitam tebal) ditaruh dalam ruangan sehingga terhindar dari hujan. Setelah satu minggu, seluruh bahan dibolak balik atau diaduk kembali. Pemeraman POTP selesai setelah 4 minggu. Setelah itu POTP dikeringanginkan, dihaluskan, dan siap untuk diaplikasikan.

3.2.3. Pengolahan Tanah dan Pemberian Pupuk

Tanah sawah yang digunakan adalah tanah sawah bukaan baru di kecamatan Pulau Punjung, Sitiung, Sitiung, dan kecamatan Koto Salak yang ditentukan melalui survei lokasi bersama Kepala Dinas Pertanian Tanaman Pangan Kabupaten Dharmasraya. Umur sawah di tiap lokasi diusahakan <5 tahun. Petak percobaan di tiap lokasi berukuran 6m x 4m . Selanjutnya, tanah di tiap petak diolah dengan bajak mesin, dan POTP yang telah ditimbang sesuai ketentuan perlakuan, ditaburkan pada petak yang telah dipersiapkan. Di sekeliling petak dibuat parit penggenangan air, sehingga tanah sawah lembab retak rambut atau tidak tergenang sesuai tuntutan metode SRI.

Setelah POTP ditaburkan dan diaduk rata dengan tanah, kemudian diinkubasi selama 3 minggu sesuai dengan rekomendasi masa inkubasi terbaik pada Percobaan I dan II pada Tahun I dalam kondisi kapasitas lapang. Setelah masa inkubasi POTP dengan tanah, tanah sawah dilumpurkan dan dibiarkan selama satu minggu. Sampel tanah diambil setelah masa inkubasi. Selanjutnya, petak sawah siap untuk ditanami.

3.2. 4. Penanaman, Pemupukan, Pemeliharaan, dan Panen

Acuan takaran pupuk adalah 250 kg Urea, 200kg TSP, 250kg KCl dan 100kg Kiserit. Pupuk ditakar sesuai dengan ketentuan perlakuan yaitu 50% dan 25% dari takaran acuan. Bersamaan dengan waktu pelumpuran tanah, benih padi varitas IR 66 disemaikan di atas wadah kotak plastik (seed bed). Setelah satu minggu pelumpuran, 2 batang bibit yang telah berumur 10 hari ditanamkan ke dalam tiap petak. Sesaat sebelum tanam, sepertiga pupuk N (Urea) dan pupuk K (KCl), serta seluruh pupuk Mg (Kiserit) diberikan sesuai ketentuan perlakuan. Pupuk P tidak diberikan lagi karena sudah dimasukkan ke dalam pembuatan POTP. Sisa pupuk N dan K diberikan setelah tanaman berumur 4 minggu. Tanaman dipelihara dari gangguan hama dan penyakit. Air diberikan secukupnya agar kondisi tetap lembab retak rambut.

3. 2. 5. Pengamatan, POTP, Tanah dan Tanaman

Pengamatan terhadap POTP meliputi kadar C, N, C/N, P, dan K. Contoh tanah diambil setelah 6 minggu pemberian POTP atau setelah 1 minggu tanah diberi pupuk N ke-2. Artinya POTP dan semua pupuk buatan sudah dimasukkan ke tanah. Kondisi tanah tersebutlah yang akan menentukan pertumbuhan tanaman selanjutnya. Pengamatan terhadap contoh tanah tersebut mencakup pH dan Eh, Fe, C, N, C/N, P, K, Ca, dan Mg. Pengamatan terhadap kadar hara tanaman adalah kadar Fe, N, P, dan K. Tingkat keracunan Fe tanaman akan ditentukan oleh pertumbuhan yang tidak normal, atau kerdil dan penampakan gejala khlorosis (menguning dan mengering) pada pinggir daun dan terus ke ujung daun. Disamping itu juga ditentukan oleh kadar Fe pada tanaman.

Analisis contoh tanah untuk N-total dengan metode Kjeldahl. Kadar C-organik dengan metode Walkly and Black diukur pada Spectrophotometer. Kandungan P tanah dengan metode Bray-2 diukur pada Spectrophotometer. Kadar Fe diekstrak dengan Natrium Asetat pH 2,8 dan diukur pada Spectrophotometer. Kadar basa-basa dianalisis dengan metode pelindihan Ammonium Asetat pH 7, selajutnya diukur pada AAS, sedangkan K pada flame photometer. Analisis contoh POTP dan tanaman padi menggunakan metode yang sama yaitu pengabuan basah dengan H₂SO₄ dan H₂O₂, kecuali untuk C organik dengan metode pengabuan kering. Proses selanjutnya menggunakan alat ukur yang sama dengan analisis tanah, seperti metode Kjeldahl untuk N, Spectrophotometer untuk P, serta flame photometer untuk K.

Pengamatan terhadap tanaman meliputi gejala keracunan Fe secara visual, pertumbuhan tanaman direkam dalam bentuk foto, tinggi tanaman, jumlah anakan total, jumlah anakan produktif, serta bobot kering gabah dan jerami.

Perbedaan akibat perlakuan dianalisis ragam(uji F) sesuai dengan rancangan percobaan yang digunakan, dan bagi yang berpengaruh nyata diuji lanjut dengan uji beda nyata jujur (BNJ) sesuai dengan tuntutan rancangan percobaan yang digunakan (Steel and Torrie ,1980 ; Cochran and Cox, 1957).

3.3. Percobaan II Tahun III

- Judul : Budidaya titonia di sekitar sawah bukaan baru dengan bakteri pelarut fosfat dan mikoriza.
- Tujuan : Untuk menemukan teknik budidaya titonia yang tepat dan mengetahui kemampuan titonia menghasilkan bahan baku POTP di sekitar sawah bukaan baru.

3.3.1. Rancangan Percobaan

Percobaan ini semula budidaya titonia di pinggir saluran irigasi, di pinggir jalan usaha tani, dan di sebagian pematang sawah bukaan baru. Akan tetapi, ternyata lokasi yang dapat digunakan di sekitar sawah adalah di pinggir saluran irigasi di pinggir sawah. Meskipun percobaan yang relative sama sudah dilakukan pada tahun II, tetapi dalam rangka desiminasi percobaan budidaya titonia perlu dilakukan di berbagai kecamatan (lokasi) sehingga bahan baku POTP dapat dihasilkan insitu. Percobaan ini sangat penting dalam memperkenalkan kepada petani setempat manfaat titonia sebagai bahan POTP dalam peningkatan produksi padi pada sawah bukaan baru.

Rancangan percobaan yang digunakan sangat sederhana yaitu Rancangan acak kelompok dengan 3 perlakuan dan 5 kelompok. Perlakuannya adalah sebagai berikut:

A = Tanpa agen hayati,

B = agen hayati mikoriza, dan

C = agenhayati mikoriza+bakteri pelarut fosfat (BPF).

Rancangan sama untuk ke tiga lokasi (kecamatan Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak) .

Teknik inokulasikan agen hayati sesuai rekomendasi Nurhajati Hakim *et al* (2009 a). Petak percobaan berukuran 10m x 1m .

3.3.2. Persiapan bibit Titonia dan Penanaman

Budidaya titonia ini berpedoman pada rekomendasi Nurhajati Hakim dan Agustian (2005), serta Nurhajati Hakim *et. al.* (2009). Titonia dibibitkan dengan menggunakan stek batang sebagai bahan perbanyakan. Untuk merangsang pertumbuhan awal, tiap polibag pembibitan titonia akan diberi pupuk kandang sebanyak 0,5kg; 5g urea; 0,5g TSP; dan 5g KCl. Setelah berumur 2 minggu agen hayati berupa inokulan bakteri pelarut fosfat dan mikoriza diinokulasikan ke rizosfir titonia yang dalam polibag. Dua minggu kemudian, bibit

dipindahkan ke tempat penanaman yaitu di pinggir saluran irigasi di pinggir sawah. Setelah berumur 2 bulan, titonia siap untuk dipangkas sebagai bahan baku POTP. Titonia akan dipangkas setiap 2 bulan sekali, dan pengamatan dibatasi hingga 2 kali pengamatan saja. Akan tetapi, saat laporan ini ditulis tanaman baru satu kali pangkas yang dilakukan tanggal 17 September 2011.

3.3.3. Pengamatan Titonia sebagai bahan baku POTP

Pengamatan terhadap titonia meliputi bobot segar dan bobot kering setiap kali pemangkasan guna mengetahui kemampuan titonia menghasilkan bahan organik. Kandungan hara N, P, dan K, dianalisis untuk menentukan kemampuan titonia menghasilkan unsur hara (pupuk). Hasil pengamatan akan dianalisis statistik dengan Uji F (sidik ragam), dan BNJ.

Dari hasil percobaan ini akan keluar rekomendasi budidaya titonia *insitu* di sekitar sawah bukaan baru, sebagai bahan baku POTP. Dengan mengombinasikan titonia dan jerami padi dan/atau pupuk kandang menjadi POTP, diharapkan masalah kelangkaan dan mahalnya pupuk buatan akan dapat diatasi. Biaya yang dikeluarkan petani akan dapat dikurangi, dan secara tidak langsung akan meningkatkan pendapatan petani. Kesuburan tanah akan meningkat secara terus menerus, dan akan diikuti oleh peningkatan hasil padi secara berkelanjutan. Peneliti telah melatih petani untuk membuat POTP dengan Pangkasan titonia I + jerami + pupuk kandang, yang akan dipakai petani pada musim tanam yang akan datang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pada tahun III ini terdiri atas dua topik penelitian yaitu (1) Uji Multi Lokasi Pemanfaatan Pupuk Organik Tionia Plus untuk mengurangi aplikasi pupuk buatan 50% dalam meningkatkan produksi padi pada Sawah Bukaan Baru di kabupaten Dharmasraya. (2) Budidaya tionia di sekitar sawah bukaan baru di kabupaten Dharmasraya.

4.1. Hasil Percobaan I Tahun III

Hasil Percobaan I tahun III yang akan dikemukakan meliputi ciri kimia POTP, ciri kimia tanah akibat diinkubasi dengan POTP, pertumbuhan tanaman padi, dan hasil padi berupa gabah dan jerami yang dipengaruhi oleh pemberian POTP pada sawah bukaan baru di kecamatan Pulau Punjung (umur 5 tahun), Sitiung (umur 2 tahun), dan kecamatan Koto Salak (umur sekitar 3 tahun). Semua tanah sawah bukaan baru ini dicetak di atas tanah berordo Ultisol (Podzolik Merah Kuning).

4.1.1. Hasil Analisis Pupuk Organik Tionia Plus (POTP)

Hasil analisis ciri kimia POTP setelah pengomposan disajikan pada Tabel 11. Kadar N pada berbagai POTP dalam Tabel 11 bersumber dari bahan tionia, jerami, dan/atau pupuk kandang karena belum ada penambahan pupuk N dalam pembuatan POTP. Disini tampak bahwa kadar N POTP rata-rata sekitar 1,5%. Berarti pemberian POTP formula A membawa sekitar 110 kg N, formula B sekitar 109 kg N, sedangkan formula C sebanyak 180 kg N.

Tabel 11. Hasil analisis beberapa ciri kimia POTP yang digunakan pada percobaan I tahun III, di kecamatan Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak, tahun 2011

Kode	Komposisi tionia dan jerami dalam pembuatan POTP untuk 1 ha lahan	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	C-org (%)	C/N
A	2 t tionia+5 t jerami+500kg kapur+50% pb*	1,57	1,50	2,84	1,30	0,68	30,16	19,21
B	2 t titoni+5 t pukan+500kg kapur+50% pb	1,56	1,51	2,65	1,30	0,69	28,04	17,97
C	2 t tionia+5 t jerami+5 t pukan+500kg kapur +25% pb	1,50	0,68	2,85	1,34	0,73	37,26	17,17

Catatan : *pb = pupuk buatan (TSP,KCl,Kiserit)
Bobot tionia, jerami, dan pupuk kandang setara bobot kering tetap

Jama *et al* (2000) melaporkan bahwa daun tionia mengandung unsur hara yang tinggi, yaitu 3,5 - 4% N; 0,35 - 0,38 % P; 3,5 - 4,1% K; 0,59 % Ca dan 0,27 % Mg. Hakim

dan Agustian (2003) melaporkan bahwa rata-rata kandungan hara titonia yang terdapat di Sumatera Barat juga cukup tinggi, yaitu 3,16 % N; 0,38 % P; dan 3,45 % K. Komposisi hara dalam jerami padi mengandung kurang lebih 0,6 % N; 0,1 % P; 1,5 % K; 0,1 % S; 5 % Si dan 40 % C (Ponnamperuma, 1984). Atmojo (2007) melaporkan bahwa kotoran sapi padat mengandung hara 1,1% N; 0,5 % P; dan 0,9 % K. Dengan demikian, dapat dinyatakan, bahwa titonia dapat meningkatkan kadar hara jerami dan pupuk kandang setelah menjadi POTP. Pemanfaatan jerami sangat penting karena tersedia di sawah, sedangkan pupuk kandang dimiliki petani, tetapi kadar hara N rendah. Oleh karena itu pencampuran dengan titonia akan meningkatkan kadar N pupuk organik tersebut.

Kandungan C sekitar 30% menunjukkan kandungan bahan organik yang cukup tinggi (sekitar 52%) diharapkan bermanfaat dalam mengkhelat Fe, sehingga kelarutan Fe berkurang dan tidak meracun lagi pada sawah bukaan baru tersebut. Nilai C/N yang <20 menunjukkan bahwa POTP sudah cukup matang.

Selanjutnya, kadar P dalam POTP cukup tinggi yaitu 1,5%, kecuali pada POTP formula C hanya 0,68%. Kadar P yang cukup tinggi tersebut berasal dari penambahan pupuk TSP pada pembuatan POTP. Di samping itu juga berasal dari pelepasan P oleh bahan organik titonia, jerami, dan pupuk kandang.

Kandungan K pada ketiga formula POTP cukup tinggi, yaitu sekitar 2,8%. Kadar K tersebut disebabkan oleh penambahan pupuk buatan, yaitu KCl dalam pembuatan POTP. Di samping itu juga, disebabkan oleh hasil pelapukan titonia dan jerami atau dengan pupuk kandang sebagai bahan baku POTP. Kandungan Ca relatif sama pada ketiga formula POTP yaitu sekitar 1,3% karena sama-sama diberi kapur 500kg CaCO₃. Kandungan Mg juga relatif sama yaitu sekitar 0,7%. Kandungan Mg berasal dari penambahan pupuk Kiserit dan pelepasan Mg dari titonia, jerami dan / atau pupuk kandang.

Kandungan hara N, P, K, Ca, dan Mg yang cukup tinggi dalam POTP tersebut diharapkan dapat mencukupi kebutuhan hara tanaman padi, sehingga mampu mendukung pertumbuhan yang optimal dan memberikan hasil padi yang tinggi pada sawah bukaan baru.

4.1.2. Hasil Analisis Tanah setelah diberi POTP

Hasil analisis tanah dari tiga lokasi/kecamatan (Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak) setelah diinkubasi dengan formula POTP berbeda meliputi pH, Eh, C-organik, N-total, P-tersedia, K-dd, Ca-dd, dan Mg-dd disajikan pada Tabel 12, 13, 14, 15, dan 16.

Nilai pH pada Tabel 12 menunjukkan bahwa perlakuan ketiga formula POTP (A, B, C) dan perlakuan kapur saja (D) sudah mampu meningkatkan pH mendekati 6 dan >6. Di Pulau Punjung pH naik dari 4,79 menjadi 5,47 – 6,50, atau dengan peningkatan 0,68 – 1,71 unit. Di Sitiung pH naik dari 4,89 menjadi 6,00 – 6,35, dengan peningkatan 1,1-1,46 unit, sedangkan di Koto Salak dengan peningkatan 0,56 – 1,57 unit (dari 5,00 menjadi 5,56 – 6,57). Peningkatan pH tersebut dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu akibat pemberian kapur 500kg/ha dan bahan organik dari POTP. Hal itu dimungkinkan karena sawah tidak digenangi, tetapi dipertahankan dalam keadaan lembab saja, kecuali ketika hujan lebat. Nilai pH ini relative sama dengan temuan Nurhajati Hakim *et al.* (2010), bahwa pemberian POTP pada sawah bukaan baru di Sitiung mampu meningkatkan pH hingga sekitar 6,5.

Tabel 12. Nilai pH dan Eh tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak setelah 6 minggu diberi POTP tahun 2011.

Kode dan Formula POTP untuk 1 ha lahan		pH H ₂ O 1:1			Eh (mV)		
		Pulau Punjung	Sitiung	Koto Salak	Pulau Punjung	Sitiung	Koto Salak
A	2 t titonia+5 t jerami+ 500 kg kapur+50% pb*	6,45	6,25	6,57	32,00	38,00	30,93
B	2 t titonia+5 t pukan+ 500 kg kapur+50% pb	6,50	6,19	6,65	31,50	40,60	30,09
C	2 t titonia+5 t jerami+ 2t pukan 500 kg kapur +25% pb	5,47	6,00	5,56	58,80	42,00	57,91
D	500 kg kapur+100%pb	6,49	6,35	6,43	31,78	32,50	31,97
	Tanah awal	4,79	4,89	5,00	62,20	62,00	60,60

*pb = pupuk buatan (TSP,KCl,Kiserit, dan Urea)

Pemberian kapur giling CaCO₃ ke dalam tanah akan menghasilkan ion OH dengan reaksi sebagai berikut : CaCO₃ → Ca²⁺ + CO₃²⁻



Setiap reaksi yang menghasilkan ion OH adalah peningkatan pH (Nurhajati Hakim, 2006).

Disamping itu, ion OH dapat pula mengendapkan Al, dengan reaksi berikut:



Senyawa Al tersebut tidak lagi terhidrolisis dan tidak lagi menyumbangkan ion H yang menurunkan pH tanah. Di samping itu, peningkatan pH juga disebabkan oleh asam-asam organik yang dihasilkan dari pelapukan POTP yang mampu menkhelat Al membentuk kompleks organo logam, sehingga Al tidak larut dan tidak menyumbangkan H. Nilai pH pada semua perlakuan yang berkisar antara 5,5 - 6,5 tersebut sudah cocok untuk semua jenis tanaman, dan diharapkan mampu memberikan pertumbuhan yang baik bagi tanaman padi. Peningkatan pH dengan penambahan POTP ini relative sama dengan apa yang ditemukan Nurhajati Hakim *et.-al.* (2010). Dalam hal pemberian POTP meningkatkan pH hingga

Nilai Eh pada tanah awal di ketiga lokasi relative sama yaitu sekitar 60 mV (Tabel 12). Pemberian POTP menurunkan nilai Eh menjadi 32 -59 di Pulau Punjung, 38 -42 di Sitiung, dan menjadi 30 - 57 di Koto Salak. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa pemberian bahan organik dalam bentuk POTP cenderung menurunkan Eh. Hal itu mungkin terjadi sewaktu-waktu tanah tergenang ketika hujan lebat yang menyebabkan reaksi reduksi terhadap bahan organik yang menyebabkan Eh turun. Kejadian ini dapat dihubungkan dengan pendapat Patrick dan Reddy (1978) serta Sanchez (1992) yang mengemukakan bahwa penambahan bahan organik pada kondisi tergenang dapat menurunkan Eh. Namun demikian, nilai Eh sekitar 33 - 58 mV (Tabel 12) tersebut sudah cukup aman bagi pertumbuhan tanaman padi, karena menurut Patrick dan Mahapatra (1968) nilai Eh akan mengganggu bagi tanaman bila turun sampai -300 mV yang menghasilkan senyawa sulfit sehingga meracun bagi tanaman.

Kadar Fe pada Tabel 13 menunjukkan bahwa pada contoh tanah sebelum diberi perlakuan berada antara 355 - 461 ppm. Kadar Fe tersebut masih berada pada tingkat yang meracun bagi tanaman padi karena Brremen dan Moormann (1978) menyatakan bahwa keracunan Fe^{2+} pada tanaman padi dapat terjadi bila kadar Fe^{2+} tanah mencapai 300 ppm.

Pemberian POTP di Pulau Punjung mampu menurunkan kelarutan Fe dari 391 ppm menjadi 42 - 183 ppm atau turun sebesar 349 - 208 ppm. Di Sitiung, dengan POTP kelarutan Fe turun dari 461 ppm menjadi 96 - 130 ppm (turun 331 - 365 ppm), sedangkan di Koto Salak turun dari 355 ppm menjadi 52 - 96 ppm (turun 259 - 303 ppm). Ditinjau dari sudut formula POTP, formula A paling besar menurunkan kadar Fe, diikuti oleh POTP formula B, dan C. Penurunan kelarutan Fe^{2+} akibat pemberian POTP, jelas disebabkan oleh reaksi khelasi Fe^{2+} oleh asam organik yang dihasilkan POTP. Reaksi khelasi yang mungkin terjadi

dapat dilihat pada halaman 17. Pada kondisi terkkelat Fe tidak lagi larut, sehingga kelarutan Fe berkurang dengan penambahan bahan organik yang menghasilkan asam organik.

Tabel 13. Nilai Fe tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak setelah 6 minggu diberi POTP tahun 2011.

Kode dan Formula POTP untuk 1 ha lahan		Fe (ppm)		
		Pulau Punjung	Sitiung	Koto Salak
A	2 t titonia+5 t jerami+ 500 kg kapur+50% pb*	43,62	95,81	52,29
B	2 t titonia+5 t pukan+ 500 kg kapur+50% pb	95,60	130,39	95,79
C	2 t titonia+5 t jerami+ 2t pukan 500 kg kapur +25% pb	183,07	182,83	95,86
D	500 kg kapur+100%pb	235,29	225,62	103,99
	Tanah awal	390,61	460,95	354,71

Gusnidar (2007) melaporkan bahwa pelapukan titonia menghasilkan berbagai asam organik seperti asam asetat, galat, propianat, salisilat, sitrat, suksinat, dan tartarat. Asam-asam organik tersebut berperan dalam menkhelat Fe, sehingga kelarutannya berkurang. Marsi (1997) melaporkan bahwa fraksi humat asal limbah organik jerami padi memiliki komponen muatan negatif yang tinggi (rerata 127,83 me /100 g), gugus karboksilat (rerata 4,27 me/g), gugus fenolat rerata 10,59 me/g. Deconink (1980) mengemukakan bahwa asam organik tersebut dapat mengikat logam seperti Fe dan Al, sehingga kelarutannya berkurang dan tidak meracun bagi tanaman.

Dengan reaksi khelasi Fe oleh asam-asam organik tersebut, pemberian POTP pada sawah bukaan baru telah menurunkan kelarutan Fe hingga < 100 ppm, kecuali akibat POTP formula C di Pulau Punjung dan Sitiung yang masih sekitar 180 ppm. Brremen dan Moormann (1978) menyatakan bahwa keracunan Fe²⁺ pada tanaman padi dapat terjadi bila kadar Fe²⁺ tanah mencapai 300 ppm. Keracunan Fe juga berkaitan dengan pH tanah. Tanaka *et al.* (1966) menyatakan bahwa pada pH 3,7 kepekatan Fe 100 ppm sudah menunjukkan gejala keracunan, sedangkan pada pH 5, keracunan Fe baru terjadi pada kepekatan Fe 300 ppm. Dengan demikian, kadar Fe sekitar 44 – 180 ppm di tiga lokasi tersebut tidak lagi akan meracun bagi tanaman padi. Kondisi ini sedikit relative sama dengan temuan Nurhajati Hakim *et al.* (2010) yang melaporkan bahwa pemberian POTP pada sawah bukaan baru di Sitiung I mampu menurunkan kelarutan Fe hingga kecil 100 ppm (Tabel 4).

Suatu hal yang cukup menarik adalah berkurangnya kadar Fe^{2+} pada perlakuan D (Tabel 13). Seperti telah dikemukakan sebelumnya perlakuan D hanya diberi kapur saja bersamaan dengan pemberian POTP pada perlakuan yang lain. Perlakuan D ini diberi pupuk buatan 100% kebutuhan tanaman padi dan dijadikan kontrol atau sebagai pembanding dari POTP. Tampaknya pemberian kapur juga dapat menurunkan kepekatan Fe^{2+} pada sawah bukaan baru. Hal itu dapat disebabkan oleh reaksi kapur yang menghasilkan ion OH, selanjutnya ion OH pada keadaan oksidasi akan membentuk $Fe(OH)_3$ dan mengendap. Dengan kata lain, kondisi air yang tidak menggenang pada metode SRI dapat mengurangi kelarutan Fe^{2+} , sehingga keracunan Fe^{2+} berkurang. Namun demikian, tanah yang tidak diberi POTP (D) ini memiliki kepekatan Fe^{2+} yang tinggi, yaitu 235 ppm di Pulau Punjung, 255 ppm di Sitiung, dan 104 ppm di Koto Salak. Sesuai dengan penjelasan batas kepekatan Fe^{2+} yang meracuni tadi, tampaknya kepekatan Fe tersebut masih akan bersifat meracuni bagi tanaman padi.

Kandungan C-organik tanah sebelum dan setelah diberi POTP dan disajikan pada Tabel 14. Kandungan C tanah awal relatif sama di ketiga lokasi yaitu sekitar 1 % yang tergolong rendah menurut kriteria ciri kimia tanah (LPT, 1986). Setelah diberi POTP kandungan C organik di Pulau Punjung meningkat dari 0,91% menjadi 1,87 – 2,77% (naik 0,96 – 1,86%). Di Sitiung naik dari 1,07% menjadi 2,00 – 2,81 % (naik 0,93 – 1,74%), sedangkan di Koto Salak meningkat dari 1,07% menjadi 2,56 - 2,72% (naik 1,49 – 1,65%). Kriteria C organik berubah dari rendah (1,00 – 2,00 %) menjadi sedang (2,01 – 3,00%).

Tabel 14. Nilai C-Organik dan N-total tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak setelah 6 minggu diberi POTP tahun 2011.

Kode dan Formula POTP untuk 1 ha lahan		C-organik (%)			N-total (%)		
		Pulau Punjung	Sitiung	Koto Salak	Pulau Punjung	Sitiung	Koto Salak
A	2 t titonia+5 t jerami+ 500 kg kapur+50% pb*	2,72	2,67	2,72	0,39	0,27	0,33
B	2 t titonia+5 t pukan+ 500 kg kapur+50% pb	1,87	2,00	2,70	0,24	0,28	0,34
C	2 t titonia+5 t jerami+ 2t pukan 500 kg kapur +25% pb	2,77	2,81	2,56	0,28	0,38	0,30
D	500 kg kapur+100%pb	1,37	1,69	1,73	0,35	0,37	0,32
	Tanah awal	0,91	1,07	1,07	0,19	0,19	0,16

*pb = pupuk buatan (TSP,KCl,Kiserit, dan Urea)

Peningkatan C organik tersebut jelas disebabkan oleh penambahan bahan organik berupa POTP. Tampaknya peningkatan C organik tersebut cukup tinggi yaitu sekitar 1,5%. Hal itu menunjukkan bahwa pengadukan bahan organik masih terkonsentrasi pada lapisan atas sekitar 5 cm. Pada perlakuan D, kadar C organik juga meningkat, tetapi relatif kecil. Peningkatan C organik pada perlakuan D tersebut dapat disebabkan oleh pembedaan tunggul jerami padi dan gulma ketika pengolahan tanah.

Kandungan N-total tanah sebelum diberi POTP pada Table 14 tergolong rendah karena $< 0,2\%$. Setelah diberi POTP dan pupuk buatan, kandungan N meningkat menjadi sedang (0,24 - 0,39%). Di Pulau Punjung kadar N meningkat sebesar 0,05 - 0,2% , di Sitiung 0,09 - 0,19%, sedangkan di Koto Salak 0,14 - 0,16%. Peningkatan N tersebut jelas disebabkan oleh penambahan bahan organik berupa POTP dan pupuk buatan. Pemberian bahan organik kedalam tanah mengalami penguraian dan membebaskan N dengan rekasi seperti pada halaman 15.

Kandungan N rata-rata pada perlakuan yang mendapat POTP (A, B, C) di Pulau Punjung 0,30%, di Sitiung 0,31%, di Koto Salak 0,32%, sedangkan yang diberi 100% pupuk buatan (D) berturut-turut adalah 0,35; 0,37; dan 0,32%. Bearti kadar N total pada semua perlakuan POTP yang pupuk N buataannya dikurangi 50 - 75% dan yang diberi 100% pupuk buatan, relatif sama. Kondisi tersebut diharapkan mampu memberikan pertumbuhan dan hasil yang relatif sama pula di ketiga lokasi. Nurhajati Hakim *et. al.* (2010) melaporkan bahwa pemberian POTP pada tanah sawah bukaan baru di Sitiung I tahun 2010 juga mampu meningkatkan N total menjadi 0,30 - 0,46% (Tabel 4). Dengan kandungan N sekitar 0,3% diharapkan mampu memberikan pertumbuhan dan hasil tanaman padi yang bagus.

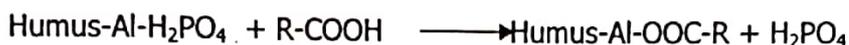
Kandungan P contoh tanah awal tergolong sangat rendah karena hanya 4 - 8 ppm (Tabel 15). Pemberian POTP dan pupuk buatan mampu meningkatkan kadar P-tersedia sebesar 8 - 35 ppm, dan mengubah kriteria dari rendah menjadi sedang. Pemberian POTP di Pulau Punjung meningkatkan kadar P sebesar 8 - 30 ppm, di Sitiung sekitar 8 - 10 ppm, sedangkan di Koto Salak 8 - 35 ppm. Peningkatan kadar P tertinggi disebabkan oleh POTP formula A, diikuti oleh B, dan C. Hal itu berkaitan dengan jumlah pupuk P yang diberikan pada POTP. Peningkatan kadar P tanah tersebut dapat disebabkan oleh pembuatan POTP dilengkapi dengan pupuk P setara 50 - 100 kg TSP ha⁻¹, sesuai ketentuan perlakuan. Peningkatan P juga berasal dari pelapukan bahan organik sebagai bahan baku POTP (titonia, jerami padi, dan /atau pupuk kandang) yang melepaskan P.

Tabel 15. Nilai P-Bray2 dan K-dd tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto salak setelah 6 minggu diberi POTP tahun 2011.

Kode dan Formula POTP untuk 1 ha lahan		P-Bray2 (ppm)			K-dd (me/100g)		
		Pulau Punjung	Sitiung	Koto Salak	Pulau Punjung	Sitiung	Koto Salak
A	2 t titonia+5 t jerami+ 500 kg kapur+50% pb*	33,61	16,32	38,17	0,33	0,20	0,33
B	2 t titonia+5 t pukan+ 500 kg kapur+50% pb	21,64	17,69	24,45	0,41	0,18	0,38
C	2 t titonia+5 t jerami+ 5t pukan 500 kg kapur +25% pb	12,45	7,46	11,02	0,15	0,12	0,20
D	500 kg kapur+100%pb	19,11	16,44	15,07	0,37	0,15	0,30
	Tanah awal	3,91	7,55	3,11	0,10	0,10	0,12

*pb = pupuk buatan (TSP,KCl,Kiserit, dan Urea)

Di samping itu, asam organik yang berasal dari pelapukan bahan organik tersebut juga berperan dalam melarutkan unsur P yang terikat dalam tanah. Stevenson (1994) melukiskan pelepasan unsur P yang terikat Al oleh asam organik seperti reaksi berikut:



Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa penggunaan POTP, di samping menyumbangkan hara yang terkandung dalam dirinya, juga mampu melarutkan unsur hara P yang terikat dalam tanah. Kadar P yang berkisar antara 11 - 38 ppm diharapkan mampu mendukung pertumbuhan dan hasil padi yang tinggi pada sawah bukaan baru. Hasil yang hampir sama juga dilaporkan Nurhajati Hakim *et al* (2010). Dalam hal ini pemberaian POTP mampu meningkatkan kadar P sawah bukaan baru di Sirtiung I menjadi 13 – 35 ppm (Tabel 4) dan memberikan hasil padi yang cukup tinggi.

Kandungan K-dd pada contoh tanah awal rendah sekali yaitu sekitar 0,1 me/100g (Tabel 15). Pemberian POTP telah meningkatkan K-dd tanah di Pulau punjung sekitar 0,05 – 0,31 me/100g, di Sitiung sekitar 0,02 – 0,1 me/100g, sedangkan di Koto Salak sekitar 0,08 – 0,26 me/100g. Di Pulau Punjung dan di Koto Salak kriteria K berubah dari rendah menjadi sedang pada pemberian POTP formula A dan B, sedangkan POTP formula C tidak mengubah criteria K-dd tanah. Peningkatan K akibat pemberian POTP pada tanah ini juga disebabkan oleh penambahan pupuk buatan KCl ke dalam pembuatan POTP, dan hasil pelapukan POTP yang membebaskan unsur K ke dalam tanah. Di samping itu, juga akibat pelarutan mineral K oleh asam-asam organik yang dibebaskan POTP. Peningkatan kadar

kalium yang rendah pada pemberian POTP formula C sesuai dengan jumlah tambahan pupuk KCl ke dalam pembuatan POTP.

Kandungan K-dd tanah di tiga lokasi ini yang hanya 0,1 - 0,3 me/100g (Tabel 15) lebih rendah daripada yang dilaporkan Nurhajati Hakim *et. al.* (2010) di Sitiung I yang mencapai sekitar 2 me/100g dengan pemberian POTP(Tabel 4). Oleh karena itu, kadar K yang rendah tersebut mungkin belum dapat memberikan pertumbuhan tanaman yang optimal.

Kadar Ca dan Mg pada Tabel 16 menunjukkan bahwa contoh tanah awal mengandung Ca-dd sangat rendah, sedangkan Mg-dd tergolong sedang. Peningkatan Ca-dd akibat pemberian POTP relatif kecil. Di Pulau Punjung, pemberian POTP meningkatkan Ca-dd sebesar 0,15 – 0,38 me/100g, di Sitiung 0,11 – 0,27 me/100g, sedangkan di Koto Salak peningkatan Ca-dd sebanyak 0,08 – 0,32 me/100g. Peningkatan Ca-dd tersebut disebabkan oleh pemberian kapur ke dalam POTP sebanyak 500 kg/ha. Di samping itu juga akibat pelepasan Ca dari bahan organik POTP.

Tabel 16. Nilai Ca dan Mg tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak setelah 6 minggu diberi POTP tahun 2011.

Kode dan Formula POTP untuk 1 ha lahan		Ca (me/100g)			Mg(me/100g)		
		Pulau Punjung	Sitiung	Koto Salak	Pulau Punjung	Sitiung	Koto Salak
A	2 t titonia+5 t jerami+ 500 kg kapur+50% pb*	0,59	0,42	0,47	1,41	1,52	1,41
B	2 t titonia+5 t pukan+ 500 kg kapur+50% pb	0,42	0,37	0,43	1,54	1,37	1,53
C	2 t titonia+5 t jerami+ 5t pukan 500 kg kapur +25% pb	0,36	0,26	0,25	1,38	1,42	1,66
D	500 kg kapur+100%pb	0,41	0,35	0,34	1,23	1,22	1,44
	Tanah awal	0,21	0,15	0,17	1,20	1,14	1,12

*pb = pupuk buatan (TSP,KCl,Kiserit, dan Urea)

Peningkatan Mg akibat pemberian POTP pada Tabel 16 juga rendah hanya sekitar 0,18 – 0,34 me/100g di Pulau Punjung, sebanyak 0,23 - 0,38 me/100g di Sitiung, dan sebanyak 0,29 – 0,54 me/100g di Koto Salak. Peningkatan kadar Mg-dd dapat disebabkan oleh pemberian pupuk Kiserit ke dalam pembuatan POTP dan pelepasan Mg dari bahan organik POTP. Meskipun peningkatan Mg-dd rendah akibat pemberian POTP , tetapi kadar Mg-dd sudah cukup bagus karena sudah tergolong sedang (1,22 -1,66 me/100g) di tiga lokasi ini. Dibandingkan dengan kadar Ca dan Mg di Sitiung I (Tabel 4) yang dilaporkan

Nurhajati Hakim *et. al.* (2010) kadar Ca di tiga lokasi ini relatif sama, tetapi kadar Mg-dd lebih tinggi.

Berdasarkan hasil analisis ciri kimia tanah yang telah dikemukakan, dapat dinyatakan bahwa penambahan POTP telah dapat memperbaiki sifat kimia tanah, berupa peningkatan pH, bahan organik, serta unsur hara seperti N, P, K, Ca, dan Mg. Sebaliknya kandungan Fe turun dengan penambahan POTP. Temuan pada penelitian ini dapat disokong dengan hasil penelitian sebelumnya.

Daun kering titonia mengandung hara yang tinggi yaitu 3,5 % N, 0,35 % P, dan 4,1 % K (Jama *et. al.* 2000). Hakim dan Agustian (2003) melaporkan bahwa rata-rata kandungan hara titonia yang terdapat di Sumatera Barat juga cukup tinggi, yaitu 3,16 % N; 0,38 % P; dan 3,45 % K. Nurhajati Hakim *et. al.* (2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008) melaporkan bahwa penambahan bahan organik totonia yang mengandung hara N, P, dan K yang cukup tinggi tersebut ke dalam tanah, baik dalam bentuk segar, ataupun berbentuk kompos, dapat meningkatkan kandungan hara tanah berupa N, P, K, Ca, dan Mg. Akibatnya, pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik dan hasil tanaman yang diteliti (jahe, cabai, jagung, dan kedelai) meningkat. Mereka juga mengemukakan, bahwa dengan pemanfaatan titonia, jumlah aplikasi pupuk buatan dapat dikurangi 25 - 50%, dengan hasil sedikit lebih tinggi daripada 100% pupuk buatan. Ponnampurna, (1984) menyatakan bahwa sumber utama bahan organik pada tanah sawah adalah dari pengembalian jerami padi ke dalam tanah. Komposisi hara dalam jerami padi mengandung kurang lebih 0,6 % N; 0,1 % P; 1,5 % K; 0,1 % S; 5 % Si dan 40 % C. Power dan Pependick (1997) melaporkan, pupuk kandang sapi mengandung: 26,2 kg N/ton; 4,5 kg P/ton; 13,0 kg K/ton; 5,3 -16,28 kg Ca/ton; 3,5-12,8 kg Mg/ton; dan 2,2-13,6 kg S/ton. Selanjutnya Indrasari dan Abdul Syukur (2006) juga melaporkan, berdasarkan hasil penelitiannya, bahwa pupuk kandang sapi memiliki ciri sebagai berikut: C organik 32,14 %; bahan organik 55,42 %; N total 1,22 %; P-total 9,67 %; K-total 3,41 %; Ca-total 0,40 %; Mg-total 5,26 %; C/N 24; Asam Humat 0,423 %; Asam fulfat 1,082 %; Cu-total 0,52 ppm; Fe- total 81,71 ppm; Zn- total 0,71 ppm; Mn- total 1,06 ppm.

Sehubungan dengan hasil penelitian terdahulu tersebut, maka penambahan POTP yang dibuat dari titonia plus jerami dan/atau pupuk kandang, dapat meningkatkan kandungan C organik, N-total, P-tersedia, K, Ca dan Mg yang dapat dipertukarkan, sehingga akan mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman.

4.2.3. Pertumbuhan Tanaman Padi yang Dipengaruhi POTP

Keragaan tanaman padi Varitas IR66 umur 8 minggu setelah tanam , yang dipengaruhi oleh cara petani yang diberi pupuk buatan saja dan air menggenang pada sawah bukaan baru di kecamatan Sitiung, disajikan pada Gambar 2. Di sini tampak bahwa sebagian besar daun berwarna coklat kemerahan atau brownzing dan mati, sedangkan jumlah anakan hanya 3 sampai 4 batang saja . Kejadian tersebut merupakan gejala keracunan besi yang cukup berat. Gejala keracunan besi ini ditemukan pada kadar Fe sawah sebanyak 461 ppm. Nurhajati Hakim *et. al.* (2010) melaporkan bahwa kelarutan Fe yang tinggi pada sawah bukaan baru di Sitiung I telah menyebabkan pertumbuhan akar sangat terbatas dan terselubung Fe, sehingga tidak mampu menyerap hara lebih banyak, meskipun unsur hara tersedia. Akhirnya menghasilkan pertumbuhan yang buruk.



Gambar 2. Peragaan tanaman padi petani varietas IR 66 pada sawah bukaan baru yang keracunan besi di kecamatan Sitiung , kabupaten Dharmasraya

Hasil ini relatif sama dengan temuan peneliti terdahulu. Syafei *et. al.* (1993) melaporkan bahwa keracunan besi menyebabkan pertumb kemerah-merahan. Sahrawat (2000) melaporkan bahwa gejala keracunan besi ditandai dengan timbulnya bintik-bintik merah coklat pada daun, mulai dari ujung daun, menyebar sampai ke dasar daun. Breemen

dan Moormann (1978) mengemukakan bahwa gejala keracunan besi berupa bronzing (merah kecoklatan) pada tanaman padi ditemukan kepekatan Fe^{2+} sekitar 500 ppm. Mereka juga menjelaskan bahwa akibat keracunan besi jumlah anakan akan berkurang, sehingga berproduksi rendah.

Pada Gambar 3, 4, dan 5 ditunjukkan pertumbuhan tanaman padi yang cukup bagus dengan penambahan berbagai formula POTP (A, B, dan C), serta tanpa POTP tetapi diberi 100% pupuk buatan (D), dan air tidak menggenang. Pertumbuhan tanaman padi yang cukup bagus tersebut jelas disebabkan oleh kelarutan Fe yang sudah cukup rendah (Tabel 13). Tanaman padi yang tidak lagi keracunan Fe tersebut, tampaknya telah mampu menyerap hara yang tersedia N, P, K, Ca, dan Mg (Tabel 14, 15, dan 16) dengan baik, sehingga memberikan pertumbuhan yang bagus.



Gambar 3. Pertumbuhan tanaman padi varitas IR 66 umur 8 minggu yang cukup bagus dengan pemanfaatan POTP pada sawah bukaan baru di kecamatan Pulau Punjung, kabupaten Dharmasraya



Gambar 4. Pertumbuhan tanaman padi varitas IR 66 umur 8 minggu yang cukup bagus dengan pemanfaatan POTP pada sawah bukaan baru di kecamatan Sitiung, kabupaten Dharmasraya



Gambar 5. Pertumbuhan tanaman padi varitas Mbakwan umur 7 minggu yang cukup bagus dengan pemanfaatan POTP pada sawah bukaan baru di kecamatan Koto Salak, kabupaten Dharmasraya

Bila diperhatikan Gambar 3, 4, dan 5, tampak bahwa pertumbuhan padi di Pulau Punjung paling bagus, diikuti oleh pertumbuhan padi di Koto Salak, dan di Sitiung. Penampakan pertumbuhan tanaman yang sedikit berbeda antar lokasi tersebut, tampaknya sejalan dengan perbedaan tinggi tanaman yang nyata pada Tabel 17. Dalam hal ini tinggi tanaman di kecamatan Sitiung lebih rendah (58,73 cm) daripada di kecamatan Pulau Punjung (71,29 cm) dan Koto Salak (75,16 cm). Perbedaan pertumbuhan vegetatif tanaman padi tersebut, sejalan dengan perbedaan kadar hara dalam tanah, terutama unsur hara P, K (Tabel 15) dan Ca (Tabel 16) yang juga lebih rendah di Sitiung.

Tabel 17. Tinggi tanaman yang dipengaruhi formula POTP pada tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak, kabupaten Dharmasraya, tahun 2011.

Kode dan Formula POTP untuk 1 ha lahan		Tinggi tanaman (cm)		
		Pulau Punjung	Sitiung	Koto Salak
A	2 t titonia+5 t jerami+ 500 kg kapur+50% pb*	71,03 a	58,97 b	74,73 a
B	2 t titonia+5 t pukan+ 500 kg kapur+50% pb	70,80 a	57,20 b	77,67 a
C	2 t titonia+5 t jerami+ 5t pukan 500 kg kapur +25% pb	66,83 a	57,97 b	72,50 a
D	500 kg kapur+100%pb	76,50 a	60,77 b	75,60 a
Pengaruh utama lokasi		71,29 A	58,73 b	75,16 A

Catatan : Angka tinggi tanaman yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata, sedangkan yang diikuti oleh huruf kecil / huruf besar berbeda pada baris yang sama, berbeda nyata menurut BNJ 5%

Selanjutnya, apabila diperhatikan jumlah anakan total dan anakan produktif pada Tabel 18, tampaknya perbedaan formula POTP dan lokasi tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap jumlah anakan, baik anakan total maupun produktif. Suatu hal cukup menarik dari Tabel 18 adalah jumlah anakan produktif yang sangat sedikit jika dibandingkan dengan jumlah anakan total (hanya 33 %). Kenyataan tersebut tampaknya disebabkan oleh ketersediaan hara P yang rendah (Tabel 15) yang kurang berimbang dengan hara lain, terutama dengan N (Tabel 14). Hal ini tentu akan berpengaruh terhadap hasil gabah yang akan diperoleh.

Tabel 18. Jumlah anakan total dan anakan produktif tanaman padi yang dipengaruhi formula POTP pada tanah sawah bukaan baru di Pulau Punjung, Sitiung, dan Koto Salak tahun 2011.

Kode dan Formula POTP untuk 1 ha lahan		Anakan total (batang/rumpun)			Anakan produktif (batang/rumpun)		
		Pulau Punjung	Sitiung	Koto Salak	Pulau Punjung	Sitiung	Koto Salak
A	2 t titonia+5 t jerami+ 500 kg kapur+50% pb*	42	53	42	-	17	14
B	2 t titonia+5 t pukan+ 500 kg kapur+50% pb	39	45	42	-	14	14
C	2 t titonia+5 t jerami+ 5t pukan 500 kg kapur +25% pb	36	49	39	-	16	12
D	500 kg kapur+100%pb	43	48	47	-	15	14
Pengaruh utama lokasi		40	49	43	-	16	14

*pb = pupuk buatan (TSP,KCl,Kiserit, dan Urea)

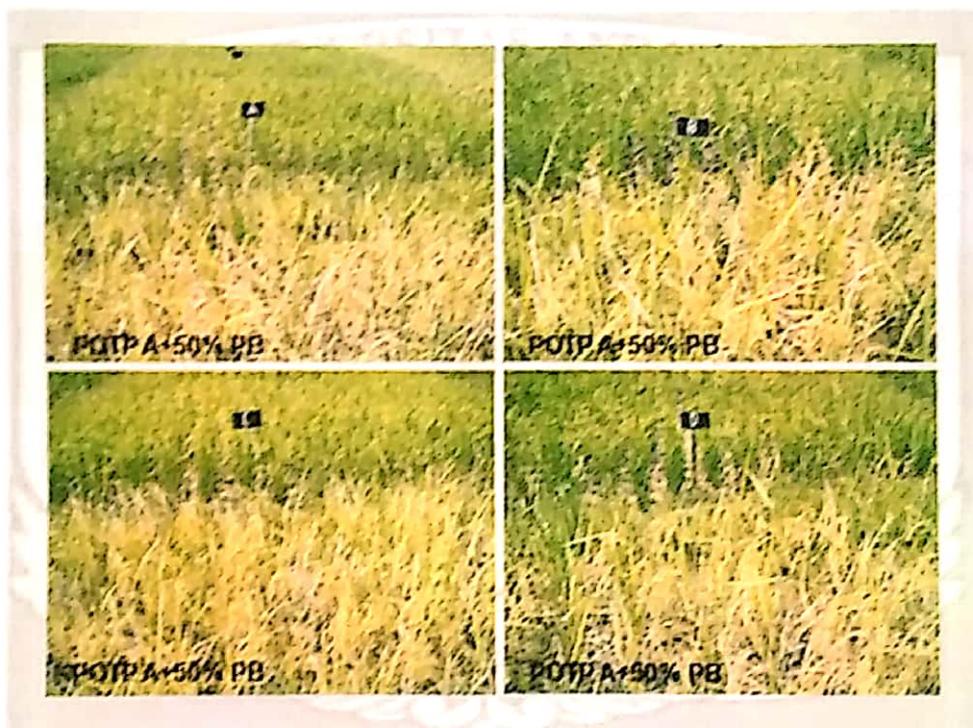
Catatan : Tidak terdapat perbedaan yang nyata akibat pengaruh formula POTP dan lokasi

Selanjutnya, peragaan generatif tanaman disajikan pada Gambar 6, 7, 8, dan 9. Gambar 6 menunjukkan betapa buruknya pertumbuhan generatif tanaman yang keracunan besi. Seperti telah dikemukakan pada Gambar 2, bahwa sebagian besar daun tanaman padi merah kecoklatan dan mati, jumlah anakan hanya 3-4 batang saja yang merupakan gejala keracunan besi. Gejala keracunan besi tersebut ditemukan pada kadar Fe 461 ppm. Sehubungan dengan hal itu, dapat dinyatakan bahwa tanaman yang keracunan besi tersebut juga menghasilkan gabah yang sedikit.



Gambar 6. Peragaan generatif tanaman padi varietas IR 66 pada sawah bukaan baru yang keracunan besi di kecamatan Sitiung , kabupaten Dharmasraya (vegetatif Gambar 2)

Penambahan POTP telah memberikan pertumbuhan vegetatif yang bagus pada Gambar 3, 4, dan 5, tetapi sayangnya ketika malai sudah mulai berisi di kecamatan Pulau Punjung dan kecamatan Sitiung tanaman diserang hama tikus. Pada Gambar 7 tampak bahwa serangan hama tikus sangat parah di kecamatan Pulau Punjung, sehingga gagal panen. Pada hal pertumbuhan vegetatif di Pulau Punjung paling bagus di antara 3 lokasi (Gambar 3). Pada Gambar 8 terlihat pertumbuhan generatif agak baik di kecamatan Sitiung, meskipun juga diserang tikus, tetapi masih bisa dipanen sekitar 50%. Gambar 9 menunjukkan pertumbuhan generatif yang cukup bagus di kecamatan Koto Salak, meskipun ketika kecil terserang hama wereng, tetapi masih bisa diatasi. Di sini perbedaan 3 formula POTP (A, B, dan C) tidak tampak terhadap perlakuan 100% pupuk buatan (D).



Gambar 7. Peragaan generatif tanaman padi varitas IR 66 yang terserang tikus sangat parah pada sawah bukaan baru di kecamatan Pulau Punjung, kabupaten Dharmasraya (vegetatif pada Gambar 3)



Gambar 8. Peragaan generatif tanaman padi varitas IR 66 yang juga terserang hama tikus, tetapi tidak parah, pada sawah bukaan baru di kecamatan Sitiung, kabupaten Dharmasraya (vegetatif pada Gambar 4)



Gambar 9. Pertumbuhan generatif tanaman padi varitas Cisokan yang cukup bagus akibat penambahan POTP pada sawah bukaan baru di kecamatan Koto Salak, kabupaten Dharmasraya (vegetatif pada Gambar 5)

Serangan hama tikus merupakan bencana alam yang belum dapat dilatasi dengan baik, walaupun sudah dlupayakan. Hampir di seluruh wilayah kecamatan Pulau Punjung tanaman padi terserang hama tikus terparah, sedangkan di kecamatan Sitiung tidak terlalu parah, sehingga petani masih bisa panen sekitar 50%.

Pada Gambar 8 dan 9 tidak tampak perbedaan keragaan generatif tanaman akibat pemberian formula POTP yang berbeda, A (2 t titonia+5t jerami+500 kg kapur +50% pupuk buatan), B (2t titonia+5t pupuk kandang+500 kg kapur +50% pupuk buatan), C(2 t titonia+5t jerami+5 t pupuk kandang+500 kg kapur +25% pupuk buatan), dan D (tanpa POTP tetapi diberi 100% pupuk buatan).

4.2.5. Pengaruh POTP terhadap Hasil Gabah

Sebagaimana dikemukakan terdahulu, bahwa akibat serangan hama tikus yang parah, di kecamatan Pulau Punjung gagal panen. Gabah yang dapat dipanen hanya di kecamatan Sitiung dan Koto Salak. Hasil analisis ragam dan BNJ 5% menunjukkan bahwa perbedaan 3 formula POTP (A, B, C) dan perlakuan 100% pupuk buatan (D) tidak berpengaruh nyata terhadap bobot gabah padi pada sawah bukaan baru, tetapi perbedaan lokasi (Sitiung dan Koto Salak), memberikan pengaruh yang nyata (Tabel 19).

Tabel 19. Bobot gabah kering padi yang dipengaruhi formula POTP pada tanah sawah bukaan baru di Sitiung, dan Koto Salak, tahun 2011.

Kode dan Formula POTP untuk 1 ha lahan		Gabah (t/ha)		
		Pulau Punjung	Sitiung	Koto Salak
A	2 t titonia+5 t jerami+ 500 kg kapur+50% pb*	-	2,00 a	4,80 b
B	2 t titonia+5 t pukan+ 500 kg kapur+50% pb	-	2,50 a	5,40 b
C	2 t titonia+5 t jerami+ 5t pukan+500 kg kapur +25% pb	-	2,50 a	4,10 b
D	500 kg kapur+100%pb	-	2,40 a	4,40 b
Pengaruh utama lokasi		-	2,35 A	4,68 B
Tanaman petani yang kercunan besi			1,00	1,50

Catatan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata, sedangkan angka yang diikuti oleh huruf berbeda pada baris yang sama berbeda nyata menurut BNJ 5%

Hasil gabah yang tidak berbeda nyata akibat 3 perlakuan formula POTP yang berbeda dan perlakuan 100 % pupuk buatan menunjukkan bahwa ketiga formula POTP tersebut sudah mampu memberikan hasil gabah yang relatif sama dengan 100% pupuk buatan. Artinya, POTP formula A dan B mampu mengurangi aplikasi pupuk buatan 50%, sedangkan POTP C sebanyak 75%. Hasil gabah tersebut lebih tinggi secara nyata berturut-turut sebesar 1,35 t/ha di Sitiung, dan 3,18 t/ha di Koto Salak, bila dibandingkan dengan hasil sawah petani yang keracunan besi.

Hasil gabah yang rendah 1 dan 1,5 t/ha tersebut, sama dengan 43 dan 32% dari hasil gabah yang tidak keracunan besi pada sawah bukaan baru tersebut, tampaknya sudah sejalan dengan pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman yang buruk akibat keracunan besi (Gambar 2 dan 6). Akibat keracunan besi telah menurunkan hasil sekitar 47- 68% daripada tanaman yang sehat. Hal serupa juga sudah dilaporkan Nurhajati Hakim *et. al.* (2009 dan 2010) bahwa tanaman padi yang keracunan besi hanya mampu menghasilkan sekitar 1,5 t/ha. Menurut Ismunaji dan Sabe (1988) keracunan besi dapat menurunkan produksi sebesar 52 - 75% daripada tanaman yang sehat. Agustamar (2008) melaporkan bahwa hasil tanaman padi yang keracunan besi pada sawah bukaan baru di Sitiung hanya 1,96 ton ha⁻¹.

Pada Table 19 tampak bahwa hasil gabah di kecamatan Sitiung rata-rata hanya 2,35 t/ha, sedangkan di Koto Salak 4,65 t/ha. Lebih rendahnya hasil di Sitiung, adalah akibat serangan hama tikus. Dari pengamatan di lapangan, serangan hama tikus relatif merata di semua petak percobaan. Sekitar 50% tanaman terserang hama tikus. Semula, melihat pertumbuhan vegetatif tanaman yang cukup bagus (Gambar 4) diharapkan mampu menghasilkan sekitar 4 t/ha. Akan tetapi, karena serangan hama tikus, hanya sekitar 50% yang dapat dipanen. Di samping itu juga karena kadar Fe sedikit lebih tinggi di Sitiung (Tabel 13), sedang kadar hara tanah sedikit lebih rendah di Sitiung (Tabel 14 dan 15). Hasil gabah yang lebih tinggi sekitar 2,3 t /ha di Koto Salak bila dibandingkan dengan Sitiung, juga sejalan dengan kadar Fe yang lebih rendah (Tabel 13), sedangkan kadar hara tanah sedikit lebih tinggi (Tabel 14 dan 15), yang diikuti oleh pertumbuhan vegetatif (Gambar 5 dan Tabel 16) dan generatif yang juga lebih baik (Gambar 9). Berdasarkan pertumbuhan vegetatif tanaman (Gambar 3) sebetulnya hasil gabah di Pulau Punjung akan lebih tinggi daripada dua okasi lainnya. Akan tetapi, serangan hama tikus telah mengakibatkan gagal panen. Namun dari pertumbuhan vegetatif tersebut dapat disimpulkan bahwa Ketiga formula POTP telah

memberikan pertumbuhan yang sama bagusnya dengan perlakuan 100% pupuk buatan pada sawah bukaan baru di Pulau Punjung.

Seperti telah dikemukakan, bahwa tujuan penelitian tahun III ini adalah menyempurnakan dan memantapkan formula POTP guna menurunkan kelarutan Fe dan mengurangi jumlah aplikasi pupuk buatan, untuk memperoleh hasil yang tinggi pada sawah bukaan baru. Oleh karena itu, bahasan selanjutnya difokuskan pada formula POTP. Hasil gabah di Sitiung relative sama dan kurang dapat dipedomani karena terserang hama tikus. Tampaknya, hasil gabah di Koto Salak cukup logis untuk dibahas karena pertumbuhan cukup optimal, meskipun ada serangan wereng ketika kecil. Pada Tabel 19 tampak bahwa formula POTP A dan B memberikan hasil lebih tinggi daripada lainnya (4,8 dan 5,4 t/ha), meskipun tidak berbeda nyata.

Kenyataan hasil gabah yang lebih tinggi akibat dua formula POTP ini dapat disokong dengan jumlah bahan baku yang digunakan dan tambahan pupuk buatan. Formula A adalah 2t titonia+5 t jerami+500kg kapur+50% pupuk buatan, POTP B adalah 2t titonia+5t pupuk kandang+5 500kg kapur+50% pupuk buatan. Pemberian kedua formula POTP tersebut ternyata memberikan kadar hara tanah yang juga lebih tinggi yaitu 0,33 – 0,34% N (Tabel 14); 24 – 38 ppm P (Tabel 15); 0,33 – 0,38 me K/100g (Tabel 15); serta 0,43 – 0,47 me Ca/100g (Tabel 16). Ketersediaan hara yang lebih tinggi tersebut telah mendorong pertumbuhan tanaman yang lebih baik, sehingga memberikan hasil gabah yang lebih tinggi. Dibandingkan terhadap hasil gabah pada perlakuan 100% pupuk buatan, hasil gabah pada formula POTP A dan B lebih tinggi sebanyak 0,4 - 1,0 t/ha. Artinya formula POTP A atau B sudah mampu mengurangi jumlah aplikasi pupuk buatan sebanyak 50%, dengan hasil gabah lebih tinggi daripada 100% pupuk buatan (tidak menurunkan hasil dari 100% pupuk buatan).

Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa tujuan penelitian ini sudah tercapai dengan formula POTP A, atau B. Hasil gabah akibat formula POTP C sedikit lebih rendah (4,1 t/ha), tetapi relatif sama dengan 100% pupuk buatan (4,4 t/ha). Hal itu dapat disebabkan oleh penggunaan pupuk buatan yang hanya 25% dari kebutuhan. Meskipun bahan baku POTP lebih banyak (2t titonia+5t jerami+5t pupuk kandang), tetapi belum mampu menyediakan hara yang cukup karena pupuk buatan terlalu sedikit. Sehubungan dengan hal itu, dapat dinyatakan bahwa untuk memperoleh hasil yang lebih tinggi pada sawah bukaan baru, pengurangan jumlah aplikasi pupuk buatan dengan POTP cukup hingga 50% saja. Namun demikian, karena hasil gabah tidak berbeda nyata akibat ketiga formula POTP tersebut

dengan 100% pupuk buatan, maka ketiga formula tersebut dapat disarankan untuk dipilih petani.

Formula mana yang akan dipilih, tergantung pada ketersediaan bahan baku POTP. Jerami adalah bahan baku yang pasti tersedia di lahan sawah jika tidak digunakan sebagai pakan ternak, sedangkan tironia dapat dibudidayakan di sekitar sawah. Oleh karena itu, jika petani tidak memiliki ternak, maka formula POTP A menjadi pilihan (2t tironia+5t jerami+500kg kapur+50% pupuk buatan). Akan tetapi, jika pupuk kandang tersedia, maka POTP B dapat dipilih (2t tironia+5t pupuk kandang+500kg kapur+50% pupuk buatan).

Hasil gabah sekitar 4,1 – 5,4 t/ha pada sawah bukaan baru tersebut relatif sama dengan yang diperoleh Nurhajati Hakim *et. al.* (2010). Mereka melaporkan bahwa dengan POTP yang dibuat dari 2 t tironia + 5 t jerami +500kg kapur+50% pupuk buatan diperoleh hasil gabah sebanyak 4,0 – 4,7 t/ha, sedangkan dengan 2 t tironia + 5 t jerami+2 t pukan +500kg kapur+25% pupuk buatan sebanyak 5,4 t/ha (Tabel 10). Berdasarkan hasil tersebut, mereka menyimpulkan bahwa POTP yang dibuat dari 2 t tironia + 5 t jerami+2 t pukan +500kg kapur+25% pupuk buatan lebih tepat direkomendasikan.

Hasil gabah sekitar 4,1 – 5,4 t/ha tersebut sudah menyamai hasil padi rata-rata di Sumatera Barat yang berkisar 4 – 5,5 ton ha⁻¹ (Kompas, 2007). Akan tetapi, hasil gabah tersebut masih jauh di bawah hasil padi pada sawah intensifikasi yang sudah mantap yang bisa mencapai 8 ton/ha dengan pemberian 2,5 ton tironia (Gusnidar , 2007). Pada sawah lama, dengan metode SRI yang menggunakan pupuk kandang sapi sebanyak 15 t/ ha dapat menghasilkan 6,7 t gabah /ha (Sumardi 2007). Akan tetapi, Agustamar (2008) dengan metode SRI yang menggunakan 10 t pupuk kandang yang dikombinasikan dengan pupuk buatan mampu memberikan hasil sebanyak 6,8 t gabah/ha. Dengan penggunaan POTP secara berkelanjutan, diharapkan hasil gabah yang tinggi seperti pada sawah intensifikasi akan bisa dicapai.

Berdasarkan hasil gabah yang diperoleh pada uji multi lokasi ini dapat dinyatakan formula POTP A dan B cukup realistis untuk direkomendasikan karena memberikan hasil gabah yang lebih tinggi. Seperti dikemukakan sebelumnya, pilihan formula POTP sangat tergantung pada ketersediaan bahan baku. Jika petani tidak mempunyai ternak, maka jerami digunakan untuk mencampur tironia, dan pilihan formulanya adalah POTP A (2t tironia+5t jerami+500kg kapur+50% pupuk buatan) . Jika petani memiliki ternak, jerami digunakan sebagai pakan ternak, sedangkan kotoran ternak digunakan untuk membuat POTP dengan

titonia, maka pilihannya adalah POTP B dengan formula (2t titonia+5t pupuk kandang+500kg kapur+50% pupuk buatan).

Berdasarkan hasil penelitian meramu dan memanfaatkan POTP selama 3 tahun (2009 – 2011) di kabuapten Dharmasraya, dapat dinyatakan bahwa POTP sudah dapat dinyatakan bahwa penggunaan POTP sudah dapat didesiminasikan di tingkat petani. Untuk keperluan desiminasi tentu saja pendampingan dari pakar sangat diperlukan. Langkah awal adalah melatih tenaga PPL di Labor lapang, yang selanjutnya akan melatih dan membimbing petani. Untuk itu kerjasama Pemerintah kabupaten Dharmasraya dengan Universitas Andalas sangat dibutuhkan.

Hasil budidaya titonia di sekitar sawah bukaan baru belum dapat disajikan karena belum selesai panen. Oleh karena itu, untuk membuat rekomendasi budidaya titonia digunakan hasil penelitian tahun II (2010) seperti pada Tabel 1. Inokulasi mikoriza dan bakteri pelarut fosfat (BPF) pada bibit titonia dapat meningkatkan hasil bahan kering titonia yang dibudidayakan di sekitar sawah bukaan baru, seperti di pinggir jalan usaha tani / saluran irigasi primer atau sekunder, tetapi hasil bahan kering lebih tinggi di pematang sawah, dengan hasil sekitar 2 ton bahan kering per 2000 m baris per hektar per tahun.

Potensi untuk membudidayakan titonia di sekitar persawahan di Dharmasraya cukup besar, karena pinggiran saluran primer dan sekunder masih belum dimanfaatkan. Saat ini masih ditumbuhi gulma yang perlu dibersihkan secara berkala oleh Dinas pekerjaan Umum.

V. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian selama 3 tahun yang telah dikemukakan, dapat ditarik beberapa kesimpulan dan rekomendasi seperti berikut ini dan rekomendasi sebagai berikut ini.

1. Secara umum dapat dinyatakan bahwa semua jenis POTP mampu mengendalikan keracunan besi, dan memberikan pertumbuhan tanaman padi yang relatif sama bagusnya, dengan hasil gabah yang relatif sama tingginya pada sawah bukaan baru dari Ultisol di Sitiung Sumatera Barat.
2. Formula pupuk organik titonia plus (POTP) yang lebih tepat untuk mengendalikan keracunan besi serta memperoleh hasil padi yang lebih tinggi pada sawah bukaan baru dengan metode SRI adalah POTP A dengan formula 2 t titonia + 5 t jerami padi + 500kg kapur +50 % pupuk buatan untuk 1 ha lahan, dengan hasil gabah sebanyak 4,8 t/ha, atau POTP B dengan formula 2 t titonia + 5 t pupuk kandang + 500kg kapur +50 % pupuk buatan untuk 1 ha lahan, dengan hasil gabah sebanyak 5,4 t/ha .
3. Pemanfaatan POTP tersebut dapat meningkatkan efisiensi pemupukan atau menghemat aplikasi pupuk buatan sebanyak 50% dari kebutuhan tanaman padi. Jumlah pupuk buatan yang dapat dihemat tersebut sama dengan 125 kg Urea; 100 kg TSP; 125kg KCl;
4. Inokulasi mikoriza dan bakteri pelarut fosfat (BPF) pada bibit titonia dapat meningkatkan hasil bahan kering titonia yang dibudidayakan di sekitar sawah bukaan baru, seperti di pinggir jalan usaha tani / saluran irigasi primer atau sekunder, tetapi hasil bahan kering lebih tinggi di pematang sawah, dengan hasil sekitar 2 ton bahan kering per 2000 m baris per hektar per tahun.
5. Guna mengendalikan keracunan besi dan mengurangi jumlah aplikasi pupuk buatan sebanyak 50% pada sawah bukaan baru, direkomendasikan POTP A dengan formula 2 t titonia + 5 t jerami padi + 500kg kapur +50 % pupuk buatan untuk 1 ha lahan, atau POTP B dengan formula 2 t titonia + 5 t pupuk kandang + 500kg kapur +50 % pupuk buatan untuk 1 ha lahan
6. Agar bahan baku utama titonia tersedia di lokasi, maka direkomendasikan untuk membudidayakan titonia di pematang sawah atau di pinggir jalan usaha tani/pinggir saluran irigasi primer atau sekunder dengan memanfaatkan inokulan mikoriza dan BPF.

VI. PERKIRAAN DAMPAK HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat dinyatakan bahwa penerapan teknologi yang telah ditemukan yaitu berupa pembuatan dan pemanfaatan pupuk organik tironia plus (POTP) dalam penerapan metode SRI akan berdampak positif yang besar dalam memecahkan masalah keracunan besi, serta mengurangi penggunaan pupuk buatan hingga 50% dalam meningkatkan produksi padi pada sawah bukaan baru di Indonesia. Dengan penerapan teknologi ini diharapkan produksi beras yang tinggi secara berkelanjutan akan dapat diwujudkan. Di samping itu, temuan teknologi ini dapat memperkaya khasanah ilmu pengetahuan tentang pupuk alternatif bagi tanaman padi dalam meningkatkan pendapatan petani dan mengwujudkan swasembada beras di Indonesia.

Sehubungan dengan perkiraan dampak positif yang besar dari pembuatan dan pemanfaatan POTP, maka hasil penelitian ini perlu didesiminasikan ke tingkat petani pada sawah bukaan baru di berbagai kecamatan di kabupaten Dharmasraya.

VIII. DAFTAR PUSTAKA

- Agustamar. 2008. Prospek penerapan metode SRI(the System or Rice Intensification) pada sawah bukaan baru. Disertasi Doktor Ilmu Pertanian pada Program Pascasarjana Unand. Padang.
- Burbey., Z. Hamzah., dan Z. Zaini. 1990Pengendalian keracunan besi di lahan masam. *dalam* Prosiding Pengelolaan Sawah BukAan Baru Menunjang Swasembada Pangan dan Program Transmigrasi. Kerjasama Univ.Ekasakti dan Balittan Sukarami. Madang hal 367-385
- BPS. 2001. Statistik Indonesia. Badan Psat Statistik . Jakarta: 149-363
- Cochran, W. G. and G. M..Cox. 1957. *Experimental Designs*. Second ed. John Wiley & Sons. New York
- De Data S. K. 1981. *Principlesand practices of rice production*. IRRI. Los Banos. Philippines.
- Gardner, F. P., R. P. Pearce., and R. L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Terjemahan oleh H. Susilo. UI Press. Jakarta. 428 p
- Gusnidar. 2007. *Budidaya dan pemanfaatan Titoria diversifolia untuk menghemat pemupukan N, P, dan K padi sawah intensifikasi*. Disertasi Doktor Ilmu Pertanian Program Pascasarjana Unand. Padang.
- Herviyanti. 2007. *Upaya pengendalian keracunan besi (Fe) dengan asam humat dan pengelolaan air untuk meningkatkan produktivitas Ultisol yang baru disawahkan*. Disertasi Doktor Ilmu Petanian. Program Pascasarnana. Unand. Padang
- ICRAF. 1998. *Annual report for 1997*. International Centre for Research in Agroforestry. Nairobi. Kenya
- IRRI. 1972. *Annual report for 1971*. Los Banos Philippines. 238 p
- Jama, B. A.; C.A. Palm; R. J. Buresh; A. I. Niang; C. Gachengo; G. Nziguheba; and B. Amadalo. 2000. *Titoria diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya : a review. *Agroforestry Systems*. 49; 201-221
- Kasim, M., A. Anwar., N. Rozen., dan A. Syarif. 2008. *Pengkajian dan pengembangan metode the System of Rice Intensication (SRI) di Sumatera Barat*. Makalah disajikan pada Diskusi Panel Peningkatan Ketahanan Pangan Nasional tanggal 23 Pebruari 2008 di Jakarta.
- Kononova, M. M. 1966. *Soil Organic Matter: Its nature its role in soil formationand in soil fertility*. Translated by T. Z. Novakowski and A. C. D. Newman. Pergamon Press. Oxford.

- Marsi. 1997. Pemanfaatan fraksi humat sebagai alternatif perbaikan sifat kimia dan kesuburan tanah pada lahan pertanian marginal: Karakterisasi fraksi humat dan kemampuannya membentuk senyawa kompleks dengan logam. Dalam Buku I Prosiding Seminar Ilmiah Bidang ilmu Pertanian dalam rangka Dies Natalis UNSRI ke-36. Palembang; 143-150
- Nalwida Rozen. 2007. Mekanisme toleransi padi sawah terhadap gulma pada metode SRI (the System or Rice Intensification). Disertasi Doktor Ilmu Pertanian pada Program Pascasarjana Unand. Padang.
- Nurhajati Hakim. 1982. Pengaruh pemberian pupuk hijau dan kapur pada Podzolik Merah kuning terhadap ketersediaan fosfor dan produksi jagung (*Zea mayz*). Disertasi Doktor. Fakultas Pascasarjana IPB. Bogor. 272 halaman
- Nurhajati Hakim., M. Y. Nyakpa., A. M. Lubis., M. a. Pulung., M. R. Saul., M. A. Diha., G. B. Hong., and H. H. Bailey. 1986. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Unila Press. Bandar Lampung. 468 halaman.
- Nurhajati Hakim. 1990. Kesuburan tanah dan pembangunan pertanian. Pidato pengukuhan Guru Besar tetap dalam Ilmu Kesuburan Tanah. Puslit Unand. Padang.
- Nurhajati Hakim., and M. Helal, 1999. Green manure crop as an alternative N-fertilizer for sustainable agriculture in Humid Tropics. *In Proceedings int.Seminar Toward Sustainable Agriculture in Humid Tropics Facing 21th Century. Held on 27-28 September 1999 in Bandar Lampung. Pp 250-257.*
- Nurhajati Hakim. 2002 a. Kemungkinan penggunaan *Titonia diversifolia* sebagai sumber bahan organik dan unsur hara. *Jurnal Andalas, Bidang Pertanian. Tahun 2002.No.38 halaman 80-89. Lembaga Penelitian Unand.Padang.*
- Nurhajati Hakim. 2002 b. Organic matter for increasing P-fertilizer use efficiency of maize in Ultisols by using ³²P technique. *In. Proceeding 17th World Congress of Soil science. Held on 14-21 August 2002 in Bangkok.*
- Nurhajati Hakim., dan Agustian. 2003. Gulma titonia dan pemanfaatannya sebagai sumber bahan organik dan unsur hara untuk tanaman hortikultura. Laporan Penelitian Tahun I Hibah Bersaing XI/I. Proyek Peningkatan Penelitian Perguruan Tinggi DP3M Ditjen Dikti. Lembaga Penelitian Unand. Padang.
- Nurhajati Hakim., Agustian., Oksana. E.Fitra., and R. Zamora. 2004. Amelioration of acid soil infertility by (*Titonia diversifolia*) green manure and lime application. *In Proceeding 6th International Symposium Plant-Soil Interaction at low pH (PSILPH) on 1-5 August 2004 in Sendai Japan. pp 366-367*
- Nurhajati Hakim., dan Agustian. 2004. Budidaya gulma titonia dan pemanfaatannya sebagai bahan substitusi pupuk buatan untuk tanaman hortikultura di lapangan. Laporan Penelitian Tahun II. Hibah Bersaing XI/II. Proyek Peningkatan Penelitian Perguruan Tinggi DP3M Ditjen Dikti. Lembaga Penelitian Unand. Padang.

- Nurhajati Hakim., dan Agustian. 2005. Cultivation of (*Titonia diversifolia*) as asources of organic matter and plant nutrients. *In* Plant Nutrion for food security, human health and environmental protection. Proceeding 15th International Plant Nutrition Colloquium on 14-19 September, 2005. Tsinghua University Press. Beijing-China.. pp 996-997
- Nurhajati Hakim., dan Agustian. 2005. Budidaya titonia dan pemanfaatannya dalam usaha tani tanaman hortikultura dan tanaman pangan secara berkelanjutan pada Ultisol. Laporan Penelitian Tahun III Hibah Bersaing XI/III. Proyek Peningkatan Penelitian Perguruan Tinggi DP3M Ditjen Dikti. Lembaga Penelitian Unand. Padang.
- Nurhajati Hakim. 2006. Pengelolaan kesuburan tanah masam dengan teknologi pengapuran terpadu. Andalas University Press. Padang. 204 halaman
- Nurhajati Hakim., Lia Arfania., dan I.Darfis. 2006. Efek sisa dan tambahan titonia terhadap sifat kimia Ultisol dan hasil tanaman jagung pada musim ke tiga. Laporan Penelitian SP4 Fak.Pertanian Unand. Padang
- Nurhajati Hakim., Agustian., dan Hermansah. 2007. Pemanfaatan agen hayati dalam budidaya dan pengomposan titonia sebagai pupuk alternative dan pengendali erosi pada Ultisol. Laporan Penelitian Hibah Program Pascasarjana Tahun I. DP2M Ditjen Dikti dan Program Pascasarjanan. Unand Padang
- Nurhajati Hakim., Agustian., dan Hermansah. 2008. Pemanfaatan agen hayati dalam budidaya dan pengomposan titonia sebagai pupuk alternatif dan pengendali erosi pada Ultisol. Laporan Penelitian Hibah Program Pascasarjana Tahun II. DP2M Ditjen Dikti dan Program Pascasarjanan. Unand Padang
- Nurhajati Hakim., Agustian., dan Hermansah. 2009 a. Pemanfaatan agen hayati dalam budidaya dan pengomposan titonia sebagai pupuk alternatif dan pengendali erosi pada Ultisol. Laporan Penelitian Hibah Program Pascasarjana Tahun III. DP2M Ditjen Dikti dan Program Pascasarjanan. Unand Padang
- Nurhajati Hakim., Yanti Mala., dan Agustian. 2009 b. Pembuatan dan pemanfaatan pupuk organik titonia plus dalam penerapan metode SRI pada sawah bukaan baru. Laporan Hasil Penelitian KKP3T Tahun I. LP Unand dan Balitbang Pertanian Deptan. 61 halaman
- Strick , W. H., and C. N. Reddy, 1978. Chemical changes in rice soils. *In* Soils and Rice . IRRI. Los Banos, Manila, Philippines. pp 361-379
- Strick, W. H., and I. C. Mahapatra. 1968. Transformation and availability to rice of nitrogen and phosphorus in waterlogged soils. *Adv. Agron.* 20 : 323 - 359
- Annamperuma, F. N. 1972. The Chemistry of submerged soils. *Adv. Agron.* 24:29-96

- Ponnamperuma, F. N. 1984. Chemical kinetics of Wetland Rice Soil and the Growth of Rice. In Weet Land Soils. Charterization, Classification and Utilization. IRRI. Los Banos. Philipines. 421-439
- Reddy, C. N., and W. H. Patrick. 1977. Effect of redox potential on the stability of Zn and Cuchelates in flooded soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 41 (4): 729-732.
- Rutunga, V.; N. K. Karanja; C. K. K. Gachene; and C. A. Palm. 1999. Biomass production and nutrient accumulation by *Tephrosia vogelli* and *Titonia diversifolia* fallows during six month growth at Maseno. Biotechnology, Agronomy, Soc. and Environment. 3: 237-246.
- Sanchez, P. A. 1976. Properties and managemant of soils in the Tropic. John Willey and Sons. N Ychichester, Brisbane, Toronto, Dsingapore. 618 p
- Sanchez, P. A. and B. A. Jama. 2000. Soil fertility replenishment takes off in East and Southern Africa. Intenational Symposium on Balanced Nutrient Management Systems for the Moist Savanna and Humid Forest zones of Africa. Held on 9 Oct 2000 in Benin, Africa.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Stevenson, F. J. 1994. Humus chemistry, genesis, composition, and reaction. 2nd ed. John Welly and Sons. N Y. 443 p
- Suharta, N dan M. Soekardi (1994). Potensi sumberdaya lahan untuk pencetakan sawah irigasi di lokasi PIADP Kalimantan dan Sulawesi. Risalah Hasil Penelitian Sumberdaya Lahan untuk pengembangan sawah irigasi di kalimantan dan Sulawesi.
- Sumardi. 2007. Peningkatan produktivitas padi sawah melalui perbaikan lingkungan tumbuh dalam meningkatkan source-sink tanaman padi metode SRI (the System or Rice Intensification). Disertasi Doktor Ilmu Pertanian pada Program Pascasarjanan Unand. Padang.
- Sumodiningrat, G. 2001. Menuju Swasembada Pangan. Revolusi Hajau II. Introduksi Manajemen dalam Pertanian. Penerbit RBI. Jakarta 181 halaman.
- Sumadi. 2008. Modifikasi paket teknologi SRI (the System or Rice Intensification) untuk meningkatkan hasil padi (*Oryza sativa* L) sawah.). Disertasi Doktor Ilmu Pertanian pada Program Pascasarjanan Unand. Padang.
- Surowinoto, S. 1980. Teknologi Produksi Tanaman Padi Sawah. IPB. Bogor. 81 halaman
- Tan, K. H. 1996. Soil Sampling Preparation and Analysis. Marcel Dekker. Inc. N.Y. 407 halaman
- _____. 1998. Principle of Soil Chemistry. 3rd. Marcel Dekker. Inc. N.Y. 521 halaman

- Manaka, A., R. Loe., and S. A. Navasero. 1966. Some mechanisms involved in the development of iron toxicity symptoms in the rice plant. *Soil Sci. Plant. Nutr.* 12: 158-164
- van Breemen, N., and F. R. Moormann . 1978. Iron toxic soil. *In* *Soils and Rice*. IRRI. Los Banos. Manila, Philippines. pp 781-800
- Musuf, A., S. Djakamihardja., G. Satari., dan S. D. Sutami. 1990. Pengaruh pH dan Eh terhadap kelarutan Fe, Al, dan Mn tanah sawah bukaan baru jenis Oxosol di Sitiung. Dalam *Prosiding Pengelolaan sawah bukaan baru menunjang swasembada pangan dan program transmigrasi*. Di Padang. Kerjasama Fakultas Pertanian dan Balittan Sukarami. Halaman 237-264.
- Hu Tia Ren . 1985. *Physical chemistry of paddy soils*. Sci. Press Beijing Springer-verlag

Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitian (kecamatan Pulau Pinjung, Sekeloa dan Kota Salak) di kabupaten Dharmasraya, Provinsi Sumatera Barat

