



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

PENGARUH TAKARAN GAMBUT TERHADAP TOLERANSI KERACUNAN BESI BEBERAPA GENOTIPE PADI LOKAL (*Oryza sativa* L.) YANG DITANAM DI ULTISOL

SKRIPSI



**AZWARDI IDRIS
02112016**

**JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2010**

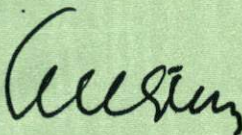
**PENGARUH TAKARAN GAMBUT TERHADAP TOLERANSI
KERACUNAN BESI BEBERAPA GENOTIPE PADI LOKAL
(*Oryza sativa* L.) YANG DITANAM DI ULTISOL**

OLEH

AZWARDI IDRIS
02112016

MENYETUJUI :

Dosen Pembimbing I



(Dr. Ir. Gustian, MS)
NIP . 19600825 198603 1 003

Dosen Pembimbing II



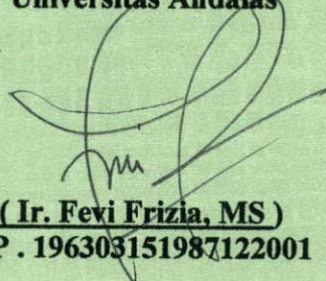
(Ir. Sutoyo, MS)
NIP . 19590902 198403 1 002

**Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Andalas**



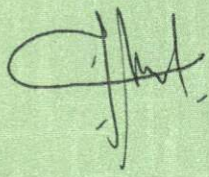
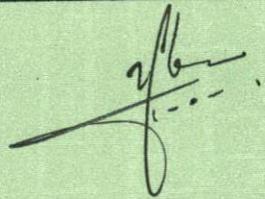
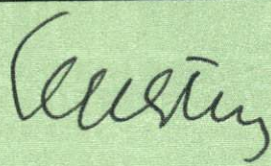
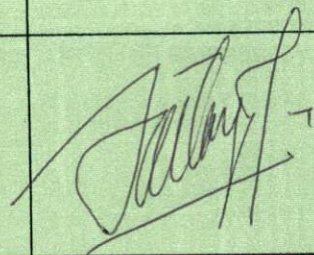
(Prof. Ir. H. Ardi, MSc)
NIP . 195312161980031004

**Ketua Jurusan Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Andalas**



(Ir. Fevi Frizia, MS)
NIP . 196303151987122001

**Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di depan Sidang Panitia
Ujian Sarjana Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang pada tanggal
10 Desember 2009**

No	NAMA	TANDA TANGAN	JABATAN
1	Dr. Ir. Etti Swasti, MS		Ketua
2	Dr.Ir. Nalwida Rozen, MP		Sekretaris
3	Dr. Yusniwati.SP.MP		Anggota
4	Dr. Ir. Gustian, MS		Anggota
5	Ir. Sutoyo, MS		Anggota



Allhamdulillahirrobbil'aalamiin.....

Puji dan syukur atas kehadiran Allah *subhanahu wa Ta'ala*, atas kesempatan yang diberikan untuk kebahagiaan kedua orangtuaku. Sholawat dan salam untuk kekasihNya 'Azza wa Jalla Rasulullah Shalallahu 'alaihi wa Sallam, suri tauladan ummat.

Dari lubuk hati yang terdalam aku persembahkan karya kecilku ini kepada kedua orang tuaku "Ayahanda Idris & Ibunda Zusnetti", dan adekku Doni, Nike *rahimahullah*, Ami, Nia, Daud atas perhatian, pengorbanan, semangat dan do'a tulus yang telah diberikan, semoga menjadi bekal dalam hidupku kelak.

Untuk kedua pembimbingku (Pak Tian dan Pak Toyo) dan para dosenku terima kasih atas bimbingannya, semoga Allah 'Azza wa Jalla membalas semua kesabaran dalam membimbingku dengan amal salih disisi-Nya *Subhanahu wa Ta'ala*..Amiin

Sahabat-sahabatku yang selalu membantu, khususnya BDP 02 dan umumnya 98, 99, 00 serta 01, kakak dan rekan di pasca sarjana Unand, adik-adikku BDP, Tanah, Sosek, Teknik, 03, 04, 05, 06 dan 07 yang senantiasa memberiku support, bantuan, dan kerjasamanya. Semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* membalas semuanya dengan amal baik disisiNya.

BIODATA

Penulis dilahirkan di Payakumbuh pada tanggal 9 September 1983 sebagai anak pertama dari enam bersaudara, dari pasangan Idris dan Zusnetti. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di tempuh di SD Negeri 32 Koto Tengah Simalanggang Kecamatan Payakumbuh Kabupaten 50 Kota (1990-1996) dan dilanjutkan di Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP) di tempuh di SLTP Negeri 1 Payakumbuh, lulus tahun 1999. Sekolah Lanjutan Tingkat Atas (SLTA) di tempuh di SMU Negeri 1 Payakumbuh, lulus tahun 2002. Pada tahun 2002, penulis diterima di Fakultas Pertanian Universitas Andalas Program Studi Pemuliaan Tanaman Jurusan Budidaya Pertanian.

Padang, Mei 2010

Azwardi Idris

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Puji dan syukur kehadiran Allah *Subhanahu wa ta'ala*, karena atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul **“Pengaruh Takaran Gambut terhadap Toleransi Keracunan Besi Beberapa Genotipe Padi Lokal (*Oryza sativa* L.) yang Ditanam di Ultisol”**. Shalawat dan salam penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad *Shalallahu 'alaihi wa sallam* pembawa risalah termulia.

Dengan selesainya proposal ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Ir. Gustian, MS dan Bapak Ir. Sutoyo, MS selaku pembimbing yang telah memberikan arahan, nasehat dan saran kepada penulis baik dalam studi maupun dalam penulisan proposal ini.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam melaksanakan studi di Fakultas Pertanian ini serta sahabat seperjuangan yang telah memberikan motivasi yang tak habis-habisnya kepada penulis hingga selesainya penulisan proposal penelitian ini.

Harapan penulis semoga penelitian yang penulis lakukan bermanfaat bagi pembangunan pertanian Indonesia. Aamiin.

Padang, Mei 2010

A.I

DAFTAR ISI

	<u>Halaman</u>
KATA PENGANTAR	Vii
DAFTAR ISI	Viii
DAFTAR TABEL	Ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
I. PENDAHULUAN	1
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Fe Sebagai Aktivasi Enzim dan Transport Elektron.....	5
2.2. Pengaruh Besi Pada Padi (<i>Oryza sativa</i> L.) di Ultisol yang Digenangi.....	9
2.3. pH dan Potensial Redoks (Eh).....	19
2.4. Gambut Sebagai Bahan Organik.....	21
III. BAHAN DAN METODE	25
3.1 Waktu dan Tempat	25
3.2 Bahan dan Alat	25
3.3 Rancangan Percobaan.....	25
3.4 Pelaksanaan	26
3.5 Pengamatan	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Analisis Tanah dan Gambut.....	30
4.2 Tingkat Kercunan Besi.....	36
4.3 Jumlah Anakan.....	37
4.4 Tinggi Tanaman.....	39
4.5 Berat Kering Batang.....	40
4.6 Berat Kering Akar.....	42
4.7 Panjang Akar.....	43
V. KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	45

5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

<u>Tabel</u>	<u>Halaman</u>
1. hasil analisis tanah dan daun tanaman kontrol tanpa perlakuan.....	33
2. Analisis campuran tanah dan gambut.....	35
3. Skor keracunan kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut.....	36
4. Uji F jumlah anakan kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam.....	38
5. Uji lanjut BNT jumlah anakan kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam...	38
6. Uji F tinggi tanaman kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam.....	39
7. Uji lanjut BNT tinggi tanaman kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur* 45 hari setelah tanam.....	39
8. Uji F berat kering batang kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam....	40
9. Uji lanjut BNT berat kering batang kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam.....	41
10. Uji F berat kering akar kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambutpada umur 45 hari setelah tanam.....	42
11. Uji lanjut BNT berat kering akar kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam	42
12. Uji F panjang akar kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam.....	43
13. Uji lanjut BNT panjang akar kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam....	44

DAFTAR GAMBAR

<u>Gambar</u>	<u>Halaman</u>
1. Tipe-tipe gugus heme prostetik enzim sitokrom.....	6
2. Pemanfaatan Fe oleh enzim sitokrom.....	8
3. Struktur ferredoxin kloroplas.....	9
4. Khelat.....	11

DAFTAR LAMPIRAN

<u>Lampiran</u>	<u>Halaman</u>
1. Jadwal kegiatan percobaan dari bulan Mei 2009 sampai dengan Agustus 2009	51
2. Denah penempatan percobaan menurut Rancangan Acak Lengkap (RAL).....	52
3. Sensitifitas tanaman terhadap penambahan (<i>supply</i>) zat hara mikro.....	53
4. Kekahatan Berbagai Unsur dan Kandungan Kritisnya yang Dapat Meracun pada Tanaman Padi.....	54
5. Perhitungan Gambut Pot ⁻¹	55
6. Prosedur analisis Fe tanaman dan media.....	56
7. deskripsi jumlah anakan masing-masing kultivar.....	59
8. Skala keracunan menurut <i>Standard evaluation system for rice</i>	61
9. Kriteria sifat kimia tanah	62
10. Dokumentasi penelitian	63
11. Istilah-Istilah Penting	64

"PENGARUH TAKARAN GAMBUT TERHADAP TOLERANSI KERACUNAN BESI BEBERAPA GENOTIPE PADI LOKAL (*Oryza sativa* L.) YANG DITANAM DI ULTISOL"

ABSTRAK

Percobaan tentang Pengaruh Takaran Gambut terhadap Toleransi Keracunan Besi Beberapa Genotipe Padi Lokal (*Oryza sativa* L.) yang Ditanam di Ultisol, dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kepekaan atau ketoleranan kultivar padi pada tanah yang kaya besi. Percobaan dilaksanakan di rumah kaca, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas Padang. Percobaan dilakukan dari bulan Mei sampai dengan Agustus 2008.

Percobaan ini disusun berdasarkan Rancangan Acak lengkap (RAL) faktorial dengan 2 taraf perlakuan dan 3 ulangan. Sebagai faktor A, perlakuan yang diberikan adalah pengujian varietas IR-64 (kontrol), *Oryza sativa*'Mundam', *Oryza sativa*'Silumek', *Oryza sativa*'Sijunjuang', *Oryza sativa*'Pulau Batu', dikombinasikan dengan faktor B yaitu pemberian beberapa takaran gambut 0 ton.Ha⁻¹, 5 ton.Ha⁻¹, 10 ton.Ha⁻¹. Data hasil percobaan ini dianalisis menggunakan uji F pada taraf nyata 5% dan jika F hitung perlakuan berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5 %. Adapun variabel pengamatan yang diamati adalah tingkat keracunan besi, jumlah anakan, tinggi tanaman, berat kering batang, berat kering akar dan panjang akar.

Dari hasil percobaan didapatkan tingkat keracunan besi yang dikategorikan peka untuk semua varietas yang ditanam pada tanah ultisol yang digenangi ini. Perlakuan pemberian takaran gambut 5 ton.Ha⁻¹ dan 10 ton.Ha⁻¹ yang diharapkan mampu menekan konsentrasi besi sampai dibawah ambang batas (*threshold*) 300 ppm, hanya mampu menekan konsentrasi besi berturut-turut 665 ppm dan 608 ppm.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan pangan terus meningkat seiring dengan peningkatan populasi penduduk. Sementara produksi pangan sendiri tidak mengimbangi pertumbuhan jumlah penduduk. Dengan keadaan seperti itu maka produksi pangan yang ada terutama beras belum dapat memenuhi kebutuhan konsumsi pangan yang semakin meningkat. Kondisi ini terjadi disebabkan salah satu faktor klasik di negara yang pertumbuhan penduduknya tinggi, yaitu keterbatasan lahan produksi yang produktif. Beberapa tahun kedepan dikhawatirkan akan terjadi kekurangan pangan jika produksi padi tidak segera ditingkatkan secara nyata. Hal ini, dapat terjadi mengingat masih tingginya laju pertumbuhan penduduk dan alih fungsi lahan subur sementara kurva peningkatan produksi sudah melandai sejak dua dekade lalu (Herviyanti, Prasetyo dan Ahmad, 2007).

Data Badan Pusat Statistik (2006) tentang hasil produksi, luas panen dan produktifitas padi sawah menurut propinsi, di Sumatera Barat dari tahun 2004 sampai 2006 adalah sebagai berikut. Pada tahun 2004 produksi padi di Sumatera Barat berjumlah 1.851.231 ton ha⁻¹ pada luas panen 413.745 ha dengan produktifitas 44,74 ku ha⁻¹. Tahun 2005 terjadi peningkatan produksi padi di Sumatera Barat menjadi 1.882.967 ton ha⁻¹ pada luas panen 418.982 ha dengan produktifitas 44,94 ku ha⁻¹. Namun, pada tahun 2006 terjadi penurunan produksi menjadi 1.839.661 ton ha⁻¹ pada luas panen 401.621 ha dengan produktifitas 45,81 ku ha⁻¹. Dapat dilihat, pertambahan atau pengurangan produksi padi terjadi karena bertambah atau berkurangnya luas lahan pertanaman padi, dimana luas panen terkecil pada tahun 2006, sehingga memberikan hasil dan produktifitas yang juga rendah, sedangkan jumlah penduduk di Sumatera Barat, terhitung dari tahun 2004 sebanyak 4.528.242 jiwa, tahun 2005 sebanyak 4.555.810 jiwa, tahun 2006 sebanyak 4.632.152 dengan jumlah penduduk yang bertambah tiap tahunnya, sehingga tidak mengimbangi kebutuhan pangan.

Meningkatkan produksi padi sawah seiring dengan laju pertumbuhan penduduk yang semakin bertambah, dibutuhkan pembukaan areal pertanaman di lahan marginal. Hal itu sebagai salah satu langkah kongkrit terhadap kebijakan perberasan yang diatur dalam Inpres Nomor 13 Tahun 2005 bagian pertama, menyebutkan untuk memberikan dukungan peningkatan produktifitas padi, kualitas padi, dan produksi padi nasional termasuk pemanfaatan sumberdaya

lahan dan air dalam rangka peningkatan pendapatan petani, yang mulai diberlakukan sejak tahun 2006, dalam upaya peningkatan produksi dan pasca panen untuk perbaikan pendapatan petani (Cahyono, 2006). Pembukaan pertanaman di tanah marginal memiliki banyak kendala, diantaranya keracunan besi untuk tanaman padi sawah. Penelitian lain juga menunjukkan, hasil padi yang menurun hingga 90% pada lahan sawah berkadar Fe tinggi jenis ultisol (Suhartini *et al.* 1992 *cit* Suhartin, 2004). Virmani (1977) dalam Suhartin, (2004) melaporkan penurunan hasil padi pada lahan keracunan besi mencapai 70% untuk varietas peka dan 30% untuk varietas toleran.

Nama podsolik merah-kuning diperkenalkan untuk pertama kali dalam pustaka ilmu tanah Indonesia oleh Dudal dan Soepraptohardjo pada tahun 1957. Sebelum nama podsolik merah-kuning masuk ke Indonesia, tanah itu tergolong ke dalam tanah laterik, yang juga mencerminkan suatu pendapat bahwa tanah tersebut telah menjalani proses pemunduran kesuburan dicirikan pH yang rendah, Fe dan Mn aktif tinggi, daya simpan air terbatas, bahan organik rendah dan rentan terhadap erosi. Tanah podsolik merah-kuning merupakan ordo ultisol berdasarkan klasifikasi tanah USDA. (Notohadiprawiro, 1986)

Penggenangan ultisol mengakibatkan peningkatan konsentrasi besi. Ion besi (fero) merupakan hasil reduksi anorganik paling banyak (Sanchez, 1993). Serangkaian penelitian yang dilakukan oleh Kawaguchi, Kita dan Kyuma. (1956), dan Kawaguchi dan Kita (1957) di Jepang, juga oleh Ahmad (1963) di Trinidad dalam Sanchez (1993) menegaskan bahwa penggenangan secara berangsur-angsur menurunkan kemantapan agregat tanah karena adanya pereputan (*decomposition*) bahan organik dan reduksi lapisan oksida besi dan oksida mangan menjadi bentuk dapat larut. Sedangkan, pada tanah sawah, padi memiliki perakaran yang pendek, yaitu pada lapisan olah tanah dimana unsur feri direduksi sangat tinggi pada lahan bukaan baru, sehingga ketersediaan fero yang meracun sangat mempengaruhi penyerapan unsur besi dan rusaknya perakaran tanaman padi oleh mantel fero yang menempel pada akar.

Keracunan Fe, ditunjukkan oleh warna ungu kecokelatan (*purplish-brown*) atau kekuningan (*orange bronzing*) pada daun, dengan konsentrasi 300-500 ppm dari Fe terlarut (*dissolved Fe*) (Moorman dan Van Breemen, 1978 *cit* Catling, 1992). Kondisi status hara rendah (*low nutrient*) ambang batas (*threshold*) ini juga lebih rendah (Catling, 1992). Tanaman yang mengalami defisiensi P dan K, konsentrasi besi 30 ppm sudah bersifat meracun (Ismunadji dan Roechan, 1988).

Berbagai teknologi telah tersedia untuk meningkatkan produksi padi pada lahan keracunan Fe, diantaranya melalui perbaikan drainase, pemupukan berimbang, penambahan bahan organik dan pengapuran (Ismunadji 1990 *cit* Suhartin, 2004). Sebagai contoh, untuk meningkatkan hasil gabah varietas peka IR64 membutuhkan pupuk kalium 2-3 kali lebih banyak dari varietas tahan Kapuas dan Batang Ombilin (Ismunadji 1990; Arjasa dan Ismunadji 1989; Sarwani 1992 *cit* Suhartin, 2004). Juga, Gunatilake dan Bandra (1989) dalam Suhartini (2004) melaporkan bahwa pemberian P dan K dengan takaran dua kali lipat dari takaran normal dapat menekan pengaruh keracunan Fe terhadap pertumbuhan dan hasil padi. Tentu saja, butuh biaya besar dalam penanggulangan dengan cara demikian. Penggunaan varietas toleran tidak diasumsikan sebagai pengganti pupuk, tetapi sebagai alternatif dalam mengurangi penggunaan pupuk. Oleh sebab itu, penggunaan varietas toleran adalah cara yang lebih efisien sehingga dapat meningkatkan keuntungan.

Metode pengujian genotipe/varietas yang tepat dan cepat terhadap keracunan Fe masih sulit didapat. Seperti yang dilansir Suhartini (2004), hal ini disebabkan karena toleransi tanaman padi terhadap keracunan Fe dipengaruhi oleh kondisi hara tanaman, iklim, dan fase pertumbuhan. Metode tersebut hendaknya dapat mencerminkan kondisi keracunan Fe secara luas di Indonesia.

Penelitian ini menggunakan kontrol varietas IR-64. Varietas IR-64 telah diketahui sebagai varietas peka. Batas kritis keracunan Fe jaringan tanaman padi IR-64 adalah sebesar 200 ppm (Noor, Sabran dan Ningsih, 2006).

Genotipe yang digunakan adalah genotipe lokal, dimana genotipe ini termasuk genotipe lokal yang banyak digunakan di Sumatera Barat. Genotipe padi lokal yang ditanami petani merupakan genotipe yang telah puluhan tahun ditanam dan diseleksi oleh alam. Penanaman padi lokal disenangi petani karena rasa berasnya yang enak, dan aromanya yang harum, walau produksinya tidak setinggi kultivar padi unggul (Widodo, 2005). Alasan lain penggunaan genotipe lokal ini adalah karena penggunaan varietas unggul yang telah dilakukan oleh Nugraha (2006) dalam melakukan uji toleransi terhadap Fe^{2+} memberikan hasil yang tidak memuaskan, karena sebagian besar kultivar padi baru tersebut tidak tahan terhadap keracunan Fe yang tinggi. Kultivar baru juga kurang disukai petani karena memerlukan pemeliharaan intensif, input produksi dan tenaga kerja yang lebih tinggi dan rasa nasi kurang enak (Munandar, 1996 *cit* Widodo, 2005). Pengujian kultivar padi selama ini baru pada tahap tahan terhadap hama dan

penyakit (Rozen, Kasim, Rahman, Suliansyah, 2006). Kultivar lokal secara alami telah teruji ketahanannya terhadap hama dan penyakit sehingga merupakan kumpulan sumber daya genetik yang tak ternilai harganya (Ifansyah dan Priatmadi, 2003 *cit* Widodo, 2005).

Pemberian bahan organik dalam mengatasi keracunan Fe ternyata memberikan hasil yang memuaskan karena dekomposisi bahan organik yang menghasilkan asam-asam organik dapat berikatan dengan kation logam seperti Fe^{3+} . Salah satu bahan organik yang efektif dalam mengatasi keracunan Fe ini adalah gambut. Digunakannya gambut juga dinilai efektif, karena selain gambut mudah didapatkan, biaya yang dikeluarkan juga relatif kecil jika dibandingkan dengan penggunaan bahan organik lain.

Gambut merupakan tanah yang terbentuk dari bahan organik pada fisiografi cekungan atau rawa, akumulasi bahan organik pada kondisi jenuh air, anaerob, menyebabkan proses perombakan bahan organik berjalan sangat lambat, sehingga terjadi akumulasi bahan organik yang membentuk tanah gambut. Proses pembentukan gambut terjadi baik pada daerah pantai maupun di daerah pedalaman dengan fisiografi yang memungkinkan terbentuknya gambut, oleh sebab itu kesuburan gambut sangat bervariasi, gambut pantai yang tipis umumnya cukup subur, sedang gambut pedalaman kurang subur. (Sagiman, 2007)

Penggunaan gambut pada percobaan ini bertujuan untuk mengikat unsur besi membentuk *organo-komplek*. Besi dapat membentuk senyawa kompleks dengan asam-asam organik yang terkandung dalam gambut. Asam organik yang tadinya monomer berubah bentuk menjadi polimer yang merupakan senyawa kompleks dengan Fe^{3+} , sehingga dapat mengurangi konsentrasi Fe^{2+} dalam tanah.

Salah satu langkah yang dapat ditempuh adalah dengan pengadaan varietas-varietas padi yang tahan terhadap keracunan besi akibat penggenangan ini. Maka dari itu penulis melakukan penelitian yang berjudul **“Pengaruh Takaran Gambut terhadap Toleransi Keracunan Besi Beberapa Genotipe Padi Lokal (*Oryza sativa* L.) yang Ditanam di Ultisol”**.

Hipotesis dari penelitian ini adalah setiap genotipe tanaman padi yang di uji memiliki toleransi yang berbeda terhadap keracunan besi pada ultisol yang diberi beberapa takaran gambut. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pemberian beberapa takaran gambut pada tingkat toleransi genotipe tanaman padi terhadap keracunan besi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fe Sebagai Aktivasi Enzim dan Transpor Elektron

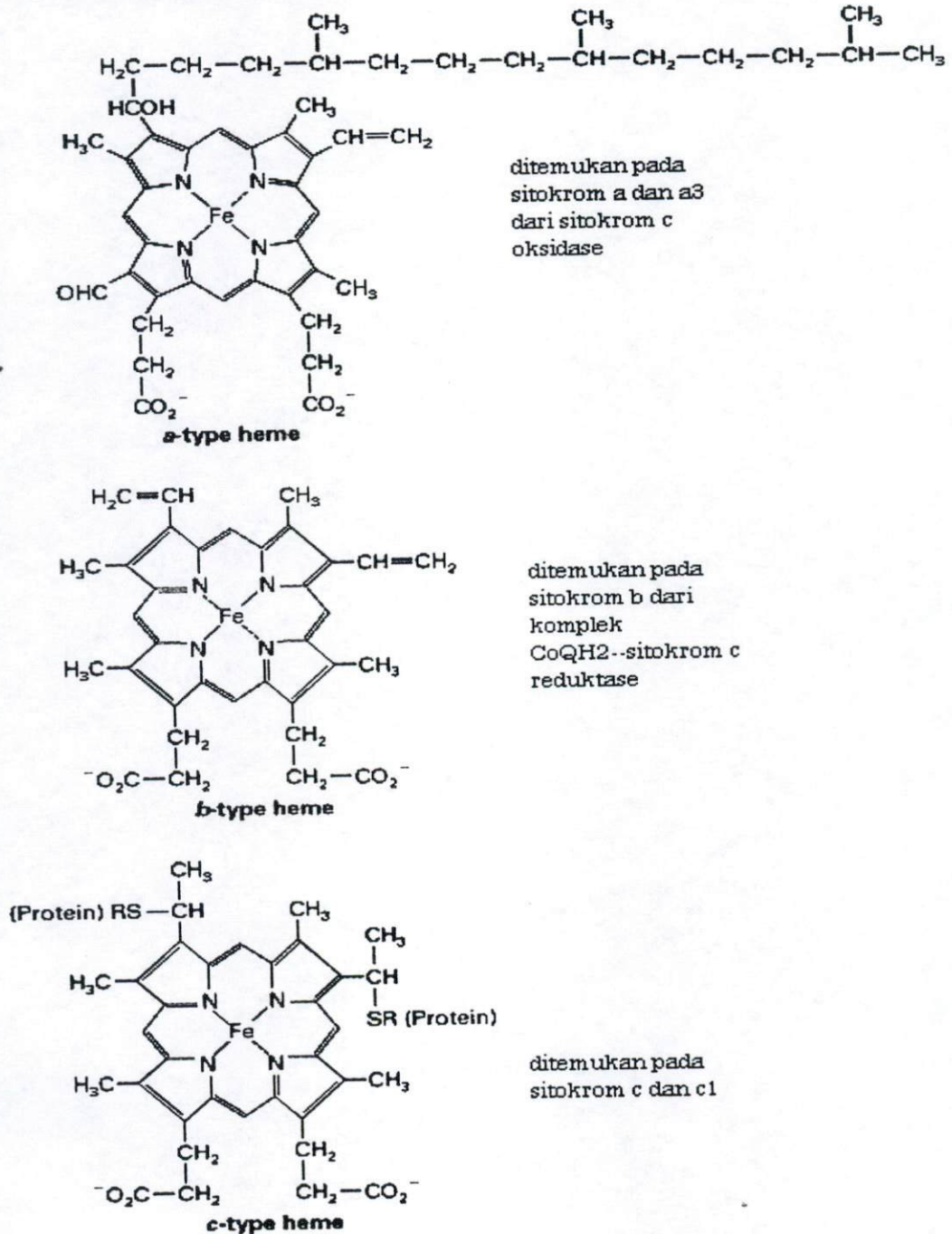
Pengambilan Fe oleh tanaman terutama dalam bentuk Fe^{2+} , walaupun Fe^{3+} dan khelat-Fe juga terdapat dalam rizosfer. Reduksi penting untuk penyerapan, sumber elektronnya mungkin sitokrom atau flavin yang terdapat pada membran plasma (Chaney, Brown dan Tiffin, 1972 *cit* Gardner, Pearce dan Mitchell, 1991). Pengambilan Fe oleh tanaman dipengaruhi oleh kation-kation yang lain. Aerasi yang baik, pH tinggi, dan ion-ion Ca, fosfat, dan nitrat menghalangi pengambilan, sedangkan ion aluminium tidak (Mengel dan Kirby, 1979 *cit* Gardner *et al.*, 1991).

Besi merupakan salah satu penyusun enzim rantai transpor elektron, yaitu sitokrom dan feredoksin, yang aktif dalam fotosintesis dalam respirasi mitokondria. Besi juga merupakan penyusun enzim-enzim katalase dan peroksidase, yang mengkatalis pembongkaran H_2O_2 menjadi H_2O dan O_2 , mencegah keracunan H_2O_2 . Besi, bersama-sama dengan Mo, merupakan unsur penyusun enzim-enzim nitrit dan nitrat reduktase dan enzim fiksasi N_2 nitrogenase. Walaupun Fe bukan merupakan bagian penyusun molekul klorofil, keberadaannya mempengaruhi tingkat klorofil karena Fe dibutuhkan dalam pembentukan ultrastruktur kloroplas. Besi tidak bergerak dalam tumbuhan dan tidak didistribusikan kembali. Brown (1961) *cit* Gardner *et al.*, (1991) menemukan bahwa genotipe tanaman sangat bervariasi dalam hal efisiensi pengambilan Fe.

Penerima dan pemberi elektron selain pigmen diperkirakan protein lamela. Salah satu dari macam senyawa ini adalah sitokrom, yaitu protein yang mempunyai cincin porfirin yang mirip dengan klorofil. Namun, unsur logam utamanya besi (Fe) bukan magnesium, yang melepaskan atau menerima elektron. (www.wikipedia.or.id, 2009).

Sitokrom merupakan suatu kelas protein, yang mengandalkan potensial redoks dari atom zat besi ($\text{Fe}^{3+} \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}$) untuk mentransfer elektron. Sebagai protein pentransfer elektron, sitokrom mengandung paling tidak satu gugus *heme*.

Pada eukariot, dalam suatu varietas, sitokrom ditemukan dalam mitokondria (rantai pernafasan) dan retikulum endoplasmik (reaksi hidroksilasi). Sitokrom diklasifikasi dalam kelompok yang dikenal sebagai *a*, *b*, atau *c* sebutan yang mengacu pada karakteristik gelombang α , β , atau γ , yang dilihat dari spektrum cahaya pita absorban pada panjang gelombang 300 – 600 nm (cahaya hijau sampai merah) (Armstrong, 1989).



Gambar 1. tipe-tipe gugus heme prostetik enzim sitokrom

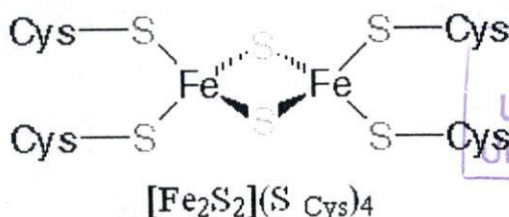
(<http://tainano.com>, 2009)

Semua sitokrom memiliki gugusan zat besi-porfirin dan hal itu menjadikan sitokrom termasuk kedalam jenis *protein heme*. Sitokrom *b* dan *c*, memiliki zat besi-*protoporfirin IX* sebagai gugusan hemyanya, yang terikat secara kovalen dengan protein dalam Sitokrom *c*, tetapi bukan dalam Sitokrom *b*. Pada sitokrom *c* dan *c₁* dari transpor elektron, heme terikat secara kovalen melalui ikatan tioester kepada dua residu sisteinil. Gugusan zat besi-porfirin dari sitokrom *a* dan *a₃* merupakan heme yang terikat secara nonkovalen, suatu molekul yang berbeda dari protoporfirin IX dalam suatu rantai hidrokarbon panjang menggantikan 1 gugus vinil dan suatu gugusan formil menggantikan satu gugusan metil. Perbedaan dalam struktur heme ini merupakan penyebab dari spektra absorpsi khas sitokrom yang tereduksi (Armstrong, 1989).

Sitokrom *c*, salah satu dari beberapa pembawa (*carier*) elektron yang mudah diekstraksi, telah dimurnikan dari banyak sumber sel spesies hidup, dan perbandingan rangkaian asam amino protein dari banyak spesies ini memberikan sumbangan besar dalam pendekatan molekuler pada penelitian makromolekul (Armstrong, 1989).

Q-sitokrom c oksidoreduktase, adalah salah satu jenis sitokrom, yang dikenal sebagai *sitokrom c reduktase*, *kompleks sitokrom bc₁*, atau *kompleks III*. Enzim ini berupa *dimer*, dengan tiap kompleks subunit mengandung subunit-subunit protein, satu gugus besi-sulfur (Fe_2S_2) yang disebut ferredoksin, dan tiga sitokrom yang terdiri dari satu sitokrom *c₁* dan dua sitokrom *b*. Sitokrom Atom besi dalam gugus heme kompleks III berubah dari bentuk teroksidasi Fe^{3+} menjadi bentuk tereduksi Fe^{2+} secara bergantian sewaktu elektron ditransfer melalui protein ini. Sitokrom *c* hanya membawa 1 elektron (www.wikipedia.or.id, 2009).

Sitokrom *a* dan *a₃* terdapat sebagai suatu protein oligometrik, disebut sitokrom oksidasi dan merupakan akseptor sitokrom terminal dalam mentransfer elektron ke O_2 . Kompleks *a-a₃* memiliki dua heme Fe dan dua atom tembaga, dan kedua ion logam ini berfungsi dalam transfer elektron. Transfer elektron dalam stadium akhir diduga berlangsung sebagai berikut: sitokrom *a* → sitokrom *a₃* → O_2 , dengan tembaga ($\text{Cu}^{2+} \leftrightarrow \text{Cu}^+$) yang berpartisipasi dalam transfer elektron dari sitokrom *a* menjadi sitokrom *a₃* (Armstrong, 1989).



Gambar 3. Struktur ferredoxin kloroplas (Armstrong, 1989).

Ferredoksin, protein kecil yang terdiri dari atom besi dan sulfur ini, mampu menerima dan melepaskan elektron, sebagai akibat dari bertukarnya bilangan oksidasi (+2 atau +3) atom besi. Dalam hal ini, ferredoksin bertindak sebagai agen pentransfer elektron dalam reaksi redoks biologi. Bioanorganik dalam system transpor elektron selain ferredoksin adalah sitokrom. Tipe ferredoksin tanaman, dikenal secara alami dari gabungan besi-sulfurnya dan dari kesamaan urutannya, yaitu jumlah atom besi dan sulfurnya yang sama banyak (answers.com, 2009). Sebagai pembawa (*carier*) elektron, protein dari jenis ini telah diidentifikasi dalam rantai transpor elektron dan respirasi. Contohnya flavoprotein dehidrogenase NADH dan dehidrogenase suksinat yang masing-masingnya terdiri dari 24 molekul penyusun dan tujuh pusat zat besi-sulfur (*iron-sulphate clusters*) per molekulnya (Armstrong, 1989).

Pusat aktifnya adalah gabungan Fe_2S_2 , dimana dua atom besi berkoordinasi dengan dua atom sulfur anorganik dan dilengkapi oleh empat atom sulfur lain yang berikatan dengan sistein. Dalam kloroplas, Fe_2S_2 ferredoksin berfungsi sebagai pembawa elektron dalam rantai transpor elektron fotosintesis dan sebagai donor elektron di berbagai macam protein sel. Ferredoksin menerima elektron yang didapatkan dari cahaya matahari berkat bantuan klorofil dan ditransfer ke enzim ferredoksin: NADP^+ oksidoreduktase (answers.com, 2009).

2.2. Pengaruh Besi pada Padi (*Oryza sativa* L.) di Ultisol yang Digenangi

Tanah masam banyak dijumpai di wilayah beriklim tropika basah, termasuk Indonesia. Luas areal tanah bereaksi asam seperti podsolik, ultisol, oxisols dan spodosol, masing-masing sekitar 47,5, 18,4, 5,0 dan 56,4 juta ha atau seluruhnya sekitar 67 % dari luas total tanah di Indonesia (Nursyamsi, *et al.*, 1996

cit www.balitbangjateng.go.id, 2006). Luasnya tanah masam tersebut sebenarnya mempunyai potensi yang besar untuk pengembangan usaha pertanian, tetapi sampai sekarang masih belum dapat dimanfaatkan secara maksimal mengingat beberapa kendala yang terdapat pada tanah masam. Kendala-kendala utama bagi pertumbuhan tanaman pada tanah-tanah mineral masam adalah keracunan Al, Fe dan Mn (Widawati, 1999 *cit* www.balitbangjateng.go.id, 2006). Selain keracunan Al dan Fe kendala lain adalah nilai pH tanah umumnya rendah sehingga mempunyai masalah fiksasi unsur P yang relatif cukup tinggi (www.balitbangjateng.go.id, 2006).

Tanah sulfat masam dicirikan oleh pH kurang dari 5, kandungan Al, Mn, dan Fe relatif tinggi yang menyebabkan keracunan pada tanaman, kejenuhan basa rendah, kandungan hara seperti N, P, K, Ca, Mg, dan Mo relatif rendah, dan peka terhadap erosi. (Buckman and Brady, 1982; dan Hakim, Nyakpa, Lubis, Nugroho, Diha, Hong dan Bailey, 1986).

Ada 16 unsur esensial bagi tanaman. Salah satunya adalah besi yang dibuktikan sebagai unsur esensial bagi tanaman oleh Gris pada tahun 1844 (Hane, Motiramani dan Bali, 1970). Ke-16 unsur esensial ini diserap oleh tanaman dalam bentuk ion, termasuk Fe yang diserap dalam bentuk Fe^{2+} dan kembali menjadi Fe^{3+} dalam sel tanaman (Krantz, Brown, Fischer, Pendery dan Brown, 1962).

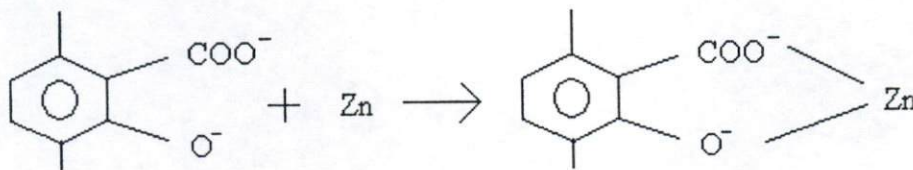
Unsur yang sangat larut dalam keadaan reduksi adalah besi (Fe). Kelarutan ini disebabkan terjadinya perubahan muatan dari Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} . Konsentrasi Fe^{2+} akan meningkat tajam setelah 2-3 minggu penggenangan. Konsentrasi yang tinggi dapat menimbulkan keracunan pada padi sawah (Ismon, 2006).

Besi (Fe^{2+}) sesungguhnya merupakan unsur hara mikro dan sangat dibutuhkan tanaman tetapi dalam jumlah yang sangat sedikit. Apabila kadar Fe dalam tanah relatif tinggi, maka tanaman dapat mengalami keracunan. Namun keracunan besi pada tanaman sangat berkaitan dengan kemampuan tanaman menyerap hara makro terutama P, K, Ca, dan Mg. Jika tanaman dapat menyerap hara makro di awal pertumbuhan dalam jumlah yang cukup, maka konsentrasi Fe sebesar 600 ppm tidak akan menimbulkan keracunan. Sebaliknya jika tanaman tidak dapat menyerap hara makro dalam jumlah yang cukup pada awal pertumbuhannya disebabkan akar tidak berkembang sempurna, maka konsentrasi

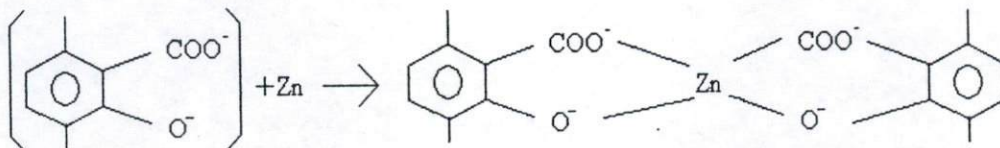
Fe yang rendah sekalipun (100 ppm) dapat menyebabkan tanaman mengalami keracunan Fe. Penyerapan hara sangat berkaitan dengan perkembangan akar tanaman (Ismon, 2006).

Fe berfungsi sebagai katalis dalam pembentukan klorofil, terdapat dalam banyak senyawa dan sebagai komponen enzim-enzim. Besi termasuk unsur yang berlebihan dalam banyak jenis tanah jika dibandingkan dengan unsur hara mikro (*micronutrient*) yang lain. Tanaman menyerap besi melalui akar atau daun atau keduanya dalam bentuk ion (Fe^{2+}) atau dalam bentuk kompleks garam organik (khelat) (Hartman, Kofranek, Rubatzky, Flocker, 1988).

Menurut Stevenson (1982) kation-kation yang terlibat dalam pembentukan senyawa kompleks atau khelat salah satunya kation-kation yang esensial bagi tanaman, tetapi tidak membentuk ikatan koordinasi dengan ligan organik seperti Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} dan Fe^{3+}



a. khelat kurang stabil



b. khelat lebih stabil

Gambar 4. Khelat

Reduksi Fe^{3+} dan $\text{Mn}^{3+/4+}$ akan menyebabkan keracunan jaringan (*phytotoxic*) Fe^{2+} dan Mn^{2+} pada padi sawah. Kondisi mereduksi yang menyebabkan perpindahan Fe^{2+} dan Mn^{2+} bukan berarti menghilangkan sifat besi dan mangan dari dalam tanah, karena berada dalam keadaan air yang tergenang. Jika dibuat saluran air, maka akan membawa oksigen masuk untuk mengoksidasi kembali dan mengendapkan Fe^{2+} dan Mn^{2+} .

Ada berbagai faktor yang mempengaruhi daya mengoksidasi dari akar padi. Yoshida mengamati banyak perbedaan di antara varietas. Ia juga menemukan bahwa daya mengoksidasi lebih besar pada tahap awal pertumbuhan, dan daya ini bertambah dengan meningkatnya pancaran matahari dan menurun apabila tanaman kahat akan nitrogen, fosfor, atau kalium, tetapi tidak kahat akan kalsium, magnesium dan silika (IRRI, 1966 *cit* Sanchez, 1993).

Sebagai akibat dikeluarkannya senyawa teroksidasi, akar terlapisi dengan endapan merah kekuningan yang tidak diketahui susunannya. Diperkirakan lapisan ini terbentuk dari oksida dan hidroksida besi (*feri*) dan mangan. Lapisan ini terbentuk di sekeliling ujung akar yang aktif, yang tetap berwarna putih. Peranan lapisan akar ini dalam penyerapan ion dan air tidaklah diketahui (Sanchez, 1993).

Pada kebanyakan tanah, kadar zat yang tereduksi mencapai puncak pada 2 sampai 4 minggu setelah penggenangan, dan berangsur-angsur menurun sampai suatu tingkat keseimbangan (Ponnamperuma, 1965 *cit* Sanchez, 1993). Alexander (1961) menuliskan proses reduksi zat mikro besi pada tanah sawah akibat penggenangan. Pada hari ke-0 dan pertama konsentrasi besi masih 0 ppm, hari kedua meningkat 200 ppm, hari ketiga tidak dicantumkan, namun pada hari kelima menjadi 940 ppm, hari kedelapan 1030 ppm, puncaknya pada hari ke-13 yaitu 1140 ppm, dan mulai turun pada hari ke-21 yaitu 950 ppm.

Ismunadji *et al.*, (1988) telah menyatakan bahwa konsentrasi besi setelah penggenangan beragam dari 0,1 ppm sampai 600 ppm, bahkan dapat mencapai 5.000 ppm pada tanah sulfat masam, sedangkan tanaman akan menderita keracunan besi apabila kadar besi dalam jaringan tanaman melebihi 300 ppm. Apalagi pada tanaman yang mengalami defisiensi P dan K, maka konsentrasi besi 30 ppm sudah bersifat racun. Hal senada juga dikemukakan Sanchez (1993) dimana peningkatan Fe^{2+} pada Oksisol dan Ultisol yang asam dapat mencapai kadar kira-kira 350 ppm, yang dapat menyebabkan keracunan besi pada padi.

Defisiensi K dan P menurunkan kapasitas oksidasi akar dan mempercepat proses keracunan Fe, namun defisiensi N tidak meningkatkan penyerapan Fe tetapi jumlah N yang tinggi memacu penyerapan Fe (Trolldenier 1977 *cit* Suhartin, 2004).

Masalah keracunan besi ini umumnya terdapat pada sawah-sawah bukaan baru yang berasal dari lahan kering. Pada kasus-kasus tertentu, keracunan besi ini juga ditemui pada sawah-sawah mapan seperti areal Pompanisasi Sumani Kabupaten Solok, dan beberapa sawah mapan di kabupaten Sawah Lunto Sijunjung seperti lahan sawah di daerah Lubuk Tarab, Tanjung Gadang, dan Kumani Sumpur Kudus. Untuk sawah-sawah berkadar besi tinggi teknologi pengelolaan air dan cara penyiapan lahan merupakan kunci utama peningkatan produktifitas padi sawah, disamping pemberian bahan amelioran dan pemupukan yang berimbang (Ismon, 2006).

Menurut Rosison (1983) yang disitir oleh Dent (1986) dan Seiler (1992) dalam Noor, Maas dan Notohadikusumo (2003) kendala agronomi bagi tanaman pertanian lahan kering di tanah sulfat masam antara lain : (1) pengaruh langsung berupa deraan kemasaman, terutama akibat meningkatnya kelarutan dan keracunan Al dan juga Fe^{3+} , Mn dan H^+ ; (2) kahat fosfat karena interaksi oleh besi dan Al membentuk Fe-P dan Al-P; (3) kejenuhan basa rendah dan kahat hara; dan (4) salinitas. Pada kondisi tergenang, seperti dalam budidaya padi atau pertambakan ikan, walaupun terjadi penurunan kemasaman, kendala baru dapat muncul antara lain : (1) keracunan Fe^{2+} ; (2) Keracunan H_2S ; dan (3) Keracunan CO_2 dan asam-asam organik (Noor *et al.*, 2003).

Pertumbuhan tanaman padi di tanah sulfat masam mengalami banyak hambatan antara lain karena (1) pH tanah rendah-pH 3,0-4,5, (2) kadar Al, Fe, Mn dalam tanah yang tinggi, (3) kahat hara P, (4) kation-kation basa rendah, dan (5) salinitas tinggi (Rorison, 1973; Bloomfield dan Coulter, 1976; Dent, 1986; Seiler, 1996 *cit* Noor, Maas, Notohadikusumo, 2005). Oleh karena itu produktifitas tanah sulfat masam tergolong rendah bahkan sangat rendah. Hasil padi yang dicapai pada tanah yang belum direklamasi hanya berkisar 1-2 t GKG ha^{-1} (Noor *et al.*, 2005).

Hal ini sehubungan dengan potensi kemasaman berupa pirit dalam tanah sulfat masam yang cukup tinggi yang mengimbas terhadap meningkatnya kelarutan ion-ion seperti Al, Fe, Mn, dan sulfat apabila teroksidasi. Pada kondisi tergenang, seperti dalam budidaya padi atau pertambakan ikan, walaupun terjadi penurunan kemasaman, kendala baru dapat muncul antara lain keracunan besi (II),

keracunan sulfida (H_2S), dan keracunan CO_2 dan asam-asam organik (Rorison, 1973; Dent, 1986 *cit* Noor *et al.*, 2005). Pertumbuhan padi di tanah reaktif kuat (RK) hanya mencapai tinggi 60 cm. Tanaman tampak menunjukkan keracunan oleh Al^{3+} , Fe^{2+} dan H_2S . Muncul kerak kecokelatan pada permukaan tanah menandakan kadar besi dan sulfat terlarut yang tinggi (Noor *et al.*, 2005).

Besi yang terdapat di dalam tanah memiliki konsentrasi yang tinggi dibanding nutrisi lain. Litosfer berisi 5,1 % besi yang bersenyawa dengan Sulfur dan Oksigen. Sedangkan untuk pertumbuhan tanaman di dalam tanah dibutuhkan besi dalam jumlah yang sedikit. Senyawa besi yang terdapat dalam tanah bisa dalam bentuk oksida besi, hidroksida dan mineral silikat, oksida amorfus, serapan besi, kompleks besi material organik, dan besi dalam bentuk larutan besi yang dalam kondisi tereduksi Fe^{2+} dan teroksidasi Fe^{3+} (Barber, 1984).

Masalah keracunan besi pada padi sawah bukanlah merupakan hal baru, namun solusi dan teknologi pemecahannya selama ini belum sepenuhnya dapat mengatasi masalah tersebut. Teknologi pengairan terputus (*Intermittent Irrigation*) yang diterapkan selama ini sudah dapat sedikit meningkatkan hasil padi sawah berkadar besi tinggi. Namun tingkat hasil yang diperoleh masih jauh lebih rendah dari rata-rata hasil padi sawah di Sumatera Barat (4,6 ton/ha). Hasil penelitian BPTP-Sumbar tahun 2005 di Areal Irigasi Batang Hari, menunjukkan bahwa penerapan pengairan terputus yaitu penggantian mulai saat tanam sampai tanaman berumur 3 minggu dan pengeringan interval 2 minggu, ternyata rata-rata hasil yang diperoleh hanya berkisar dari 1,5 – 2,5 ton.ha⁻¹ dengan tingkat keracunan besi 40-50 % (Skor keracunan = 3). Sedangkan perlakuan penggenangan terus-menerus (sistem sawah biasa) tanaman mati sebelum mengeluarkan malai (Skor keracunan = 6) (Ismon, 2006).

Mineral besi yang sering ditemukan dalam tanah termasuk Geotit (FeOOH), hematit (Fe_2O_3) dan magnetit (Fe_3O_4). Hematit menjadikan tanah berwarna merah, geotit terdapat dalam bentuk warna kuning. Besi amorfus atau $\text{Fe}(\text{OH})_3$ adalah senyawa yang sangat signifikan yang memungkinkan menyuplai besi untuk diserap oleh tanaman. Oliven, $\text{Mg}_{1.6}\text{Fe}^{2+}_{0.4}\text{SiO}_4$ adalah salah satu contoh dari besi aluminium silikat yang terdapat dalam tanah. Besi stabil bila berikatan dengan senyawa organik yang terdapat dalam dua bentuk tanah yang

berada dalam tahap padat (*soil's solid phase*) dan senyawa organik terlarut (*soluble organic compounds*). Senyawa organik besi sederhana yaitu berikatan dengan sitrat dan oksalat. Persenyawaan besi saja lebih stabil dibandingkan pesenyawaannya dengan unsur hara lain, jadi besi ini mampu berikatan dengan mereka dalam bentuk khelat, kecuali terjadi reaksi perpindahan massa (*mass-action*) yang banyak sekali dari ion-ion lain yang memiliki konsentrasi lebih tinggi yang terdapat bersamaan. *Khelat* besi memiliki kestabilan yang tetap, jadi pada pH rata-rata 7.0, besi adalah kation dominan di dalam *khelat* (Barber, 1984).

Pada tanah-tanah berkadar Fe tinggi, penggenangan sejak awal tanam akan mengakibatkan pertumbuhan akar akan terhambat disebabkan sebagian besar akar akan diselimuti oleh oksida-oksida besi. Pada sistem tanam pindah, tanaman akan mengalami stagnasi selama lebih kurang 10 hari. Kadar besi yang tinggi akan menyebabkan akar tanaman menjadi busuk, dan tanaman mati sebelum fase generatif. Berkurangnya perkembangan akar menyebabkan tanaman tidak mampu menyerap hara dalam jumlah yang cukup, sekalipun diberi pupuk yang cukup. Pada keadaan demikian kadar Fe yang rendah sekalipun dapat menimbulkan keracunan. Keracunan Fe sesungguhnya bukan semata-mata tingginya kadar Fe dalam jaringan tanaman, tetapi juga diikuti oleh defisiensi berbagai hara makro. kadar Fe secara bertahap akan meningkat sampai penggenangan 3 minggu kemudian. Kelarutan Fe^{2+} meracuni tanaman padi sawah dengan cara oksidasi daerah/lingkungan perakaran (Ismon, 2006).

Gejala keracunan zat besi pada tanaman adalah daun tanaman menguning jingga, pucuk daun mengering, tanamannya kerdil, hasil tanaman rendah. Sedangkan ciri-ciri tingginya kadar besi dalam tanah adalah tampaknya gejala keracunan besi pada tanaman, adanya lapisan seperti minyak di permukaan air, adanya lapisan merah di pinggiran saluran (Widjaja-Adhi, Ratmini, Swastika, 1997).

Keracunan Fe, ditunjukkan oleh warna ungu kecokelatan (*purplish-brown*) atau kekuningan (*orange bronzing*) pada daun, dengan konsentrasi 300-500 ppm dari Fe yang dilarutkan (*dissolved Fe*) (Moorman dan Van Breemen, 1978 *cit* Catling, 1992). Kondisi status hara rendah (*low nutrient*) ambang batas (*threshold*) ini juga lebih rendah (Catling, 1992). Kekurangan satu atau lebih

elemen esensial seperti K, Ca, Mg akan menyebabkan keracunan Fe (Benckiser, *et al.*, 1984 *cit* Catling, 1992). Keracunan Fe biasa terjadi pada tanah sulfat masam, partikel campuran belerang, dan pada tanah dengan kemasaman tinggi seperti ultisol dan beberapa inseptisol (Catling, 1992)

Tanaman menyerap besi dalam bentuk Fe^{2+} saja, walaupun besi dalam larutan berbentuk Fe^{3+} dan Fe^{2+} . Hubungan antara Fe^{3+} dan Fe^{2+} dalam larutan bergantung pada proses oksidasi dan reduksi tanah (Barber, 1984). Dalam keadaan tergenang konsentrasi Fe dalam larutan tanah akan meningkat dan daya oksidasi akar tanaman juga menjadi lemah mengakibatkan kadar besi yang larut semakin mudah diserap oleh tanaman. Mekanisme keracunan besi dimulai dari meningkatnya permeabilitas sel-sel akar terhadap ion Fe^{2+} seiring dengan meningkatnya aktivitas mikroba pereduksi Fe di daerah perakaran tanaman, sehingga penyerapan ion ferro meningkat pesat. Reduksi Fe^{3+} yang terjadi di daerah perakaran secara terus menerus menyebabkan rusaknya oksidasi Fe sehingga Fe^{2+} tidak terkendali masuk dalam perakaran padi (Noor *et al.*, 2006)

Tanah sulfat masam potensial mengandung pirit yang bila terbuka ke udara akan terjadi reaksi oksidasi membentuk asam sulfat dan oksida besi sehingga tanah tidak dapat digunakan untuk pertanian. Tanah sulfat masam mempunyai pH rendah, kandungan yang bersifat toksis H^+ , Al, Fe^{3+} , dan Mn tinggi. Keadaan ini diikuti dengan P tersedia dan kejenuhan basa yang rendah serta kekahatan hara-hara lainnya (Andriesse dan Sukardi, 1990 *cit* Suriadikarta, 2002). Penggenangan akan mengurangi kemasaman, membuat tanah menjadi anaerob, serta memudahkan penguraian ulang bahan organik, reduksi Fe^{3+} sulfat dan oksida lainnya oleh bakteri anaerob (Suriadikarta, 2002)

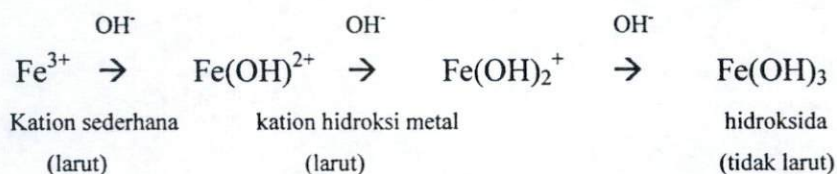
Produktivitas tanah sulfat masam biasanya rendah karena pH tanah rendah, kelarutan Fe, Al, dan Mn tinggi serta ketersediaan unsur hara terutama P dan K dan kejenuhan basa rendah (Dent, 1986 *cit* Suriadikarta, 2002). Hasil penelitian Konsten dan Sarwani (1990) dalam Suriadikarta (2002) di Pulau Petak menunjukkan bahwa oksidasi pirit setelah reklamasi membuat tanah di daerah tersebut sangat masam, dijenuhi oleh Al dengan pH 3–4. Adanya garam-garam besi bebas dan Al menyebabkan keracunan tanaman dan defisiensi K dan Ca

sangat sering terjadi. Potensi kemasaman sangat tinggi dengan kandungan pirit mencapai 8% (Suriadikarta, 2002)

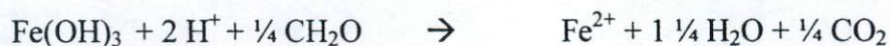
Kendala pencetakan sawah irigasi terdiri atas faktor topografi atau lereng dan faktor tanah. Faktor tanah yang menonjol adalah laju infiltrasi, drainase, dan kesuburan tanah. Kendala kesuburan tanah yang menonjol adalah rendahnya kadar C organik, kekahatan unsur hara terutama fosfat, KTK dan kejenuhan basa rendah, reaksi tanah masam, dan keracunan Al dan Fe. Kendala rendahnya kandungan unsur hara dapat diatasi dengan pemupukan dan penambahan bahan organik, sedangkan kemasaman tanah dan tingginya kejenuhan Al dapat dikurangi dengan pengapuran atau penggenangan untuk padi sawah (Sanchez, 1993).

Salah satu kendala yang muncul apabila lahan kering digenangi untuk dibuat sawah adalah pada tahun-tahun pertama akan timbul perubahan sifat-sifat kimia tanah, yaitu bentuk reduksi dari Fe dan Mn dalam konsentrasi tinggi yang dapat menimbulkan keracunan pada tanaman padi. Penggenangan pada lahan sawah bukaan baru dapat mempengaruhi kesuburan tanah, baik bersifat positif maupun negatif. Sebagian unsur hara menjadi lebih tersedia, seperti N, P, K, Ca, Fe, Mn, dan Si. Sebaliknya, kondisi reduksi menyebabkan beberapa unsur hara menjadi tidak tersedia, seperti S, Zn, dan Cu. Pada tanah-tanah dengan kadar Fe tinggi, penggenangan dapat meningkatkan kadar fero (Fe^{2+}) yang pada batas tertentu dapat bersifat racun bagi tanaman (Sri Adiningsih dan Sudjadi, 1983 *cit* Hikmatullah, Sawiyo dan Suharta, 2002). Yusuf *et al.* (1990) seperti yang disitir Hikmatullah *et al.* (2002) menyatakan bahwa keracunan Fe terjadi pada padi sawah bukaan baru di Sitiung bila kadar Fe dalam tanaman melebihi 300 ppm. Unsur-unsur tersebut dapat ditekan atau dihilangkan dengan pencucian air irigasi. Toksisitas pada lahan kering masam umumnya didominasi oleh kejenuhan Al yang tinggi. Untuk pengembangan lahan sawah, kejenuhan Al yang tinggi dapat ditekan melalui penggenangan dan pencucian melalui air irigasi (Hikmatullah *et al.*, 2002).

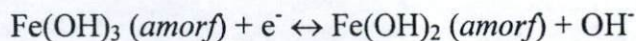
Ion dari kation hara mikro (*micronutrient cations*) pertama kali dalam bentuk ion hidroksi dan akhirnya proses oksidasi ini menghasilkan pirit dalam bentuk hidroksida atau oksida tidak larut $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$. Hal ini terjadi saat pH meningkat (Brady, 1984).



Penggunaan H^+ oleh Fe(OH)_3 yang dihasilkan dalam oksidasi pirit, dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



pada lapisan tanah (*amorf*), proses terjadinya peningkatan pH, secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut(<http://elisa.ugm.ac.id>, 2008):



reaksi reduksi tersebut berlangsung dengan bantuan bakteri anaerob dan adanya bahan organik sebagai penyumbang elektron. Oleh sebab itu, dibandingkan pada tanah biasa, kecepatan reduksi pada tanah sulfat masam yang digenangi lebih lambat karena kemasaman yang tinggi, rendahnya ketersediaan hara dan bahan organik yang mudah terdekomposisi, atau kombinasi dari kondisi-kondisi tersebut yang mengakibatkan bakteri anaerob kurang mampu berkembang. Hal ini terjadi terutama pada tanah sulfat masam yang telah lanjut sehingga mengandung kristal goetit dan hematit yang stabil sehingga sulit direduksi, sedangkan pada tanah sulfat masam yang muda, kaya akan koloid besi (Anwar, 2002).

Kelarutan mineral Fe sangat rendah, mineral amorf Fe(OH)_3 mengatur kadar Fe dalam larutan tanah. Pada tanah dengan drainase baik, kondisinya teroksidasi kadar $\text{Fe}^{3+} > \text{Fe}^{2+}$. Sebaliknya pada tanah jenuh air Fe^{3+} mengalami reduksi menjadi Fe^{2+} (<http://elisa.ugm.ac.id>, 2008)

Nilai *scoring* besi menunjukkan seberapa berat tanaman keracunan, semakin tinggi nilai skoring semakin berat tanaman keracunan besi dan semakin rendah nilai *scoring* semakin ringan keracunan. Pada nilai skoring ≥ 5 menunjukkan tanaman peka terhadap keracunan besi sedangkan pada nilai ≤ 3 menunjukkan tanaman toleran terhadap keracunan besi. Nilai *scoring* Fe

berkorelasi dengan banyaknya Fe yang diserap oleh tanaman yang ditunjukkan oleh gejala yang dimulai pada ujung daun tua terdapat bercak (*spot*) berwarna coklat kemerahan atau *orange*, pada keracunan besi yang berat akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan pembentukan anakan (Noor *et al.*, 2006).

Seperti yang dikemukakan Subiksa, Ladiyani dan Setyorini (2008) pemupukan N, P, dan K pada berbagai kelas status hara tanah yang diberikan mengacu pada hasil kalibrasi uji tanah. Sebagaimana seperti yang telah diketahui bahwa tanah ultisol memiliki karakteristik kandungan unsur hara makro (N, P dan K) yang rendah, kandungan Al dan Fe yang tinggi. Oleh sebab itu, BPTP (2008) pada pemupukan tanah ultisol menyimpulkan bahwa untuk status hara P rendah dianjurkan menggunakan pupuk SP-36 100 kg ha^{-1} , untuk status hara K rendah, maka dianjurkan menggunakan pupuk KCl dengan dosis 200 kg ha^{-1} .

Pemberian pupuk organik, melalui pengembalian sisa panen ke dalam tanah perlu mendapat perhatian, mengingat dalam sistem usaha tani tanaman pangan yang berkelanjutan akan terjadi pengangkutan hara dari dalam tanah, baik melalui hasil panen maupun brangkasan yang berkelanjutan pula. Pada sistem usahatani padi dengan tingkat hasil $8,0 \text{ t ha}^{-1}$, akan mengangkut hara dari dalam tanah secara total berturut-turut, 269 kg N ha^{-1} ; $44 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, $207 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$; 28 kg Mg ha^{-1} dan 24 kg S ha^{-1} (Widjanarko *et al.*, 2005 *cit* Kariada dan Aribawa 2008), sehingga dengan demikian untuk menjamin stabilitas hasil dan keberlanjutan sistem produksi, pengembalian hara dalam bentuk bahan pupuk organik mutlak diperlukan.

2.3. pH dan Potensial Redoks (*Eh*)

Dalam reaksi kimia, elektron ditransfer dari 1 materi ke materi lainnya. Substansi donor elektron tersebut dikenal sebagai peristiwa *oksidasi*, sedangkan substansi akseptor elektron disebut sebagai proses *reduksi*, sehingga dikenal adanya reaksi redoks (reduksi-oksidasi). Adapun unit pengukuran redoks adalah *miliVolt (mV)*. Alat yang digunakan untuk mengukur adalah berupa selaput elektroda platinum atau emas. Sementara, pH meter bisa digunakan untuk mengukur potensial redoks. Redoks dan pH saling tergantung, sehingga pH sering pula diukur dalam satuan mV (Kuncoro, 2004).

Jumlah besi dalam bentuk Fe^{2+} dan Fe^{3+} pada larutan tanah tergantung pada senyawa hidroksida yang terdapat dalam tanah tersebut, juga bergantung pada pH dan Eh, suatu parameter yang berhubungan dengan potensial redoks. Aktivitas dari Fe^{3+} dipelihara dalam larutan dengan cara menurunkannya 1000 kali setiap kenaikan 1 unit pH untuk menjaga kesetimbangan larutan (*equilibrium*). Jadi, aktivitas Fe^{3+} dalam larutan menjaga agar tetap setimbang dengan berganti bentuk (*tereduksi*) menjadi Fe^{2+} sejalan dengan penaikan pH. Ketika kesetimbangan berjalan lambat, tingkat aktivitas Fe^{3+} akan menjadi lebih tinggi dari perhitungan, oleh sebab itu, pergantian pH tanah yang baru saja terjadi atau status redoks belum menimbulkan kesetimbangan baru (Barber, 1984).

Tingkat kemasaman tanah diukur dengan angka pH. Makin rendah angka pH, makin asam air atau tanahnya. Tanaman padi menyukai pH antara 5-6 dan padi tidak dapat hidup jika berada pada pH di bawah 3. (Widjaja-Adhi *et al.*, 1997)

pH adalah tingkat keasaman tanah yang dicerminkan oleh konsentrasi H^+ dalam tanah. Nilai pH menjadi bermasalah jika $\text{pH} < 4,5$ atau $> 8,5$ untuk tanah di lahan kering dan $\text{pH} < 4,0$ atau $> 7,0$ untuk tanah di lahan basah (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2006).

Nilai redoks (Eh) adalah suasana oksidasi-reduksi tanah yang berkaitan dengan ketersediaan atau ketidaktersediaan oksigen di dalam tanah. Jika nilai Eh < 200 mV berarti suasana tanah reduktif (tanah di lahan kering), bila nilai Eh > -100 mV pirit dapat teroksidasi (tanah berpirit di lahan basah), dan bila nilai Eh > -200 mV gambut dapat teroksidasi/ terdegradasi (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2006).

Jumlah besi dalam bentuk Fe^{2+} dan Fe^{3+} pada larutan tanah tergantung pada senyawa hidroksida yang terdapat dalam tanah tersebut, juga bergantung pada pH dan Eh, suatu parameter yang berhubungan dengan potensial redoks. Aktivitas dari Fe^{3+} dipelihara dalam larutan dengan cara menurunkannya 1000 kali setiap kenaikan 1 unit pH untuk menjaga kesetimbangan larutan (*equilibrium*). Jadi, aktivitas Fe^{3+} dalam larutan menjaga agar tetap setimbang dengan berganti bentuk (*tereduksi*) menjadi Fe^{2+} sejalan dengan penaikan pH. Ketika kesetimbangan berjalan lambat, tingkat aktivitas Fe^{3+} akan menjadi lebih tinggi

dari perhitungan, oleh sebab itu, pergantian pH tanah yang baru saja terjadi atau status redoks belum menimbulkan kesetimbangan baru (Barber, 1984).

Tingkat kemasaman tanah diukur dengan angka pH. Makin rendah angka pH, makin asam air atau tanahnya. Tanaman padi menyukai pH antara 5-6 dan padi tidak dapat hidup jika berada pada pH di bawah 3. (Widjaja-Adhi *et al.*, 1997)

Kelarutan Fe^{3+} berkurang 1.000 kali jika pH meningkat satu unit. Peningkatan pH bisa terjadi dua minggu terhitung sejak awal penggenangan (Sanchez, 1993). Keracunan terjadi pada tanah dengan drainase sangat buruk, kondisinya reduksi dan banyak Fe^{2+} terlarut misalnya pada tanah sawah (www.nasih.staff.ugm.ac.id, 2006).

Kemasaman atau pH tanah menunjukkan kadar H^+ dan OH^- dalam larutan tanah. Ketersediaan hara esensial bagi tanaman bergantung pada pH, di mana hara tanaman optimum pada kisaran pH 6-7. Tanah sawah pada umumnya mempunyai pH sekitar netral (6-7). Pada kondisi ini, ketersediaan semua unsur hara dalam kondisi optimal. Informasi tentang pH tanah sawah berguna dalam pemilihan jenis pupuk, pengelolaan tata air, dan mendeteksi peluang terjadinya keracunan suatu unsur mikro seperti Fe dan Mn pada tanah masam dan Na pada tanah alkalin (Balai Penelitian Tanah, 2006).

Kemasaman merupakan kendala utama di tanah sulfat masam. Sumber kemasaman ini terutama berasal dari senyawa pirit (FeS_2). Senyawa pirit ini pada kondisi aerob bersifat labil dan mudah teroksidasi dengan melepaskan ion-ion hidrogen dan sulfat yang diikuti oleh penurunan pH 3-2. Keadaan ini akan berimbas terhadap kelarutan Al, Fe dan Mn sehingga hampir semua tanaman budidaya tidak dapat tumbuh secara normal (Noor *et al.*, 2003).

2.3. Gambut sebagai Bahan Organik

Gambut merupakan tanah yang terbentuk dari bahan organik pada fisiografi cekungan atau rawa, akumulasi bahan organik pada kondisi jenuh air, anaerob, menyebabkan proses perombakan bahan organik berjalan sangat lambat, sehingga terjadi akumulasi bahan organik yang membentuk tanah gambut. (Sagiman, 2007). Gambut memiliki nilai Eh yang tinggi. Suasana reduktif baru

dicapai setelah 2 minggu inkubasi anaerobik. Ini membuktikan bahwa konsumsi oksigen rendah pada gambut dan sebagai indikator adanya aktifitas organisme yang rendah (Munawar, 2007).

Lapisan bawah gambut dapat berupa lapisan lempung marin atau pasir. Gambut diatas pasir kuarsa memiliki kesuburan yang relatif rendah, jika lapisan gambut terkikis, menyusut dan hilang maka akan muncul tanah pasir yang sangat miskin. Tanah lapisan lempung marin umumnya mengandung pirit (FeS_2), pada kondisi tergenang (anaerob) pirit tidak akan berbahaya namun jika didrainase secara berlebihan, dan pirit teroksidasi, maka akan terbentuk asam sulfat dan senyawa besi yang berbahaya bagi tanaman. Kemasaman tanah akan meningkat, pH menjadi 2-3 sehingga tanaman pertanian akan keracunan dan pertumbuhan terhambat serta hasil rendah (Sagiman, 2007).

Tanah gambut jika di drainase secara berlebih akan menjadi kering dan kekeringan gambut ini disebut sebagai keadaan tidak balik (*irreversible*) artinya gambut yang telah mengering tidak akan dapat menyerap air kembali. Perubahan menjadi kering tidak balik ini disebabkan gambut yang suka air (*hidrofilik*) berubah menjadi tidak suka air (*hidrofobik*) karena kekeringan, akibatnya kemampuan menyerap air gambut menurun sehingga gambut sulit diusahakan bagi pertanian. Berkurangnya kemampuan menyerap air menyebabkan volume gambut menjadi menyusut dan permukaan gambut menurun (kempes). Perbaikan drainase akan menyebabkan air keluar dari gambut kemudian oksigen masuk kedalam bahan organik dan meningkatkan aktifitas mikroorganisme, akibatnya terjadi dekomposisi bahan organik dan gambut akan mengalami penyusutan (*subsidence*) sehingga permukaan gambut mengalami penurunan (Sagiman, 2007).

Komposisi kimia gambut terdiri atas produk degradasi lignin dan unsur hara (C, N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, dan Mn). Produk degradasi lignin terdiri atas asam humat, asam fulfat, dan asam fenolat. Asam fenolat merupakan asam organik yang bersifat toksik bagi tanaman (pangan) (Riwandi, 2002).

Tanah gambut Indonesia merupakan *true peat* (tanah yang benar-benar mudah terbakar) Kadar air kritis gambut berkisar 200-500% dari bobot kering. Kandungan lignin dan derivat asam fenolat gambut sangat tinggi (Riwandi, 2003).

Didaerah pedalaman yang jauh dari sungai, gambut yang terbentuk tidak dipengaruhi oleh luapan air sungai, sumber hara hanya berasal dari tanah mineral di bawah gambut dan air hujan. Bila tanah mineral dibawah gambut cukup subur maka akan terbentuk gambut yang subur, namun jika tanah mineral hanya berupa pasir kuarsa maka gambut yang terbentuk juga merupakan gambut miskin hara. Masalah tanaman pertanian di gambut yang sangat serius adalah kemasaman tanah yang tinggi dan ketersediaan berbagai hara yang rendah serta keracunan tanaman karena asam-asam organik (Sagiman, 2007). Umumnya tanah gambut bereaksi masam, dengan pH berkisar 3.0 – 4.5. Gambut dangkal mempunyai pH 4.5 – 5.1, lebih tinggi jika dibandingkan dengan gambut dalam yang mempunyai pH sekitar 3.1 – 3.9. Hasil pengukuran pH di laboratorium biasanya lebih rendah 1-3 unit jika dibandingkan dengan hasil pengukuran lapangan. Hal ini disebabkan karena adanya oksidasi pirit dan terbentuknya asam-asam organik selama proses pemindahan dari lapangan ke laboratorium (IPB, 1978 *cit* Wahyunto, Suparto, Bambang dan Bhekti, 2006).

Tanah-tanah atau bahan-bahan yang kandungan besinya tinggi dapat dimanfaatkan sebagai amelioran tanah gambut. Tanah mineral yang mempunyai kandungan Fe tinggi, seperti tanah sulfat masam juga mempunyai peluang sebagai amelioran tanah gambut. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengendalikan pengaruh buruk dari derivat asam-asam fenolat yang terkandung di dalam gambut, antara lain dengan pencampuran tanah mineral yang mengandung kation-kation polivalen. Hal ini dilandasi oleh pemikiran bahwa kation-kation polivalen yang ditambahkan akan membentuk senyawa kompleks dengan asam organik (Suastika, Sabiham, dan Ardi, 2006). Asam-asam organik yang tadinya berbentuk monomer, akan berubah menjadi bentuk polimer (Stevenson 1994; Tan, 1997 *cit* Suastika, 2006). Dengan terbentuknya senyawa kompleks, maka gambut akan lebih tahan terhadap proses dekomposisi, dan mengurangi daya meracun dari asam-asam organik (Suastika, 2006). Diantara kation polivalen ternyata ion Fe^{3+} memiliki afinitas yang paling tinggi terhadap asam-asam organik dibanding dengan Cu^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , dan Al^{3+} (Saragih, 1996 *cit* Suastika, 2006).

Pakar pertanian di Indonesia (dalam konteks pengembangan pertanian) menggunakan batasan ketebalan minimal 50 cm, dan kandungan bahan organik

>18% sebagai batas antara tanah gambut dan tanah mineral. Tanah gambut yang ketebalannya < 50 cm disebut tanah mineral bergambut (*peaty soil*). Lapisan tanah di bawah gambut, dapat berupa liat non marin (yang mempunyai kesuburan baik), liat marin (yang mengandung pirit), dan pasir kuarsa (yang tidak subur, sebaiknya dikonservasi dan tidak untuk budidaya pertanian) (Wahyunto *et al.*, 2006).

Kandungan basa - berupa unsur Ca, Mg, K dan Na - dan kejenuhan basa rendah. Kandungan Al umumnya rendah sampai sedang dan semakin berkurang dengan menurunnya pH tanah. Kandungan unsur mikro khususnya Cu, Bo, dan Zn sangat rendah, sebaliknya kandungan Fe cukup tinggi. Kandungan N total termasuk tinggi, tetapi sebagian besar dalam bentuk tidak tersedia bagi tanaman karena rasio C/N yang tinggi. Adanya penebangan pohon-pohonan mengakibatkan menyebabkan perubahan drastis pada kandungan unsur hara. Perubahan ini disebabkan karena terputusnya daur hara. Pelepasan dari bahan organik yang melapuk dan terjadinya pemadatan pada lapisan permukaan yang didrainase. Setelah penebangan, kadar abu K_2O , P_2O_5 dan SiO_2 mengalami penurunan sedangkan kadar CaO dan MgO cenderung meningkat. Kadar Na, Cl dan sulfat sangat dipengaruhi oleh jarak dari laut, pengaruh pasang surut dan terdapatnya bahan sulfidik (pirit) pada lapisan marin atau lapisan bawah gambut (Wahyunto *et al.*, 2006).

III. BAHAN DAN METODA

3.1 Waktu dan Tempat

Percobaan ini telah dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang, dimulai bulan Mei 2009 sampai Agustus 2009.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah benih padi varietas IR-64, Mundam, Silumek, Sijunjuang, Pulau Batu, ultisol, gambut, fungisida Dithane M-45, insektisida Dharmabas 45 EC, Urea, SP-36 dan KCl.

Alat yang digunakan adalah kertas saring, ember plastik ukuran 20 liter, pH meter atau pH-stick, plang label, tiang standar, timbangan, oven, meteran, hand sprayer, gelas ukur, gelas piala, kamera, spektrofotometer AAS, dan alat-alat tulis.

3.3 Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan dalam percobaan ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua taraf perlakuan varietas dan bahan organik tanah gambut dengan ulangan tiga kali, maka seluruhnya terdapat 45 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdapat dua buah pot. Jadi dibutuhkan sekitar 90 pot untuk percobaan ini.

Perlakuan kultivar padi (A) :

IR 64 (kontrol)	= A ₁
Mundam	= A ₂
Silumek	= A ₃
Sijunjuang	= A ₄
Pulau Batu	= A ₅

Perlakuan bahan organik tanah gambut (B) :

0 ton ha ⁻¹	= B ₀
5 ton ha ⁻¹	= B ₁
10 ton ha ⁻¹	= B ₂

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis secara statistik dengan uji F pada taraf nyata 5%. Jika diperoleh hasil berbeda nyata, dengan perlakuan yang menggunakan kontrol dilanjutkan dengan BNT pada taraf nyata 5% (Gomez dan Gomez, 1984)

3.4 Pelaksanaan

3.4.1. Persiapan dan penyediaan media tanam

Media tanam yang dipakai adalah tanah ultisol yang ditempatkan dalam media ember. Tanah ultisol ini digenangi dan diaduk-aduk untuk mempercepat proses pelumpuran sehari sebelum dilakukan penanaman. Tanah diambil di kebun percobaan Fakultas Pertanian dengan kedalaman 30 cm dan dianalisis di BP₃IN. Tanah yang di ambil tanpa lapisan atas (*top soil*) jika lapisan atas sudah berupa tanah hitam. Tanah dikeringanginkan dua hari, dibersihkan dari rumput-rumputan dan tanaman lain, kerikil, pasir, agar homogen, digiling, disaring dengan ayakan 2 mm x 2 mm. Tanah halus tersebut ditimbang 3 kg.pot⁻¹ sebagai media tanam. Diameter ember yang digunakan adalah 23 cm dengan tinggi 19 cm.

3.4.2. Pengecambahan dan persemaian benih padi

Benih yang dikecambahan adalah benih bernas, tidak terserang hama dan penyakit. Direndam selama 24 jam, kemudian dikecambahkan selama 3 hari di media kertas tisu, sebelum disemaikan. Media semai yang dipakai adalah campuran tanah, pupuk kandang dan pasir (1:1:1) dengan memakai *seedbed*. *Seedbed* yang dipakai lima buah *seedbed* untuk masing-masing lima varietas yang diuji. Masing-masing *seedbed* ditandai agar tidak terjadi kekeliruan saat memindahkan ke lapangan. Jarak tanam bibit 5 cm dengan kedalaman lebih kurang 0,5 cm.

3.4.3. Pelabelan

Pemberian label dilakukan sebelum penanaman sehingga tidak terjadi kekeliruan saat penanaman. Pelabelan dengan kertas yang terbungkus lakban transparan.

3.4.4. Penanaman

Setelah berumur 2 minggu dipersemaian bibit dipindahkan ke dalam ember yang berisi media tanam tanah, yang telah digenangi sebelumnya. Bibit

yang dipindahkan adalah bibit yang homogen dan sehat serta berbatang kuat, berdaun 5-7 helai. Sebelum bibit dicabut digenangi air selama 2 hari agar tanah lunak dan mudah dalam pencabutan. Bibit ditanam sebanyak 2 bibit.pot⁻¹. Pemberian tiang standar 5 cm dari pangkal batang.

3.4.5. Pemeliharaan

3.4.5.1. Pengukuran pH dan Eh

Pengukuran pH dilaksanakan pada awal dan akhir penelitian. Pengukuran pH bertujuan untuk membuktikan ada tidaknya reduksi Fe. pH tanah diukur dengan metode pengukuran secara potensiometrik dengan menggunakan pH-meter atau pH-stick skala 0,5 (Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2006).

Cara pengukuran pH:

- a. dicampur 5 gram contoh tanah dengan 12,5 ml aquades (bila tidak ada aquades, dapat menggunakan air minum kemasan, atau air sumur yang layak minum dengan pH antara 6-7);
- b. diaduk sampai larut hingga tercampur dengan baik, kemudian biarkan selama 15 menit;
- c. diukur pH dengan pH meter yang telah dikalibrasi, atau dengan pH stick.

Cara pengukuran Eh:

Pada pH meter terdapat tombol pH dan Eh. pH meter dirubah ke Eh dengan menekan tombol Eh. Kemudian dilakukan pengukuran bahan pH diatas.

3.4.5.2. Pemberian air dan penggenangan

Pada saat tanam kondisi tanah dalam pot dibiarkan dalam kondisi jenuh air sampai panen, Tanah diperhatikan agar selalu dalam keadaan tergenang. Apabila terjadi penyusutan air maka dilakukan penambahan sehingga kondisi air seperti pada awal penggenangan.

3.4.5.3. Pemupukan

3.4.5.3.1. Pemberian gambut

Gambut diambil pada lapisan 50 – 70 cm dari permukaan tanah. Gambut disimpan didalam plastik tertutup (anaerob) selama lebih kurang 1,5 bulan.

Gambut dipelihara tetap dalam keadaan lembab. Gambut di berikan 2 minggu sebelum penanaman.

3.4.5.3.2. Pemberian pupuk makro

Untuk menghindari kekahatan unsur Makro, dilakukan penambahan pupuk N, P, K pada tanah. Sebab tanaman padi mengalami keracunan Fe pada dosis rendah (30 ppm) jika mengalami kekahatan unsur hara ini, sehingga hal yang diharapkan (keracunan Fe tinggi atau pada 300 ppm) tidak terjadi. Rekomendasi pupuk yang dipakai adalah urea 250 kg.ha⁻¹, SP-36 100 kg.ha⁻¹, KCl 200 kg.ha⁻¹. Pemberian pupuk dilakukan pada awal penanaman.

3.4.5.4. Pengendalian hama dan penyakit

Pengendalian hama dan penyakit dilakukan apabila terdapatnya tanda-tanda diserang oleh penyakit. Pengendali hama dan penyakit digunakan Dithane M-45 dan Dharmabas 45 EC dengan konsentrasi masing-masing 5 gr.liter⁻¹ air.

3.4.6. Hasil akhir

Pengambilan hasil akhir dilakukan pada saat tanaman mencapai fase vegetatif maksimal (45 hari setelah tanam). Hasil akhir yang didapatkan berupa biomassa tanaman padi.

3.5 Pengamatan

Pengamatan dilakukan terhadap semua tanaman yang diperlakukan, yang meliputi:

3.5.1. Tingkat keracunan besi

Pengamatan dilakukan pada saat tanaman mencapai fase vegetatif maksimal (45 hari setelah tanam). Skala pengamatan disesuaikan dengan *Standard Evaluation System for Rice* pada lampiran 7.

3.5.2. Tinggi tanaman (cm)

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan dua minggu sekali terhadap seluruh populasi. Pengukuran tinggi tanaman dimulai dari pangkal batang sampai ujung daun terpanjang. Untuk memudahkan pengukuran, dilakukan pemasangan ajir 5

cm diatas permukaan tanah, titik 0 (nol) dari pangkal batang. Pengukuran dimulai dari ujung ajir.

3.5.3. Jumlah anakan (batang)

Anakan diperoleh dengan cara menghitung setiap batang yang muncul. Anakan hanya dihitung pada saat panen.

3.5.4. Panjang akar (cm)

Pengamatan panjang akar dilakukan saat panen dengan cara mengukur akar mulai dari pangkal akar sampai ujung akar terpanjang.

3.5.5. Bobot kering bagian atas tanaman (g)

Dilakukan setelah panen dengan cara mengeringkan bagian atas tanaman (jerami) dalam oven pada suhu 70°C selama 48 jam sampai beratnya tetap dan ditimbang. Sebelumnya tanaman dipastikan bersih dengan cara mencucinya dengan *aquadest*.

3.5.6. Bobot kering akar tanaman (g)

Pengukuran bobot kering akar tanaman dilakukan bersamaan dengan bobot kering bagian atas tanaman. Bagian akar yang telah dipisahkan, dibilas dan dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C selama 48 jam sampai beratnya tetap dan ditimbang.

3.5.7. Penentuan kadar besi daun tanaman kontrol (ppm)

Pengukuran kadar Ferro dilakukan pada jaringan daun tanaman kontrol sebab penyerapan unsur Ferro terbesar pada daun. Hal ini disebabkan karena besi adalah komponen penting pembentuk klorofil (Brady, 1984), dan analisis Ferro pada tanah. Analisis Ferro yang dilakukan adalah dengan metoda:

- a. Analisis Ferro daun tanaman dengan menggunakan metoda ekstraksi 50% HClO_4 (Ryan dan Rashid, 1999)
- b. Analisis Ferro pada tanah dengan menggunakan metoda ekstraksi 1 M Na Asetat pH 2,8.

Prosedur dapat dilihat di Lampiran 6.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Tanah dan Gambut

4.1.1. Sifat Kimia Tanah

Ultisol yang digunakan dalam percobaan ini memiliki kandungan C-organik yang rendah. Tanah ini digolongkan kepada tanah yang miskin zat hara. Menurut Hakim *et al.* (1986) pada tanah-tanah masam dijumpai beberapa masalah yaitu unsur P kurang tersedia, kekurangan unsur N, K, Mg dan Ca. Unsur Fe dan Mn sering berlebihan sehingga dapat meracun bagi tanaman.

Namun, setelah penggenangan 8 minggu, Fe^{2+} meningkat menjadi 800 ppm. Artinya terjadi proses reduksi Fe^{2+} dalam skala waktu tersebut. Hal ini bersesuaian, karena Fe^{2+} meningkat pada penggenangan 2-3 minggu (Ismon, 2006) atau 2-4 minggu (Sanchez, 1993). Tingkat reduksi ini menjadi lebih rendah jika dibandingkan dengan standar peningkatan Fe^{2+} setiap kenaikan 1 unit pH menjadi 1000 ppm (Barber, 1984). Hal ini dikarenakan adanya sedikit ikatan antara Fe-P didalam tanah, dimana unsur P yang ditambahkan melalui pupuk anorganik SP-36 menyebabkan ketersediaan P menjadi bertambah. Hal ini dikuatkan oleh Hakim *et al.* (1986) bahwa pada ultisol, apabila digenangi, bentuk Fe-P lebih dominan, dengan urutan $\text{Fe-P} > \text{AL-P} > \text{Ca-P}$.

4.1.2. Sifat Kimia Gambut

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa pH gambut dikategorikan pada pH yang sangat masam. Gambut yang diambil pada kedalaman 50 - 70 cm, yang tergolong kedalam lapisan gambut dangkal (50 - 100 cm) (Firmansyah, 2009), terdapat di daerah sekitar aliran sungai Lubuk Buaya ini, memiliki pH 4,46. Semakin tebal gambut, basa-basa yang dikandungnya semakin rendah dan reaksi tanah menjadi semakin masam (Driessen dan Suhardjo, 1976 *cit* Fahmuddin dan Subiksa, 2008). Unsur makro (NPK) yang terdapat digambut, tidak tersedia bagi tanaman, mengingat nisbah C/N yang tinggi, sehingga ketersediaan hara bagi tanaman di tanah gambut rendah. Sagiman (2007) menjelaskan bahwa C/N gambut umumnya sangat tinggi melebihi 30 % ini berarti hara nitrogen kurang tersedia

untuk tanaman, walaupun N berada dalam kondisi sangat tinggi. Unsur P dalam gambut tergolong sedang, walaupun secara umum unsur P dalam tanah gambut terdapat dalam bentuk P- organik dan kurang tersedia bagi tanaman. Hal ini dikarenakan ketiadaan oksigen bersifat menghambat dekomposisi, sisa-sisa bangkai binatang dan serangga yang turut terawetkan di dalam lapisan-lapisan gambut (Wikipedia, 2009), sehingga unsur K, seperti hara makro lainnya, tersedia rendah di lahan gambut. Sebagaimana di jelaskan lagi dalam Wikipedia (2009) bahwa, kandungan unsur hara tanah sangat terbatas, hanya bersumber dari lapisan gambut dan dari air hujan, sehingga tidak subur. Hal ini juga dikemukakan oleh Madjid (2009) tanah gambut terbentuk karena laju akumulasi bahan organik melebihi proses mineralisasi yang biasanya terjadi pada kondisi jenuh air yang hampir terus menerus sehingga sirkulasi oksigen dalam tanah terhambat. Hal tersebut akan memperlambat proses dekomposisi bahan organik dan akhirnya bahan organik itu akan menumpuk. Namun, gambut ini memiliki kandungan C-organik yang tinggi. Menurut Poerwowidodo (1992) dan Hardjowigeno (2003) bahwa kadar C-organik yang lebih besar dari 5 % tergolong tinggi. Hal ini karena adanya sisa-sisa tanaman atau bahan yang berasal dari jasad hidup, baik yang masih segar maupun yang telah membusuk dan telah terjadi penguraian oleh beberapa mikroorganisme (Poerwowidodo, 1992).

Selain unsur makro, unsur mikro tanah gambut juga rendah dalam artian tidak tersedia bagi tanaman. Dijelaskan oleh Fahmuddin *et al.* (2009) bahwa tanah gambut juga mengandung unsur mikro yang sangat rendah dan diikat cukup kuat (khelat) oleh bahan organik sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Selain itu adanya kondisi reduksi yang kuat menyebabkan unsur mikro direduksi ke bentuk yang tidak dapat diserap tanaman.

Dengan nisbah C/N yang tinggi, asam-asam organik gambut tergolong tinggi, sehingga KTK gambut juga tinggi. Hal ini memiliki keuntungan yang baik untuk mengikat unsur Fe^{2+} yang mereduksi di lahan masam. Firmansyah, Rachmanita, Primasari, Arina dan Bondan (2009) mengemukakan bahwa, Kapasitas tukar kation (KTK) gambut tergolong tinggi, sehingga kejenuhan basa (KB) menjadi sangat rendah.

Gambut yang diperoleh berwarna hitam dengan kandungan air yang sangat tinggi. Sebagaimana dikemukakan oleh Madjid (2009) bahwa gambut tropis umumnya berwarna coklat tua (gelap), bergantung pada tahapan dekomposisinya. Kandungan air (KA) gambut yang didapatkan adalah 235.6%, yang tergolong sangat tinggi, sebagaimana dijelaskan oleh Riwandi (2003), kadar air kritis gambut berkisar 200-500% dari bobot kering.

Kandungan bahan organik yang tinggi pada gambut memiliki keuntungan dapat mengikat unsur Fe pada ultisol yang digenangi. Asam-asam organik yang dihasilkan oleh gambut, bisa dikurangi dengan adanya ikatan Fe dan asam-asam organik tersebut. Fahmuddin *et al.* (2008) menyatakan untuk mengurangi pengaruh buruk asam-asam organik yang beracun dapat dilakukan dengan menambahkan bahan-bahan yang banyak mengandung kation polivalen seperti Fe, Al, Cu dan Zn. Kation-kation tersebut membentuk ikatan koordinasi dengan ligan organik membentuk senyawa kompleks/khelat. Saragih, (1996) dalam Suastika, (2006) menyatakan diantara kation polivalen ternyata ion Fe^{3+} memiliki afinitas yang paling tinggi terhadap asam-asam organik dibanding dengan Cu^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , dan Al^{3+} . Untuk lebih jelasnya, analisis tanah dan gambut dapat dilihat pada Tabel 1.

4.1.3. Analisa Daun Tanaman yang Keracunan

Analisa daun tanaman yang keracunan Fe^{2+} dilakukan untuk membuktikan apakah efek visual yang terlihat (*bronzing*) benar-benar disebabkan oleh keracunan Fe^{2+} . Analisa keracunan hanya dilakukan pada tanaman kontrol tanpa perlakuan mengingat efek visual yang ditimbulkan sama dengan efek *bronzing* yang dialami daun kultivar lain. Penilaian tingkat keracunan berdasarkan skala skor keracunan menurut *Standard Evaluation System for Rice*. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa konsentrasi Fe pada jaringan daun yang menunjukkan efek *bronzing* sebesar 307 ppm, melebihi konsentrasi toleran daun tanaman padi terhadap kondisi tanah yang kaya Fe.

Tabel 1. Hasil analisis tanah dan daun tanaman kontrol tanpa perlakuan

Jenis Analisis	Satuan	Nominal/Kriteria*	
		Sebelum Percobaan	8 Minggu Setelah Penggenangan
Tanah			
-Ph		4,5 sm	5,63 am
-Bahan Organik		2,61 r	
-C-Organik		1,52 r	
-Fe-tersedia	Ppm	550 st	800 st
Gambut			
-pH		3,46 sm	
-C-Organik	%	37,52 st	
-N	%	1,25 st	
-P	Ppm	19,33 s	
-K	me 100 gr ⁻¹	0,27 r	
Eh	milivolt	(+)540	
Kandungan Fe tanaman kontrol	ppm		307 st

Keterangan : m = masam; am = agak masam; sm = sangat masam; st = sangat tinggi; s = sedang; n = netral dan r = rendah

*) Hardjowigeno (2003)

4.1.4. Campuran Ultisol dan Gambut

Pemberian gambut kepada tanah kaya Fe memiliki hubungan saling menguntungkan, dimana akan terjadi ikatan polivalen asam-asam organik gambut dengan ion Fe^{2+} . Jadi, asam-asam organik pada gambut yang bisa meracun bagi tanaman terikat ion Fe^{2+} yang juga meracun bagi tanaman pada ultisol, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan amelioran yang tentu saja menguntungkan bagi pertanian di lahan bermasalah ini.

Pada analisis tanah akhir, yang terlihat pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan pH tanah 6,55 pada penambahan gambut 5 ton.Ha⁻¹ dan 6,72 pada penambahan gambut 10 ton.Ha⁻¹. Menurut Sanchez (1993), tanpa memperhatikan pH asalnya, hampir semua jenis tanah mencapai pH 6,5 sampai 7,2 dalam 1 bulan setelah penggenangan dan tetap pada tingkat itu sampai tanah tersebut kering. Hal ini disebabkan karena terjadinya reduksi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_2$ sehingga menghasilkan ion OH^- yang akhirnya meningkatkan ketersediaan unsur-unsur yang dibutuhkan tanaman terutama unsur P.

Sebagaimana dijelaskan dalam Hakim *et al.* (1986) bahwa ketersediaan unsur P dalam tanah terjadi pada pH 6-7.

Pada analisis tanah akhir, konsentrasi Fe^{2+} dengan pemberian 5 ton.Ha⁻¹ gambut adalah 665 ppm dan pemberian 10 ton.Ha⁻¹ gambut adalah 608 ppm. Jumlah ini, baik pada takaran pemberian gambut 5 dan 10 ton.Ha⁻¹, tetap terjadi kenaikan Fe^{2+} dari 550 ppm, tetapi kenaikan konsentrasi Fe^{2+} ini lebih kecil dibanding pada tanah tanpa pemberian gambut, sebesar 800 ppm. Ini mengindikasikan bahwa terjadinya pengikatan Fe^{2+} oleh bahan organik yang terdapat dalam gambut, sebagai bahan amelioran utama untuk tanah bermasalah Fe^{2+} . Suastika (2006), menyatakan bahwa, tanah-tanah atau bahan-bahan yang kandungan besinya tinggi dapat dimanfaatkan sebagai amelioran tanah gambut. Tanah mineral yang mempunyai kandungan Fe tinggi, seperti tanah sulfat masam juga mempunyai peluang sebagai amelioran tanah gambut, namun belum mencapai batas aman bagi tanaman.

Pada tanah yang diberi gambut konsentrasi Fe^{2+} lebih rendah ketimbang yang tidak diberi gambut. Ini membuktikan bahwa terjadinya ikatan antara Fe^{2+} dengan asam organik gambut. Hal ini dilandasi oleh pemikiran bahwa kation-kation polivalen yang ditambahkan akan membentuk senyawa kompleks dengan asam organik (Suastika, 2006). Hal ini juga akan meningkatkan kembali ketersediaan fosfat. Sebagaimana yang telah dilansir oleh LIPTAN (2001), bahwa fosfat yang semula terfiksasi oleh Ca, Fe dan Al dan tidak dapat diserap tanaman akan menjadi tersedia bila unsur-unsur Ca, Fe dan Al tersebut diikat bahan organik menjadi *organo-kompleks*. Proses ini adalah proses kimia, sehingga kelarutan Fe dalam tanah yang semula tinggi dan bersifat racun dapat dikurangi.

pada penggenangan tanah banyak dilaporkan adanya kenaikan P tersedia (Hartatik, Sulaeman dan Kasno, 2008). Bahan organik tanah juga merupakan sumber energi bagi aktifitas mikroorganisme tanah. Penambahan bahan organik dengan C/N rasio tinggi mendorong pembiakan jasad renik dan mengikat beberapa unsur hara tanaman (LIPTAN, 2001).

Ketersediaan unsur P biasanya terjadi paling tinggi pada pH 6-7, sehingga pada penggenangan sampai umur 8 minggu didapatkan unsur P tersedia paling tinggi. Hal ini sesuai dengan percobaan yang dilakukan oleh Hartatik dan Idris (2008), dimana pada pengamatan 8 minggu terjadi peningkatan kembali P larutan.

Peningkatan pH berakibat mengurangi konsentrasi Fe, disebabkan terbentuknya *organo-kompleks* Fe^{2+} dengan asam-asam organik tanah gambut. Dengan terbentuknya senyawa kompleks, maka gambut akan lebih tahan terhadap proses dekomposisi, dan mengurangi daya meracun dari asam-asam organik (Suastika, 2006).

Potensial redoks pada minggu pertama penggenangan sebesar 540 mV . Menurun sampai 79 mV pada pemberian gambut 5 ton.Ha⁻¹ dan 67,9 mV pada pemberian gambut 10 ton.Ha⁻¹. Hal ini membuktikan terjadinya reduksi Fe^{3+} , yang menyebabkan kenaikan pH dan menurunkan *Eh*. Sebagaimana dikemukakan oleh Sanchez (1993), ion Fe^{3+} direduksi menjadi Fe^{2+} , diikuti dengan penurunan *Eh* sampai kira-kira 120 mV , karena senyawa besi dalam tanah biasanya lebih banyak daripada nitrat, mangan, hidroksida, atau sulfat. Noor *et al.* (2003), mengemukakan juga bahwa pada proses reduksi, Fe menurunkan redoks potensial (*Eh*), dan menurunkan tingkat keracunan unsur toksis melalui fungsinya sebagai agen khelasi. Karena ion Fe^{2+} merupakan hasil reduksi anorganik paling banyak, Sanchez (1993) menambahkan bahwa nilai *Eh* diseimbangkan oleh sistem Fe^{3+} - Fe^{2+} pada kira-kira 100 mV . Berdasarkan keterangan di atas, dapat diketahui bahwa tingkat reduksi Fe^{2+} telah mencapai kesetimbangan, karena nilai *Eh* yang berada dibawah 100 mV (79 mV pada pemberian gambut 5 ton.Ha⁻¹ dan 67,9 mV pada pemberian gambut 10 ton.Ha⁻¹) dan kondisi pH yang netral (6,55 pada pemberian gambut 5 ton.Ha⁻¹ dan 6,72 pada pemberian gambut 10 ton.Ha⁻¹). Lebih jelasnya, hasil analisis ini dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Analisis campuran tanah dan gambut

Jenis analisis (8 Minggu Setelah Penggenangan)	5 ton.Ha ⁻¹ gambut	10 ton.Ha ⁻¹ gambut	Satuan
pH	6,55 n	6,72 n	Ppm milivolt
Fe	665 st	608 st	
Eh	(+) 79	(+)67,9	

Keterangan : Sama dengan Tabel 2. Analisis tanah dan gambut

4.2. Tingkat Keracunan Besi

Hasil skor keracunan tanaman padi pada beberapa takaran gambut, dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Skor keracunan kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut

Kultivar	Takaran Gambut (ton /Ha)	Skor Keracunan Besi Berdasarkan			
		% Anakan	% Daun Keracunan	Skala	Keterangan
IR - 64	0	14,668	66,919	7	Peka
	5	18,000	67,939	7	Peka
	10	18,668	62,262	7	Peka
Mundam	0	36,667	62,011	7	Peka
	5	38,887	60,619	7	Peka
	10	50,000	64,552	7	Peka
Silumek	0	13,453	62,153	7	Peka
	5	17,937	66,319	7	Peka
	10	14,946	69,120	7	Peka
Sijunjuang	0	20,835	51,733	7	Peka
	5	22,500	55,170	7	Peka
	10	32,500	54,457	7	Peka
Pulau Batu	0	14,871	64,588	7	Peka
	5	11,794	60,542	7	Peka
	10	13,846	61,733	7	Peka

Skala menurut Standard Evaluation System for Rice

Persentase daun keracunan, merupakan indikator penentuan kadar besi jaringan, karena penyerapan besi tertinggi terdapat pada daun mengingat Fe yang dibutuhkan dalam pembentukan ultrastruktur kloroplas (Gardner *et al.*, 1991). Dari Tabel skala *Standard Evaluation System of Rice* (lampiran 10) keracunan kultivar tanaman padi diatas terbukti bahwa pertumbuhan dan pembentukan anakan terhambat/terhenti, banyak daun (hampir semua daun) berwarna coklat kemerahan atau kuning orange. Sehingga dikategorikan sebagai tanaman yang peka terhadap keracunan besi (skor keracunan 7). Kadar besi yang terdapat pada daun yang menunjukkan gejala *bronzing* sebesar 307 ppm yang melebihi tingkat toleransi tanaman padi terhadap keracunan Fe^{2+} . Ismunadji dan Roechan (1988) menyatakan bahwa konsentrasi besi setelah penggenangan beragam dari 0,1 ppm sampai 600 ppm, bahkan dapat mencapai 5.000 ppm pada tanah sulfat

masam, sedangkan tanaman akan menderita keracunan besi apabila kadar besi dalam jaringan tanaman melebihi 300 ppm. Hal senada juga dikemukakan bahwa, keracunan Fe^{2+} ditunjukkan oleh warna ungu kecokelatan (*purplish-brown*) atau kekuningan (*orange bronzing*) pada daun, dengan konsentrasi 300-500 ppm dari Fe yang terlarut (*dissolved Fe*) (Moorman dan Van Breemen, 1978 *cit* Catling, 1992).

Dari hasil skor keracunan tanaman padi pada beberapa takaran gambut diatas, dapat dilihat tingkat kerentanan masing-masing tanaman. IR-64 dikatakan rentan karena terpengaruh oleh pemberian takaran gambut yang meningkat, dimana peningkatan % jumlah anaknya sebanding dengan pemberian takaran gambut yang meningkat. Demikian juga dengan kultivar Mundam, dimana % jumlah anakan meningkat seiring pertambahan takaran gambut, yang menunjukkan kultivar ini tergolong rentan. Silumek juga memperlihatkan peningkatan % jumlah anakan, dimana % jumlah anakan tertinggi pada pemberian takaran 5 ton.Ha⁻¹ gambut, namun konsentrasi besi yang tinggi di dalam tanah tidak mengimbangi takaran gambut yang diberikan. Silumek juga rentan terhadap keracunan Fe di dalam tanah. Sijunjuang juga menunjukkan kerentanannya, seiring dengan pemberian takaran gambut yang meningkat. Pulau batu menunjukkan % jumlah anakan yang lebih tinggi pada takaran 0 ton.Ha⁻¹ gambut, yang membuktikan Pulau Batu lebih tahan dilingkungan ultisol berkadar besi tinggi dibandingkan Sijunjuang, Silumek, Mundam dan IR-64 , walaupun semua tergolong peka. Genotipe tanaman sangat bervariasi dalam hal efisiensi pengambilan Fe. (Brown, 1961 *cit* Gardner *et al.*, 1991)

4.3. Jumlah anakan

Hasil Uji F jumlah anakan kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam, menunjukkan tidak adanya interaksi antara kultivar dengan takaran gambut, seperti yang ditunjukkan Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Uji F jumlah anakan kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	Ket.	F Tabel 5%
Kultivar padi	4	40,200	10,050	11,980	*	2.69
Gambut	2	9,078	4,539	5,411	*	3.32
Interaksi	8	12,200	1,525	1,818	tn	2.27
Sisa	30	25.167				

Uji BNT dilanjutkan untuk masing-masing kultivar dan takaran gambut, sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Uji lanjut BNT jumlah anakan kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam

Kultivar	Jumlah Anakan (batang)			
	Takaran Gambut			Rata-rata
	0 ton.Ha ⁻¹	5 ton.Ha ⁻¹	10 ton.Ha ⁻¹	
IR-64	11	13,5	14	12,833
Mundam	16,5	17,5	22,5	18,833*
Silumek	9	12	10	10,333 ^{tn}
Sijunjuang	12,5	13,5	19,5	15,167*
Pulau Batu	14,5	11,5	13,5	13,167 ^{tn}
Rata-rata	12,7	13,6*	15,9*	70,333

Kk = 19.534 %

Keterangan :

* = berbeda nyata

tn= berbeda tidak nyata

Kultivar Silumek dan Pulau Batu menunjukkan jumlah anakan yang berbeda tidak nyata dengan kontrol IR-64. Kultivar Mundam dan Sijunjuang menunjukkan jumlah anakan yang berbeda nyata dengan kontrol IR-64, sebagaimana yang ditunjukkan pada table 5 diatas. Hal ini diduga disebabkan oleh genetis tanaman yang memiliki tingkat kepekaan terhadap keracunan besi. Kultivar Silumek dan Pulau Batu memiliki tingkat kepekaan yang tinggi dibanding kultivar Mundam dan Sijunjuang terhadap keracunan besi. Walaupun, dipengaruhi oleh perubahan beberapa produk metabolisme anaerobik oleh mikroorganisme tanah seperti Mn²⁺ dan Fe²⁺ (Jackson and Colmer, 2005), namun ada beberapa tanaman yang memiliki kemampuan adaptasi fisiologi,

semacam “*escape (pembebasan diri)*” dari cekaman lingkungan yang terendam (Voeselek, Benschop, Bou, Cox, Groeneveld, Millenaar, Peeters. 2003), seperti yang ditunjukkan oleh Mundam dan Sijunjuang. Hal ini terlihat dari hasil yang diperoleh oleh kedua kultivar (Mundam dan Sijunjung) bahwa anakan semakin bertambah sebanding dengan peningkatan pemberian bahan organik gambut.

4.4. Tinggi Tanaman

Hasil Uji F tinggi tanaman kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam, menunjukkan tidak adanya interaksi antara kultivar dengan takaran gambut, seperti yang ditunjukkan Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Uji F tinggi tanaman kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	Ket.	F Tabel 5%
Kultivar padi	4	398,631	99,658	4,764	*	2.69
Gambut	2	342,015	171,008	8,175	*	3.32
Interaksi	8	217,201	27,150	1,298	tn	2.27
Sisa	30	627.553				

Uji BNT dilanjutkan untuk masing-masing kultivar dan takaran gambut, sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Uji lanjut BNT tinggi tanaman kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam

Kultivar	Tinggi Tanaman (cm)			
	Takaran Gambut			Rata-rata
	0 ton.Ha ⁻¹	5 ton.Ha ⁻¹	10 ton.Ha ⁻¹	
IR-64	120,350	139,000	140,500	133,283
Mundam	150,167	150,117	163,483	154,739*
Silumek	145,150	157,217	157,700	153,356*
Sijunjuang	135,300	161,617	180,833	159,250*
Pulau Batu	149,350	141,417	159,517	150,094*
Rata-rata	140,153	149,873*	160,407*	750,722

Kk = 9.139 %

Keterangan :

* = berbeda nyata

tn= berbeda tidak nyata

Tabel 7 memperlihatkan bahwa terjadi perbedaan yang nyata pada tinggi tanaman antara Mundam, Silumek, Sijunjuang, Pulau Batu dengan varietas kontrol IR-64.

Tinggi tanaman biasanya menjadi indikator umum dari pemberian perlakuan pada percobaan, karena mudah dilihat secara visual. Sebagaimana yang di kemukakan oleh Noor *et al.* (2005), bahwa pertumbuhan padi di tanah reaktif kuat (RK) seperti halnya ultisol hanya mencapai tinggi 60 cm. Hal ini terbantahkan dari percobaan yang dilakukan, dimana diperoleh tinggi tanaman tertinggi adalah 91 cm. Respon dari kultivar yang digunakan terhadap tinggi tanaman bukan karena adanya pengaruh cekaman Fe, tapi dibarengi oleh sifat genetis dari kultivar itu sendiri. Sebagaimana pada percobaan dan penelitian yang telah dilakukan, indikator keracunan besi biasa dilihat dari kemampuan tanaman padi membentuk anakan dan efek *bronzing* pada daun (Moorman dan Van Breemen, 1978 *cit* Catling, 1992; Catling, 1992; Sanchez, 1993; Widjaja-Adhi *et al.*, 1997; Hikmatullah *et al.*, 2002; Noor *et al.*, 2006). Jadi, dapat disimpulkan bahwa efek keracunan besi belum bisa dibuktikan secara langsung berdasarkan indikator tinggi tanaman.

4.5. Berat Kering Batang

Hasil Uji F berat kering batang kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam, menunjukkan tidak adanya interaksi antara kultivar dengan takaran gambut, seperti yang ditunjukkan Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Uji F berat kering batang kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	Ket.	F Tabel 5%
Kultivar Padi	4	14,391	3,598	7,782	*	2.69
Gambut	2	9,016	4,508	9,751	*	3.32
Interaksi	8	6,062	0,758	1,639	tn	2.27
Sisa	30	13,868				

Uji BNT dilanjutkan untuk masing-masing kultivar dan takaran gambut, sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 9 dibawah ini.

Tabel 9. Uji lanjut BNT berat kering batang kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam

Kultivar	Berat Kering Batang (g)			
	Takaran Gambut			Rata-rata
	0 ton.Ha ⁻¹	5 ton.Ha ⁻¹	10 ton.Ha ⁻¹	
IR-64	4,224	6,268	7,349	5,947
Mundam	7,829	8,802	12,043	9,558*
Silumek	2,992	5,994	4,361	4,449 ^{tn}
Sijunjuang	4,055	7,491	11,074	7,540*
Pulau Batu	6,884	5,985	7,599	6,823*
Rata-rata	5,197	6,908*	8,485*	34,315

Kk = 29.7205 %

Keterangan :

* = berbeda nyata

tn= berbeda tidak nyata

Tabel 9 menunjukkan bahwa kultivar Mundam, Sijunjuang dan Pulau Batu memiliki pengaruh yang berbeda nyata terhadap berat kering batang, dibanding IR-64. Sedangkan kultivar Silumek memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata terhadap IR-64. Diduga karena kultivar Mundam, Sijunjuang dan Pulau Batu memiliki daya serap yang baik terhadap unsur hara dibanding Silumek. Hal ini disebabkan oleh sifat genetik dari Mundam, Sijunjuang dan Pulau Batu lebih tahan terhadap cekaman Fe^{2+} dibanding Silumek. Juga pemberian gambut 5 ton.Ha⁻¹ dan 10 ton.Ha⁻¹ memberikan hasil yang berbeda nyata jika dibandingkan dengan tanpa pemberian. Hal ini diduga karena ketersediaan unsur hara, terutama unsur P lebih banyak terlarut pada tanah yang diberi gambut. Namun, secara umum, interaksi antara kultivar dengan pemberian gambut menunjukkan sifat yang berbeda tidak nyata. Hal ini disebabkan karena, unsur P yang lebih banyak tersedia pada pemberian beberapa takaran gambut belum mampu memberikan hasil yang optimal mengingat konsentrasi Fe^{2+} yang masih bersifat meracun bagi tanaman padi. Pengaruh utama dari keracunan Fe^{2+} adalah berkurangnya pertumbuhan tanaman, khususnya berat tanaman dan mengurangi cadangan makanan bagi tanaman (Sahrawat, 2000).

4.6. Berat Kering Akar

Hasil Uji F berat kering akar kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam, menunjukkan tidak adanya interaksi antara kultivar dengan takaran gambut, seperti yang ditunjukkan Tabel 10 berikut ini.

Tabel 10. Uji F berat kering akar kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	Ket.	F Tabel 5%
Kultivar Padi	4	11,516	2,879	12,159	*	2.69
Gambut	2	6,673	3,337	14,019	*	3.32
Interaksi	8	3,461	0,433	1,827	tn	2.27
Sisa	30	7,104				

Uji BNT dilanjutkan untuk masing-masing kultivar dan takaran gambut, sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11. Uji lanjut BNT berat kering akar kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam

Kultivar	Berat Kering Akar (g)			
	Takaran Gambut			Rata-rata
	0 ton.Ha ⁻¹	5 ton.Ha ⁻¹	10 ton.Ha ⁻¹	
IR-64	2,853	3,881	6,478	4,404
Mundam	6,207	6,808	9,531	7,515*
Silumek	2,080	3,642	3,062	2,928 ^{tn}
Sijunjuang	3,064	5,708	8,629	5,800*
Pulau Batu	5,169	4,817	5,712	5,232*
Rata-rata	3,874	4,971*	6,682*	21,475

Kk = 28.205

Keterangan :

* = berbeda nyata

tn = berbeda tidak nyata

Tabel 11 di atas memperlihatkan bahwa kultivar Mundam, Sijunjuang dan Pulau Batu menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata terhadap berat kering akar, dibanding IR-64. Sedangkan kultivar Silumek memberikan pengaruh yang berbeda tidak nyata terhadap IR-64. Diduga karena kultivar Mundam, Sijunjuang

dan Pulau Batu memiliki daya serap yang baik terhadap unsur hara dibanding Silumek. Hal ini disebabkan oleh sifat genetik dari Mundam, Sijunjuang dan Pulau Batu lebih tahan terhadap cekaman Fe^{2+} dibanding Silumek. Juga pemberian gambut 5 ton.Ha⁻¹ (24,855) dan 10 ton.Ha⁻¹ (33,410) memberikan hasil yang berbeda nyata jika dibandingkan dengan tanpa pemberian. Hal ini diduga karena ketersediaan unsur hara, terutama unsur P lebih banyak terlarut pada tanah yang diberi gambut. Namun, secara umum, interaksi antara kultivar dengan pemberian gambut menunjukkan sifat yang berbeda tidak nyata. Hal ini disebabkan karena, unsur P yang lebih banyak tersedia pada pemberian beberapa takaran gambut belum mampu memberikan hasil yang optimal mengingat konsentrasi Fe^{2+} yang masih bersifat meracun bagi tanaman padi.

Berkurangnya bobot kering tanaman disebabkan karena Fe yang berlebihan akan menghambat penyerapan unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang pada akhirnya akan mengurangi bobot kering tanaman (Yardha dan Yusuf, 1993).

4.7. Panjang Akar

Hasil Uji F panjang akar kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam, menunjukkan tidak adanya interaksi antara kultivar dengan takaran gambut, seperti yang ditunjukkan Tabel 12 berikut ini.

Tabel 12. Uji F panjang akar kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	Ket.	F Tabel 5%
Kultivar Padi	4	1645,689	411,422	42,545	*	2.69
Gambut	2	272,716	136,358	14,101	*	3.32
Interaksi	8	158,389	19,799	2,047	tn	2.27
Sisa	30	290,108				

Uji BNT dilanjutkan untuk masing-masing kultivar dan takaran gambut, sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 13 dibawah ini.

Tabel 13. Uji lanjut BNT panjang akar kultivar tanaman padi pada beberapa takaran gambut pada umur 45 hari setelah tanam

Kultivar	Panjang Akar (cm)			
	Takaran Gambut			Rata-rata
	0 ton.Ha ⁻¹	5 ton.Ha ⁻¹	10 ton.Ha ⁻¹	
IR-64	69,550	91,200	96,850	85,867
Mundam	102,350	111,250	112,400	108,667*
Silumek	47,000	62,000	61,800	56,933 ^{tn}
Sijunjuang	80,700	98,400	116,100	98,400*
Pulau Batu	102,450	95,550	104,350	100,783*
Rata-rata	80,410	91,680*	98,300*	364,783

Kk = 10.351

Keterangan :

* = berbeda nyata

tn= berbeda tidak nyata

Kultivar Mundam, Sijunjuang dan Pulau Batu menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata terhadap panjang akar, dibanding IR-64. Sedangkan kultivar Silumek memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap IR-64 seperti yang terlihat dalam Tabel 13. Pemberian gambut 5 ton.Ha⁻¹ (458,4) dan 10 ton.Ha⁻¹ (491,5) juga memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap tanah yang tanpa gambut (kontrol). Hal ini disebabkan oleh ketersediaan Fe²⁺ yang semakin berkurang, sehingga memberikan efek meracun yang lebih kecil dibanding dengan tanah tanpa pemberian gambut. Namun, pemberian gambut memberikan interaksi yang berbeda tidak nyata terhadap panjang akar. Menurut (Marschner, 1995 *cit* Swasti, 2004) keracunan tanaman baik Al maupun Fe akan menghambat pertumbuhan melalui penghambatan pasokan hara, air dan sitokinin dari akar karena buruknya penetrasi akar atau kondisi hidrolik akar rendah. Suatu tanaman dikatakan efisien apabila mampu menunjukkan pertumbuhan dan membentuk bahan kering yang lebih baik dari tanaman lain jika ditumbuhkan pada kondisi kekurangan hara. kadar Fe secara bertahap akan meningkat sampai penggenangan 3 minggu kemudian. kelarutan Fe²⁺ meracuni tanaman padi sawah dengan cara oksidasi daerah/lingkungan perakaran (Ismon, 2006).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa kultivar yang diuji berdasarkan skala keracunan menurut *Standard Evaluation System for Rice* semua dikategorikan peka (skala 7) atau mengalami keracunan Fe^{2+} . Konsentrasi besi 8 minggu setelah pengenangan pada pemberian takaran gambut 0 ton.Ha^{-1} adalah 800 ppm yang tergolong sangat tinggi. Konsentrasi besi 8 minggu setelah pengenangan pada pemberian takaran gambut 5 ton.Ha^{-1} adalah 665 ppm yang juga tergolong sangat tinggi. Konsentrasi besi 8 minggu setelah pengenangan pada pemberian takaran gambut 10 ton.Ha^{-1} adalah 608 ppm yang juga masih tergolong sangat tinggi. Konsentrasi besi baik 5 ton.Ha^{-1} maupun 10 ton.Ha^{-1} hanya memberikan penurunan konsentrasi besi masing-masing sebesar 135 ppm dan 192 ppm dari konsentrasi 800 ppm pada takaran 0 ton.Ha^{-1} gambut.

5.2. Saran

Penelitian untuk tahap selanjutnya disarankan menentukan takaran gambut yang tepat untuk menekan konsentrasi besi sampai dibawah ambang batas (*threshold*) 300 ppm. Selisih takaran 0 ton.Ha^{-1} gambut dengan takaran 5 ton.Ha^{-1} gambut adalah 135 ppm, sedangkan selisih takaran 5 ton.Ha^{-1} gambut dengan takaran 10 ton.Ha^{-1} gambut adalah 57 ppm. Jadi, apabila dilakukan penambahan setiap 5 ton.Ha^{-1} gambut, belum bisa dipastikan apakah menurunkan konsentrasi Fe sebesar 135 ppm atau 57 ppm. Asumsi yang diperoleh untuk membuktikan takaran gambut yang tepat menekan konsentrasi besi dibawah ambang batas meracuni padi yaitu pertama, setiap penambahan 5 ton.Ha^{-1} gambut akan menekan konsentrasi besi 135 ppm, jadi, dilakukan pengujian takaran 20 ton.Ha^{-1} gambut yang menekan konsentrasi besi pada 260 ppm. Asumsi kedua, setiap penambahan 5 ton.Ha^{-1} gambut akan menekan konsentrasi besi 57 ppm, jadi, dilakukan pengujian takaran 95 ton.Ha^{-1} gambut yang menekan konsentrasi besi pada 287 ppm. Asumsi ketiga, dilakukan pengujian 0 ton.Ha^{-1} sampai 40 ton.Ha^{-1} dengan kelipatan 5, kemudian dicari rata-rata selisih perbedaan konsentrasi antar perlakuan, untuk pengujian berikutnya seperti pada asumsi pertama dan kedua.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus.C. 2004 .pH dan Koloid. www.elisa.ugm.ac.id, 12 Februari 2008.
- Alexander, M .1961. Microbial Transformations of Iron on Introduction to Soil Microbiology. John Wiley and Sons, Inc. New York. hal 387 – 401.
- Alloway, B. J. 1990. Heavy Metals in Soils. John Wiley and Sons, Inc. New York. 368 hal.
- Anonim. 2004. Tanah Masam di Indonesia dan Usaha Pengembangannya untuk Pertanian. www.balitbangjateng.go.id, 13 Februari 2006.
- _____. 2006. Molecular Biology Glossary Files. www.tainano.com. 11 November 2009.
- _____. 2008. Ferredoxin. www.answers.com, 26 November 2009.
- _____. 2009. Fosforilasi oksidatif. www.wikipedia.or.id. 11 November 2009.
- Anwar, K. 2002. Pengelolaan Tanah Sulfat Masam Melalui Pengendalian Aktivitas Mikroorganisma. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. 10 hal.
- Armstrong , F. B. 1989. Biochemistry 3rd Edition. Oxford University Press. Hal 265 – 284.
- Badan Pusat Statistik (BPS) .2006. Data Pokok Sumatera Barat 2004-2006. www.bps.go.id. 13 Februari 2006.
- Balai Penelitian Tanah. 2006. Cara Cepat Menguji Status Hara dan Kemasaman Tanah. Bogor. Hal 14 – 16.
- Balai Penelitian Tanaman Pangan (BPTP) .2008. Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Lahan Sawah Melalui Teknologi Spesifik Lokasi. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pertanian. Sulawesi Tenggara. www.sultra.litbang.deptan.go.id
- Barber, S. A. 1984. Soil Nutrient Bioavailability A Mechanistic Approach. John Wiley and Sons. USA. hal 324 – 330.
- Brady, N. C. 1984. The Nature and Properties of Soils Ninth Edition. MacMillan publishing Company, advision of MacMillan, Inc. Canada. hal. 206-371.
- Broyer,T. C. 1961. The Nature of The Process of Inorganic Solute Accumulation in roots. University of California. Hal 232 – 249.
- Buckman, H.O. dan N.C. Brady. 1982. Ilmu Tanah. Terjemahan Soegiman. Bhratara Karya Aksara Jakarta. 788 hal.

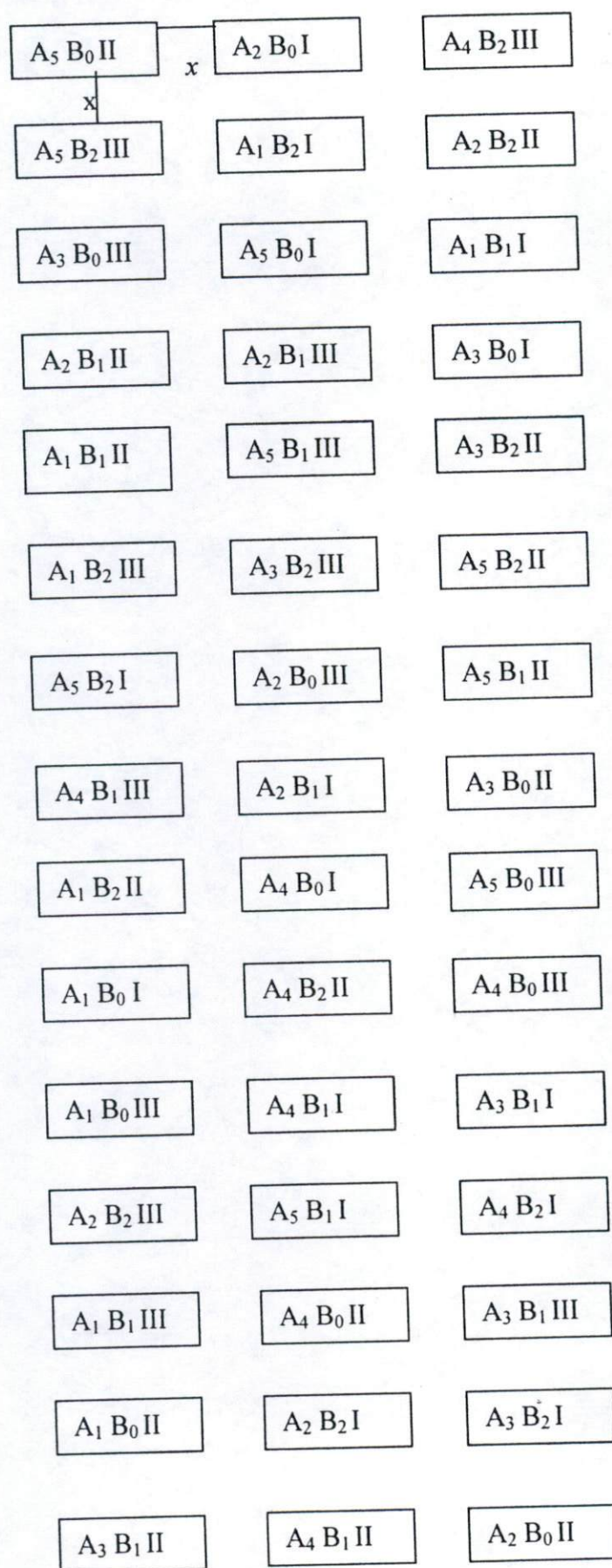
- Cahyono, T.W. 2006. Redesign Pembangunan Pertanian Dalam Mewujudkan Revitalisasi Pertanian. www.syabab1924.blogspot.com
- Catling, D. 1992. Rice in Deep Water. International Rice Research Institute (IRRI). The Mc Milan press. Ltd. Hongkong. hal 63-74.
- Fahmuddin. A dan I.G. Subiksa. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. Balai Penelitian Tanah Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 41 hal.
- Firmansyah. A., Rachmanita. D, D. Primasari, Arina. R, Rd. Bondan. 2009 Karakteristik Tanah Organik Tanah Gambut. Fakultas Pertanian Univeritas Padjajaran
- Gardner, F. P., R.B. Pearce dan R. L. Mitchell. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. Universitas Indonesia. 417 hal.
- Gomez, K. and A. Gomez. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. second edition. An International Rice Research Instute Book. A Wiley Interscience Publ. John Wiley and Sons. New York. 680 hal.
- Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Akapress. Jakarta. 286 hal.
- Hakim, N., M. Y. Nyakpa, A. M. Lubis, S. G. Nugroho, M. A. Diha, Go Ban Hong, dan H. H. Bailey. 1986. Dasar-dasar ilmu tanah. Penerbit Universitas Lampung. 488 hal.
- Hane, R., V. Tam, D. P. Motiramani, Y. P. Bali. 1970. Soils: Their Chemistry and Fertility in Tropical Asia. Prentice-Hall International, Inc. New Delhi.
- Hartatik. W dan K. Idris. 2008. Kelarutan Fosfat Alam dan P-36 dalam Gambut yang Diberi Bahan Amelioran Tanah Mineral. Jurnal Tanah dan Iklim No. 27. hal 45-56.
- _____, Sulaeman dan A. Kasno. 2008. Perubahan Sifat Kimia Tanah dan Ameliorasi Sawah Bukaan Baru. hal 53-75
- Hartman, H. T., A. M. Kofranek, Vincent E. R., W. J. Flocker. 1988. Growth, Development and Utilization of Cultivated Plants. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Herviyanti, T. B. Prasetyo dan F. Ahmad. 2006. Penyipatan Asam Humat dari Tanah Gambut dan Potensinya dalam Mengikat Besi (Fe) Meracun pada Tanah Sawah Bukaan Baru. Jurnal Akta Agrosia Vol. 9 No. 2 hal. 94 – 101.
- Hikmatullah, Sawiyo, dan N. Suharta. 2002. Potensi Dan Kendala Pengembangan Sumber Daya Lahan Untuk Pencetakan Sawah Irigasi Di Luar Jawa Pusat

- Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Jl. Ir. H. Juanda No. 98, 16123 Jurnal Litbang Pertanian, 21(4), Bogor. 9 hal.
- Ismon, L. 2006. Peneliti BPTP Sumbar- Sukarami Solok "LADO-21 " Teknologi Hemat Air Padi Sawah. Diterbitkan pada Harian Independen Singgalang. Padang.
- . 2006. Peneliti BPTP Sumbar- Sukarami Solok "LADO-21 " Antisipasi Keong Mas dan Keracunan Besi. Diterbitkan pada Harian Independen Singgalang. Padang.
- Ismunadji, M. dan S. Roechan. 1988. Hara mineral tanaman padi. Dalam padi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Bogor: hal. 231-269.
- Jackson MB, T D Colmer. 2005. Response And Adaptation By Plants To Flooding Stress. *Annals of Botany* 96: 501-505
- Kariada, I. K. dan I. B. Aribawa. 2008. Pengaruh Residu Jenis dan Dosis Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Padi Di Subak Rejasakabupaten Tabanan Bali. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP).Bali. 5 hal.
- Krantz, B.A., A. L. Brown, B. B. Fischer, W. E. Pendery, dan V. W. Brown. 1962. Foliage Sprays Correct Iron Chlorosis in Grain Sorgum. *California Agriculture*, (16)5:p5-6.
- Kuncoro, E. B. 2004. *Akuarium Laut*. Kanisius. Yogyakarta. 228 hal.
- LIPTAN. 2001. Pupuk Kompos untuk Meningkatkan Produksi Padi Sawah. Departemen Pertanian. Seri Tanaman Pangan/PAATP/2001/ehb.No.005.2 hal
- Madjid. A. 2009. Pengelolaan Kesuburan Tanah Pada Lahan Gambut (Bagian 1). www.dasar2ilmutanah.blogspot.com. 26 November 2009.
- Noor, A., M. Sabran dan R. D. Ningsih. 2006. Keragaan Galur-Galur Padi Toleran Keracunan Besi di Lahan Sulfat Masam Kalimantan Selatan. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Selatan. Litbang Deptan. 8 hal.
- . A. Maas, dan T Notohadikusumo. 2003. Pengaruh Pelindian Dan Perbaikan Aerasi Terhadap Sifat Kimia Tanah Sulfat Masam Kalimantan. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* Vol 4 (1).
- . A. Maas, dan T. Notohadikusumo .2005. Pengaruh Pelindian Dan Ameliorasi Terhadap Pertumbuhan Padi (*Oryza sativa*) Di Tanah Sulfat Masam Kalimantan. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* Vol 5 (2). hal: 38-54.
- Notohadiprawiro, T. 1986. Ultisol, Fakta dan Implikasi Pertaniannya. *Buletin Pusat Penelitian Marihat* No. 6. 13 hal.

- Nugraha, R. A. 2006. Uji Toleransi Beberapa Varietas Padi Unggul (*Oryza Sativa* L.) pada Ultisol yang Digenangi. Universitas Andalas. Padang.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2006. Tata Cara Pengukuran Kriteria Baku Kerusakan Tanah Untuk Produksi Biomassa. Jakarta. 21 hal.
- Poerwowidodo. 1992. *Metode Selidik Tanah*. Usaha Nasional. Surabaya.
- Riwandi, 2002. Sifat Kimia gambut dan derivat asam fenolat :Komposisi Unsur VS Spektra *UV-VIS* Ekstrak gambut dengan Natrium- Pirofosfat. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia. Vol. 4, No.1, hal 35-41.
- . 2003. Indikator Stabilitas Gambut Berdasarkan Analisis Kehilangan Karbon Organik, Sifat Fisiko Kimia dan Komposisi Bahan Gambut. Jurnal Penelitian UNIB, Vol.IX, No 1, hal. 25-36.
- Rozen, N., M. Kasim, M. Rahman dan I. Suliansyah. 2006. Pengujian Tingkat Toleransi Kultivar Padi Sawah terhadap Gulma. Akta Agrosia. Hal 86-93.
- Ryan, J. G. E and A. Rashid. 1999. Soil and Plant Analisis Laboratory Manual. 2nd edition International Centre for Agricultural Research in Dry Area (ICARDA) and National Agriculture Research Centre. Islamabad. Pakistan (NARS). Pp 139 – 142.
- Sagiman, S .2007. Pemanfaatan Lahan Gambut dengan Perspektif Pertanian Berkelanjutan. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Tanjung Pura .Tanjungpura. 32 hal.
- Sahrawat.K. L. 2000. Elemental composition of rice plant as affected by iron toxicity under field conditions. Commun. Soil Sci. Plant anal, 31 (17 & 18): 2819 – 2827
- Sanchez, P. A. 1993. Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika. ITB. Bandung.
- Stevenson, F. J. 1982. Humus Chemistry: Genesis, Compotition, Reaction, 2nd .John Wiley and Sons. New York. 43p
- Suastika, I. W., S. Sabiham dan D. Ardi S. 2006. Pengaruh Pencampuran Tanah Mineral Berpirit pada Tanah Gambut terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi.Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia. Vol. 8, No. 2, hal. 99-109.
- Subiksa, IGM., Ladiyani R.W, dan D. Setyorini. 2008. Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS). Balai Penelitian Tanah. Bogor. 7 hal.
- Suhartini, T .2004. Perbaikan Varietas Padi untuk Lahan Keracunan Fe. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Buletin Plasma Nutfah Vol.10 No.1. Bogor. 11 hal.
- Suriadikarta, D. A. 2002. Pengelolaan Lahan Sulfat Masam untuk Usaha Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Jalan Ir. H. Juanda No. 98, Bogor 1612. Jurnal Litbang Pertanian, 21(4).

- Swasti, E. 2004. Fisiologi dan pewarisan sifat efisien fosfor pada padi gogo dalam keadaan tercekam aluminium. Disertasi. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. 119 hal.
- Voesenek LACJ, Benschop JJ, Bou J, Cox MCH, Groeneveld HW, Millenaar FF, Vreeburg RAM, Peeters AJM. 2003. Interactions between plant hormones regulate submergence-induced shoot elongation in the flooding-tolerant dicot *Rumex palustris*. *Annals of Botany* 91: 205–211.
- Wahyunto, Suparto, Bambang H., dan H. Bhekti. 2006. Sebaran Lahan Gambut, Luas dan Cadangan Karbon Bawah Permukaan di Papua. Proyek Climate Change, Forests and Peatlands in Indonesia. *Wetlands International – Indonesia Programme dan Wildlife Habitat Canada*. Bogor. 46 hal.
- Widjaja-Adhi, IPG., S. Ratmini, I. W. Swastika, Sunihardi, D. Suhendar. 1997. Pengelolaan Tanah dan Air di Lahan Pasang Surut. Proyek Penelitian Pengembangan Pertanian Rawa Terpadu-ISDP Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 9 hal.
- Widodo. 2005. Pagaruh Dosis Dolomit terhadap Pertumbuhan dan Hasil 5 Kultivar Padi Lokal Rawa Gambut. *Jurnal Akta Agrosia* Vol. 8 No.1 hal 6-11.
- Yardha dan A.Yusuf. 1993. Toleransi tiga varietas padi sawah terhadap keracunan besi. *Buletin Pertanian*, volume 12. No 3: hal 23-25
- Yuwono, N.W. 2006. Hara Mikro. www.nasih.staff.ugm.ac.id, 13 September 2006.

Lampiran 2 : Denah penempatan percobaan menurut Rancangan Acak Lengkap (RAL).



Lampiran 3. Sensitifitas tanaman terhadap penambahan (*supply*) zat hara mikro.

Tanaman	Zn	Fe	Mn	Mo	Cu	B
Barley	M	H	M	L	M	L
Jagung[Corn(maize)]	H	M	L	L	M	L
Kentang (Potato)	M	--	M	L	L	L
Padi (Rice)	M	H	M	L	H	--
Kacang Soya (Soya Bean)	M	H	H	M	L	L
Bit Gula (Sugar Beat)	M	H	H	M	M	H
Gandum (Wheat)	L	L	H	L	H	L

Lucas dan Knezek (1972) dan Shorrocks dan Alloway (1986) *cit* Alloway (1990)

Keterangan : H (*high*) , M (*medium*), L (*low*)

Lampiran 4. Kekahatan Berbagai Unsur dan Kandungan Kritisnya yang Dapat Meracun pada Tanaman Padi

Unsur	Kekahatan(K) Daya racun (R)	Tingkat kritis	Bagian tanah yang dianalisis	Tahap pertumbuhan
N	K	2,5%	Helaian daun	Tur
P	K	0,1%	Helaian daun	Tur
	R	1,0%	Jerami	Mas
K	K	1,0%	Jerami	Mas
	K	1.0%	Helaian daun	Tur
Ca	K	0,15%	Jerami	Mas
Mg	K	0,10%	Jerami	Mas
S	K	0,10%	Jerami	Mas
Si	K	5,0%	Jerami	Mas
Fe	K	70 ppm	Helaian daun	Tur
	R	300 ppm	Helaian daun	Tur
Zn	K	10 ppm	Tunas	Tur
	R	1500 ppm	Jerami	Mas
Mn	K	20 ppm	Tunas	Tur
	R	2500 ppm	Tunas	Tur
B	K	3,4 ppm	Jerami	Mas
	R	100 ppm	Jerami	Mas
Cu	K	6 ppm	Jerami	Mas
	R	30 ppm	Jerami	Mas
Al	R	300 ppm	Tunas	Tur

Tanaka dan Yoshida (1970) *cit* Sanchez (1993)

Mas = Kemasakan; Tur = Pembentukan turiang (anakan)

Lampiran 5: Perhitungan Gambut Pot⁻¹

1. Menentukan nilai prosentase Kadar Air (% KA)

$$KA = \frac{BB - BK}{BK} \times 100 = \frac{10 - 2,98}{2,98} \times 100 = 235,6$$

$$\% KA = 235,6/100 = 2,356$$

Ditimbang 10 g gambut untuk berat basah (BB). 10 g gambut ini, di oven pada suhu 105 °C selama 1 x 24 jam. Keluarkan dari oven dan dinginkan dalam desikator. Timbang kembali, untuk mendapatkan hasil berat kering (BK). Diperoleh BK sebesar 2,98 g, dengan % KA = 235,6

2. Lakukan Koreksi Kadar Air (KKA), dengan rumus:

$$KKA = \% KA + 1 = 235,6/100 + 1 = 3,356$$

3. Penghitungan jumlah gambut Pot⁻¹

$$B_1 = \frac{3 \text{ kg}}{2 \times 10^6 \text{ kg}} \times 5000 \text{ kg} = 0,0075 \text{ kg} = 7,5 \text{ g}$$

$$B_2 = \frac{3 \text{ kg}}{2 \times 10^6 \text{ kg}} \times 10.000 \text{ kg} = 0,0150 \text{ kg} = 15 \text{ g}$$

4. Berat bersih gambut yang dimasukkan ke dalam pot adalah :

$$B_1 = 7,5 \text{ g} \times KKA = 7,5 \text{ g} \times 3,356 = 25,17 \text{ g}$$

$$B_2 = 15 \text{ g} \times KKA = 15 \text{ g} \times 3,356 = 50,34 \text{ g}$$

Lampiran 6: Prosedur analisis Fe tanaman dan media

A. Analisis Fero (Fe^{2+}) pada jaringan daun

Ekstraksi Fe^{2+} dengan 1,5% O-Phenanthroline

A. Alat

Spektrophotometer atau calorimeter, panjang gelombang 510 nm atau *Atomic Absorbtion Spektrophotometer* (AAS) panjang gelombang 510 nm.

B. Bahan

1. Larutan ekstraksi ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2$) 1,5% dalam Buffer HCl pH 3,0 ditambahkan 15 gr 1-10 O-Phenantrolin dalam $\pm$ 850 ml aquades, ditambahkan HCl 1N dengan cara meneteskannya. Kocok larutan sampai O-Phenanthrolin terlarut. pH akhir larutan adalah 3,0. Cukupkan volume menjadi 1 L dengan aquades.
2. Larutan standar
Siapkan pembuatan larutan standar dengan kandungan Fe 0; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; ppm Fe^{2+} dalam larutan ekstraksi.

C. Cara Kerja

C.1 Ekstraksi

1. Dibersihkan dengan hati-hati jaringan tanaman segar untuk analisis Fe^{2+}
2. Ditimbang 2 g bahan tanaman segar, kemudian masukkan kedalam erlenmeyer 50 ml
3. Ditambahkan 20 ml larutan ekstraksi dan dikocok lambat-lambat untuk memastikan bahwa seluruh jaringan tanaman masuk atau tercampur dalam larutan
4. Ditutup erlenmeyer dengan parafilm dan dibiarkan selama 16 jam di ruangan dengan temperatur kamar
5. Disaring larutan dengan kertas Whatman No. 1

C.2 Pengukuran

1. Kandungan Fe^{2+} di dalam hail saringan ditetapkan dengan Spektrofotometer pada panjang gelombang 510 nm. Standar untuk Fe diusul dengan ekstrak tanaman
2. Kandungan Fe^{2+} dalam jaringan tanaman dinyatakan dengan berat kering oven, setelah ditetapkan kelembaban dalam sampel lain dari jaringan tanaman

C.3 Perhitungan

Untuk Fe^{2+} dalam jaringan tanaman:

$$\text{Fe}^{2+} (\text{ppm}) = \text{ppm Fe}^{2+} (\text{dari kurva kalibrasi}) \times \frac{A}{WT}$$

A = total volume ekstrak (ml)

WT = Berat kering oven bahan tanaman (g)

B. Analisis Fero (Fe^{2+}) pada Tanah

Pengukuran Fe^{2+} dengan Metoda Ekstraksi 1 M Na Asetat pH 2,8

Bahan-bahan:

1. Larutan Buffer pH 2,8
Dilarutkan 136,08 g Na Asetat aq 82,03 g Na Asetat anhidrous dalam 1 L aquades. Jadikan pH larutan 2,8 HCl (80-83 ml)
2. Larutan buffer pH 6,0
Dilarutkan 570 g Na asetat dalam 1 L air. Dipanaskan 20 – 30 menit, dan dinginkan 1 malam. Disaring jika perlu dan ditambah 12 ml asetat glasial dan dijadikan 1 L dengan aquades.
3. α, α dipyridyl 0,2%
0,4 g α, α dipyridyl dalam 200 ml larutan asalam asetat 10%
4. 100 ppm Fe
0,7022 g $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dalam 1 L air + 10 ml H_2SO_4 (1,5). Diambil 50 ml larutan, cukupkan 100 ml.

Prosedur:

1. 2 g tanah basah dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 100 ml yang berisi 50 ml larutan Buffer pH 2,8
2. Dikocok dengan batang pengaduk, tutup dengan karet, dibiarkan selama 2 jam. Dikocok dengan tangan selama 15 menit.
3. Saring, pipet 2 – 5 ml, dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml _ 5 ml larutan Buffer pH 6,0. Kocok dengan tangan.
4. Ditambahkan 3 ml α, α dipyridyl, dicukupkan dengan aquades sampai 50 ml. Pada saat yang sama ditentukan kelembabannya.
5. Ditentukan konsentrasi larutan sampel dan standar. Setelah 10 menit diukur dengan spektrofotometer panjang gelombang 525 μm .

Pembuatan Larutan Standar

Pipet 5 ml aliquot, dimasukkan ke dalam tabung reaksi 50 ml + α, α dipyridyl, dicukupkan dengan aquades.

Pengukuran kelembaban :

10 g sampel tanah diletakkan pada kertas paraffilin, cawan. Dikeringkan dalam oven sampai berat konstan (4-5 jam). Dipindahkan sampel ke eksikator. Setelah 20 menit timbang kembali.

$$\% \text{ bobot} = \frac{\text{BK}}{10} \times 100 = a\%$$

$$\text{Kelembaban} = 100 - a\% = b\%$$

Perhitungan Fe^{2+}

$$\text{Mg } \text{Fe}^{2+}/100 \text{ g tanah kering} = \frac{5A}{B} \times \frac{50 + M}{2 - M}$$

$$\text{Mg}/100 \text{ g} = 10 \text{ mg}/1000 \text{ g} = 10 \text{ ppm}$$

Keterangan: A = ppm Fe dari kalibrasi kurva

M = kelembaban

B = ml aliquot (5 ml)

Lampiran 7: deskripsi jumlah anakan masing-masing kultivar (batang)

1. IR 64

Nama Varietas	: IR 64
Kelompok	: Padi Sawah
Nomor Seleksi	: IR18348-36-3-3
Asal Persilangan	: IR5657/IR2061
Golongan	: Cere
Umur Tanaman	: 115 hari
Bentuk Tanaman	: Tegak
Tinggi Tanaman	: 85 cm
Anakan Produktif	: 25 batang*
Warna Kaki	: Hijau
Warna Batang	: Hijau
Warna Daun Telinga	: Tidak berwarna
Warna Lidah Daun	: -
Warna Daun	: Hijau
Warna Muka Daun	: Kasar
Posisi Daun	: Tegak
Daun Bendera	: Tegak
Bentuk Gabah	: Ramping, panjang
Warna Gabah	: Kuning bersih
Kerontokan	: Tahan
Kerebahan	: Tahan
Tekstur Nasi	: Pulen
Kadar Amilosa	: 27%
Bobot 1000 Butir	: 24,1 g
Rata - Rata Produksi	: 5,0 t/ha
Potensi Hasil	: -Tahan wereng coklat biotipe 1, 2 dan wereng hijau
Ketahanan Terhadap Hama	: - Agak tahan bakteri busuk hawar daun (<i>Xanthomonas oryzae</i>)

- Tahan kerdil rumput

Ketahanan Terhadap Penyakit : 1986

Anjuran : - Baik ditanam untuk sawah irigasi
dataran rendah di Jawa Timur
- Cukup baik untuk padi rawa/pasang surut

Pemulia : -

Peneliti : 5,0 t/ha

Teknisi : -

Dilepas Tahun : 1986

- | | |
|---------------|------------------|
| 2. Mundam | = 15 batang** |
| 3. Silumek | = 22,3 batang** |
| 4. Sijunjuang | = 20 batang** |
| 5. Pulau Batu | = 32,5 batang*** |

Keterangan:

* = <http://bbpadi.litbang.deptan.go.id> jam 16.30, 29 juni 2009

** = Visesti, M. 2008. Koleksi Identifikasi Sumberdaya Genetik Padi di Kab. Pasaman. Universitas Andalas.

*** = Maria, S. 2008. Karakterisasi Morfologis dan Agronomis Plasma Nutfah Padi Asal Kab. Solok Selatan. Universitas Andalas.

Lampiran 8. Skala keracunan menurut *Standard evaluation system for rice*

Skoring Fe	Gejala pada tanaman	Tingkat Toleransi
1	pertumbuhan dan pembentukan anakan normal	toleran
2	pertumbuhan dan pembentukan anakan normal, daun tua berwarna coklat kemerahan, ungu atau kuning orange	toleran
3	pertumbuhan dan pembentukan anakan hampir normal, daun tua berwarna coklat kemerahan, ungu atau kuning orange	toleran
5	pertumbuhan dan pembentukan anakan terhambat, beberapa daun berwarna coklat kemerahan atau kuning orange	agak toleran
7	pertumbuhan dan pembentukan anakan terhambat/terhenti, banyak daun (hampir semua daun) berwarna coklat kemerahan atau kuning orange	Peka
9	hampir semua tanaman mati	sangat peka

(IRRI, 1996 *cit* Noor *et. al*, 2006)

Lampiran 9. Kriteria Sifat Kimia Tanah

Sifat tanah	Kriteria				
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
C (%)	< 1,0	1,0 – 2,0	2,01 – 3,0	3,01 - 5	> 5,00
P – tersedia (ppm)	<5	5 – 14	15 – 39	40 - 60	> 60
Nisbah C/N	< 5	5 – 10	11 – 15	16 – 25	> 25
Penetapan K (me/100 g)	< 0,1	0,1 - 0,3	0,4 – 0,5	0,6 – 1,0	> 1,0
Penetapan N (%)	<0,1	0,1 - 0,2	0,21 – 0,5	0,51-0,75	> 0,75
Fe (ppm)	< 1	1 – 4,9	5 – 18,9	19 – 56	>56
	Sangat Masam	Masam	Agak masam	netral	Agak basa
pH H ₂ O	< 4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	6,6-7,5	7,6 – 8,5

Sumber : Hardjowigeno, (2003)

Lampiran 10: Dokumentasi penelitian
Foto tanaman pada akhir penelitian



Keterangan gambar dari kanan ke kiri:

- A₁ = IR-64
- A₂ = Mundam
- A₃ = Silumek
- A₄ = Sijunjuang
- A₅ = Pulau Batu
- B₀ = pemberian takaran 0 ton.Ha⁻¹ gambut
- B₁ = pemberian takaran 5 ton.Ha⁻¹ gambut
- B₂ = pemberian takaran 10 ton.Ha⁻¹ gambut

Lampiran 11: Istilah-Istilah Penting

Amelioran ^[1] adalah bahan yang mampu memperbaiki atau membenahi kondisi fisik dan kesuburan tanah

Anaerobik adalah kata teknis yang secara harfiah berarti "tanpa udara" (dimana "udara" biasanya berarti oksigen). Kata yang berlawanan dengannya adalah aerobik. **Anaerobik** digunakan untuk mengindikasikan tidak adanya akseptor elektron (nitrat, sulfat atau oksigen)

Bahan organik ^[2] merupakan bahan-bahan yang dapat diperbaharui, didaur ulang, dirombak oleh bakteri-bakteri tanah menjadi unsur yang dapat digunakan oleh tanaman tanpa mencemari tanah dan air. Bahan organik tanah merupakan penimbunan dari sisa-sisa tanaman dan binatang yang sebagian telah mengalami pelapukan dan pembentukan kembali. Bahan organik demikian berada dalam pelapukan aktif dan menjadi mangsa serangan jasad mikro. Sebagai akibatnya bahan tersebut berubah terus dan tidak mantap sehingga harus selalu diperbaharui melalui penambahan sisa-sisa tanaman atau binatang.

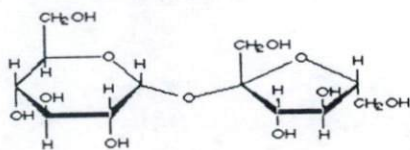
Sumber primer bahan organik adalah jaringan tanaman berupa akar, batang, ranting, daun, dan buah. Bahan organik dihasilkan oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis sehingga unsur karbon merupakan penyusun utama dari bahan organik tersebut. Unsur karbon ini berada dalam bentuk senyawa-senyawa polisakarida, seperti selulosa, hemiselulosa, pati, dan bahan-bahan pektin dan lignin. Selain itu nitrogen merupakan unsur yang paling banyak terakumulasi dalam bahan organik karena merupakan unsur yang penting dalam sel mikroba yang terlibat dalam proses perombakan bahan organik tanah. Jaringan tanaman ini akan mengalami dekomposisi dan akan terangkut ke lapisan bawah serta diinkorporasikan dengan tanah. Tumbuhan tidak saja sumber bahan organik, tetapi sumber bahan organik dari seluruh makhluk hidup.

Bahan Organik Tanah

Bahan organik adalah bagian dari tanah yang merupakan suatu sistem kompleks dan dinamis, yang bersumber dari sisa tanaman dan atau binatang yang terdapat di dalam tanah yang terus menerus mengalami perubahan bentuk, karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika, dan kimia (Kononova, 1961). Menurut Stevenson (1994), bahan organik tanah adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus.

Bronzing adalah warna kuning orange atau orange tua pada daun sebagai efek visual akibat keracunan Fe^{2+} .

Dimer, Secara umum, dimer merujuk kepada sebuah molekul yang disusun oleh dua subsatuan (monomer) yang identik dan terikat bersama-sama. Monomer-monomer ini dihubungkan oleh ikatan kovalen atau ikatan lain yang lebih lemah seperti ikatan hidrogen. Contoh dari monomer yang dihubungkan secara kovalen adalah disiklopentadiena, yang merupakan dimer dari siklopentadiena. Istilah ini sering digunakan untuk merujuk dimer-dimer dari gula: misalnya sakarosa adalah dimer dari sebuah molekul glukosa dan sebuah molekul fruktosa.



Saccharose
(glucose (α 1-->2) fructose)

Dalam biokimia dan biologi molekuler, sering ditemui dimer dari makromolekul seperti protein dan asam nukleat. Dimerisasi dari dua subsatuan yang identik disebut *homodimerisasi*, dan dimerisasi dari dua subsatuan yang berbeda disebut *heterodimerisasi*. Kebanyakan dimer dalam biokimia tidak dihubungkan oleh ikatan kovalen. Salah satu pengecualian adalah jembatan disulfida. Salah satu contoh dari dimer biokimia adalah enzim reverse transkriptase, yang terbuat dari dua rantai asam amino yang berbeda.

Dimer air juga merupakan dimer lain yang dikenal, dan digunakan untuk pemodelan ikatan hidrogen dalam air.

Enzim adalah biomolekul yang berfungsi sebagai katalis (senyawa yang mempercepat proses reaksi tanpa habis bereaksi) dalam suatu reaksi kimia. Hampir semua enzim merupakan protein. Pada reaksi yang dikatalisasi oleh enzim, molekul awal reaksi disebut sebagai substrat, dan enzim mengubah molekul tersebut menjadi molekul-molekul yang berbeda, disebut produk. Hampir semua proses biologis sel memerlukan enzim agar dapat berlangsung dengan cukup cepat.

Enzim bekerja dengan cara menempel pada permukaan molekul zat-zat yang bereaksi dan dengan demikian mempercepat proses reaksi. Percepatan terjadi karena enzim menurunkan energi pengaktifan yang dengan sendirinya akan mempermudah terjadinya reaksi. Sebagian besar enzim bekerja secara khas, yang artinya setiap jenis enzim hanya dapat bekerja pada satu macam senyawa atau reaksi kimia. Hal ini disebabkan perbedaan struktur kimia tiap enzim yang bersifat tetap. Sebagai contoh, enzim α -amilase hanya dapat digunakan pada proses perombakan pati menjadi glukosa.

Ferri besi-yang berisi material-material atau senyawa-senyawa yang berada dalam kondisi bilangan oksidasi +3, yang ditulis besi (III) atau Fe^{3+} . Dalam bentuk lain, ferrous yang merupakan besi dengan bilangan oksidasi +2, ditulis besi (II) atau Fe^{2+} . Besi(III) adalah bentuk stabil besi di udara terbuka, yang digambarkan sebagai besi yang mudah berkarat, sebagai satu bentuk ikatan besi (III) dengan material lain.

Ferro, dalam ilmu kimia dicirikan dengan senyawa besi bivalen (+2 bilangan oksidasi), sebagai pembeda dari **ferri**, yang mana dicirikan oleh senyawa besi trivalen (+3 bilangan oksidasi).

Ferrum adalah kata dalam bahasa Latin untuk besi dan kode dalam simbol kimianya adalah Fe.

Galur (Ing.: *line* atau *strain* [khusus peternakan]) adalah sekelompok individu yang memiliki komposisi genetik yang serupa sebagai akibat perkawinan sekerabat.

Gambut ^[3] adalah jenis tanah yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tetumbuhan yang setengah membusuk; oleh sebab itu, kandungan bahan organiknya tinggi

Gugus prostetik ^[6], adalah struktur nonprotein enzim yang merupakan bagian aktif enzim. Biasanya berupa logam seperti besi, tembaga, seng atau suatu senyawa organik yang mengandung logam. Apoenzim (bagian protein yang tidak tahan panas) dan gugus prostetik merupakan satu kesatuan yang disebut holoenzim, tetapi ada juga bagian enzim yang gugus prostetiknya tidak menyatu. Bagian gugus prostetik yang lepas disebut koenzim. Contoh koenzim adalah vitamin atau bagian dari vitamin (misalnya: vitamin B₁, B₂, B₆, niasin dan biotin).

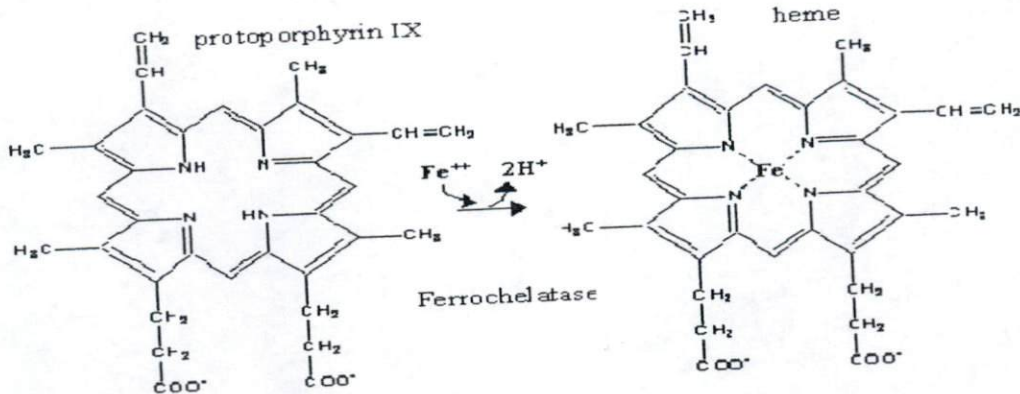
Heme (bahasa Inggris Amerika) atau **haem** (bahasa Inggris Britania) adalah grup prostetik yang terbentuk dari *satu atom besi* yang berada ditengah cincin organik heterosiklik yang luas yang disebut porpirin. Tidak semua porpirin tersusun dari besi, tapi fraksi substansi porpirin terdiri dari metaloprotein yang memiliki heme pada grup prostetiknya; yang dikenal dengan hemoprotein .

Secara umum, struktur Heme terbentuk dari 4 cincin pirol (tetrapirrol) yang terdapat pada keempat sisi protoporfirin IX. Satu sama lain cincin pirol dihubungkan oleh jembatan metana. Yang terhubung ke tetrapirrol adalah 4 gugus metil, 2 gugus vinil dan 2 grup propionat. Bentuk-bentuk heme ada 15 macam, namun hanya satu (protoporfirin IX) yang terlibat dalam sistim biologikal.



pyrrole

Ion Ferro (Fe^{2+}) ditambahkan ke protoporphirin IX oleh enzim ferrokelatase yang terdiri dari 2 atom Fe-Sulfat [$2\text{Fe}-2\text{S}$] yang dikenal sebagai ferredoksin, jadi, dapat diketahui disini bahwa ferredoksinlah yang berperan penting dalam sistim transport electron. Secara sederhana, pembentukan heme dari protoporphirin IX menjadi heme, dapat dilihat pada gambar dibawah ini (sumber gambar <http://www.rpi.edu/dept/bcbp/molbiochem/MBWeb/mb2/part1/heme.htm>)



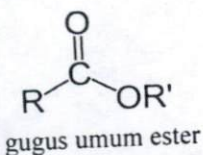
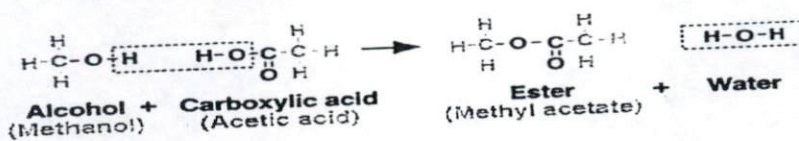
Hidrofilik ('suka air'), senyawa yang bersifat polar sehingga dapat menahan atau mengikat air dalam kompleks persenyawaannya.

Hidrofobik ('benci air'), senyawa non polar, sehingga tidak memiliki kemampuan mengikat air.

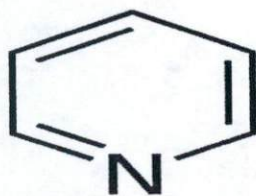
Ion adalah atom atau sekumpulan atom yang bermuatan listrik. Ion bermuatan negatif, yang menangkap satu atau lebih elektron, disebut **anion**, karena dia tertarik menuju anoda. Ion bermuatan positif, yang kehilangan satu atau lebih elektron, disebut **kation**, karena tertarik ke katoda. Proses pembentukan ion disebut **ionisasi**. Atom atau kelompok atom yang terionisasi ditandai dengan tikas n^+ atau n^- , di mana n adalah jumlah elektron yang hilang atau diperoleh.

Ikatan Ester, Dalam kimia, ester adalah suatu senyawa organik yang terbentuk melalui penggantian satu (atau lebih) atom hidrogen pada gugus hidroksil dengan suatu gugus organik (biasa dilambangkan dengan R'). Asam oksigen adalah suatu asam yang molekulnya memiliki gugus $-\text{OH}$ yang hidrogennya (H) dapat terdisosiasi menjadi ion H^+ . ikatan ester sederhana dapat dilihat pada gambar berikut.

Simple Ester Formation:



Heterosiklik atau **senyawa heteroringkar** adalah sejenis senyawa kimia yang mempunyai **struktur cincin** yang mengandung atom selain karbon, seperti belerang, oksigen, ataupun nitrogen yang merupakan bagian dari cincin tersebut. Senyawa-senyawa heterosiklik dapat berupa cincin aromatik sederhana ataupun cincin non-aromatik. Beberapa contohnya adalah piridina ($\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$), pirimidina ($\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2$) dan dioksana ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$).

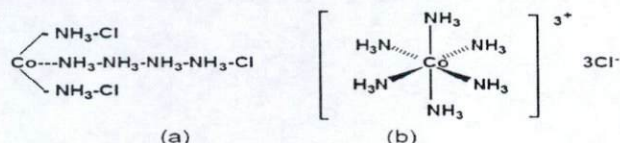


Piridina, sebuah contoh senyawa heterosiklik yang sederhana

Perlu diperhatikan pula senyawa-senyawa seperti *siklopropana* dan *sikloheksana* bukanlah senyawa heterosiklik. Senyawa tersebut hanyalah sikloalkana. Prefiks 'siklik' merujuk pada struktur cincin, sedangkan 'hetero' merujuk pada atom **selain karbon**. Banyak senyawa heterosiklik yang merupakan zat karsinogenik.

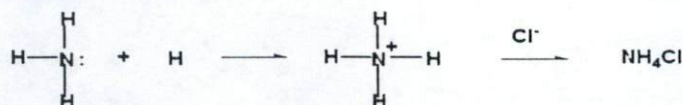
Ikatan koordinat, dengan menggabungkan teori valensi dengan teori ikatan ion dan kovalen, hampir semua ikatan kimia yang diketahui di awal abad 20 dapat dipahami. Namun, menjelang akhir abad 19, beberapa senyawa yang telah dilaporkan tidak dapat dijelaskan dengan teori Kekulé dan Couper. Bila teori Kekulé dan Couper digunakan untuk menginterpretasikan struktur garam luteo, senyawa yang mengandung kation logam dan amonia dengan rumus rasional $\text{Co}(\text{NH}_3)_6\text{Cl}_3$, maka struktur singular (gambar a) harus diberikan.

Struktur semacam ini tidak dapat diterima bagi kimiawan Swiss Alfred Werner (1866-1919). Ia mengusulkan bahwa beberapa unsur termasuk kobalt memiliki **valensi tambahan**, selain valensi yang didefinisikan oleh Kekulé dan Couper, yang oleh Werner disebut dengan **valensi utama**. Menurut Werner, atom kobalt dalam garam luteo berkombinasi dengan tiga anion khlorida dengan valensi utamanya (trivalen) dan enam amonia dengan valensi tambahannya (heksavalen) membentuk suatu oktahedron dengan atom kobaltnya di pusat (gambar b).



Setelah melalui debat panjang, kebenaran teori Werner diterima umum, dan diteumkan bahwa banyak senyawa lain yang memiliki valensi tambahan. Dalam senyawa-senyawa ini, atomnya (atau ionnya) yang memerankan peranan kobalt disebut dengan **atom pusat**, dan molekul yang memerankan seperti amonia disebut dengan **ligan**.

Sifat sebenarnya dari valensi tambahan ini diungkapkan oleh kimiawan Inggris Nevil Vincent Sidgewick (1873-1952). Ia mengusulkan sejenis ikatan kovalen dengan pasangan elektron yang hanya disediakan oleh salah satu atom, yakni ikatan koordinat. Jadi atom yang menerima pasangan elektron harus memiliki orbital kosong yang dapat mengakomodasi pasangan elektron. Kekulé telah mengungkapkan amonium khlorida sebagai $\text{NH}_3\text{af} \gg \text{HCl}$. Menurut Sidgewick, suatu ikatan koordinat dibentuk oleh atom nitrogen dari amonia dan proton menghasilkan ion amonium NH_4^+ , yang selanjutnya membentuk ikatan ion dengan ion khlorida menghasilkan amonium khlorida.

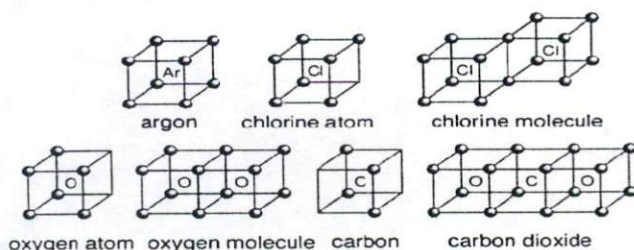


Amonia adalah donor elektron karena mendonorkan pasangan elektron, sementara proton adalah akseptor elektron karena menerima pasangan elektron di dalam orbital kosongnya.

Ikatan kovalen, tahun 1916, dua kimiawan Amerika, Gilbert Newton Lewis (1875-1946) dan Irving Langmuir (1881-1957), secara independen menjelaskan apa yang tidak ter jelaskan oleh teori teori Kossel dengan memperluasnya untuk molekul non polar. Titik krusial teori mereka adalah penggunaan bersama elektron oleh dua atom sebagai cara untuk mendapatkan kulit terluar

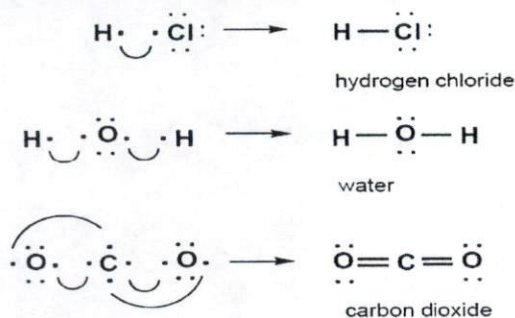
yang diisi penuh elektron. Penggunaan bersama pasangan elektron oleh dua atom atau **ikatan kovalen** adalah konsep baru waktu itu.

Teori ini kemudian diperluas menjadi **teori oktet**. Teori ini menjelaskan, untuk gas mulia (selain He), delapan elektron dalam kulit valensinya disusun seolah mengisi kedelapan pojok kubus seperti yang ditunjukkan gambar dibawah ini,



sementara untuk atom lain, beberapa sudutnya tidak diisi elektron. Pembentukan ikatan kimia dengan penggunaan bersama pasangan elektron dilakukan dengan penggunaan bersama rusuk atau bidang kubus. Dengan cara ini dimungkinkan untuk memahami ikatan kimia yang membentuk molekul hidrogen. Namun, pertanyaan paling fundamental, mengapa dua atom hidrogen bergabung, masih belum terjawab. Sifat sebenarnya ikatan kimia masih belum terjawab. Konsep ikatan kovalen dan penulisannya dijelaskan oleh Lewis yang disebut juga **rumus Lewis**, adalah sebagai berikut; 1) Semua elektron valensi ditunjukkan dengan titik di sekitar atomnya. 2) Satu ikatan (dalam hal ini, ikatan tunggal) antara dua atom dibentuk dengan penggunaan bersama dua elektron (satu elektron dari masing-masing atom). 3) Satu garis sebagai ganti pasangan titik sering digunakan untuk menunjukkan pasangan elektron ikatan.

4) Elektron yang tidak digunakan untuk ikatan tetap sebagai elektron bebas. Titik-titik tetap digunakan untuk menyimbolkan pasangan elektron bebas. 5) Kecuali untuk atom hidrogen (yang akan memiliki dua elektron bila berikatan), atom umumnya akan memiliki delapan elektron untuk memenuhi aturan oktet. Berikut adalah contoh-contoh bagaimana cara menuliskan struktur Lewis.



Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk.

Khelat, senyawa kimia yang terbentuk dari kombinasi ion metal dan larutan dengan senyawa kimia yang berisi atom berbeda atau heteroatom (seperti oksigen atau nitrogen), dimana paling kurang terdapat 2 heteroatom yang berikatan dengan metal tersebut. Ikatannya dapat berupa ikatan kovalen atau non-kovalen. Khelat dalam beberapa keadaan, memiliki daya urai yang sangat rendah dan senyawa-senyawa organik (agen-agen khelasi) yang mana bentuknya sama seperti khelat, oleh karena itu, digunakan untuk mengurangi konsentrasi ion metal bebas dalam larutan

Khelat adalah senyawa heterosiklik yang berisi ion metal yang membentuk ikatan koordinasi dengan sekurang-kurangnya 2 ion non metal

Khelasi, istilah menurut IUPAC adalah "susunan atau ikatan yang terbentuk (atau interaksi tarik menarik lainnya) antara 2 atau lebih bagian terpisah yang berikatan dengan ligand yang sama dan

pusat atom tunggal." Biasanya ligand ini adalah senyawa organik, dan disebut *chelants*, *chelator*, *chelating agents*, atau *sequestering agents*.

Kultivar diartikan sebagai sekelompok tanaman yang memiliki satu atau lebih ciri yang dapat dibedakan secara jelas, dan tetap mempertahankan ciri-ciri khasnya jika direproduksi (secara seksual maupun aseksual). Yang dapat disebut kultivar dengan demikian adalah populasi terseleksi, galur, klon, atau hibrida. Contoh penamaan: *Oryza sativa* 'Cisadane'.

Oksidan ^[4] adalah agen pengoksidasi (disebut juga oksidan, oksidizer atau oksidiser) dapat dibagi menjadi 2:

1. Sebuah senyawa kimia yang dalam keadaan siap mentransfer atom oksigen
2. Zat kimia yang memperoleh elektron dalam reaksi redoks

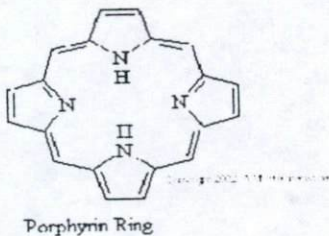
Pemuliaan tanaman merupakan kegiatan untuk mengubah susunan genetik tanaman secara tetap (baka) sehingga memiliki sifat atau penampilan sesuai dengan tujuan yang diinginkan pelakunya.

pH adalah **derajat keasaman** yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Ia didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut. Ia bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional.

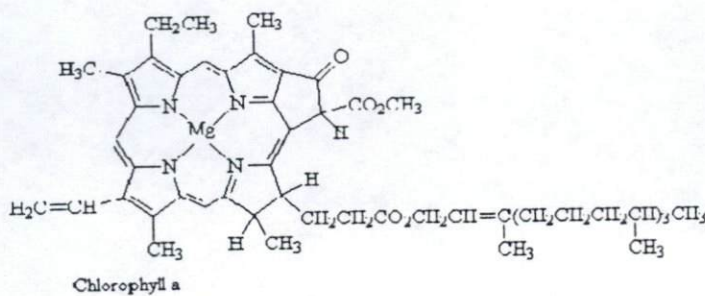
Pitotoksik, akibat yang ditimbulkan oleh racun tanaman

Pitotoksin, memiliki pengertian "racun tanaman", yang artinya setiap racun yang diproduksi oleh tanaman

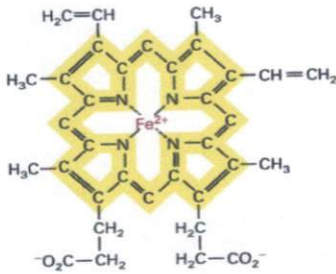
Porpirin, Seluruh porpirin memiliki struktur seperti dibawah ini:



Porpirin primer yang terdapat di daun adalah sebetuk pigmen hijau yan disebut klorofil. Klorofil memiliki struktur yang berbeda secara kimia (contohnya klorofil *a* dan klorofil *b*) yang berperan dalam pembentukan karbohidrat dalam tanaman. Pembentukan klorofil dipenaruhi oleh respon cahaya. Apabila musim beranti, dan cahaya mataharipun menurun intensitasnya, klorofil yang terbentuk sedikit, dan daun terlihat tidak begitu hijau. Klorofil berubah bentuk ke senyawa sederhana jika jumlahnya mencapai konstan, jadi, dengan terbentuknya warna hijau daun menandakan pembentukan klorofil mulai melambat atau berhenti.



Gambar diatas adalah Struktur popirin pembentuk klorofil *a*



Gambar diatas menunjukkan Struktur porfirin (warna kuning) dalam cytokrom b (Sumber gambar: <http://www.bio.miami.edu/~cmallery/255/255etc/mcb8.15.cytob.jpg>) atau disebut juga protoporfirin IX

Ppm adalah 'part per million' bisa dalam volume (ppm volume) atau massa/berat (ppm mass/weight), yaitu satuan kadar atau konsentrasi
 $\text{ppm} = \text{mg/L}$ (miligram per liter)
 $200 \text{ ppm} = 200 \text{ mg}$ zat terlarut dalam 1 liter pelarut (mis. pelarutnya air)

Reaksi hidroksilasi ^[7], Reaksi pembentukan senyawa radikal hidroksil ($\text{HO}\cdot$) sebagai hasil dari dekomposisi senyawa hidroksi peroksida (H_2O_2) dengan bantuan Fe^{2+} yang berperan sebagai inisiator dan katalisator reaksi. Radikal yang terbentuk bereaksi dengan cepat dalam lingkungan air. Produk ion Fe^{2+} merupakan katalis pada dekomposisi hidrogen peroksida menjadi oksigen dan air. Radikal $\text{HO}\cdot$ mendorong pembentukan ion Fe^{3+} kembali.

Keberadaan senyawa organik, Fe^{2+} , pH rendah dan radikal $\text{HO}\cdot$ dapat menyerang senyawa aromatik atau senyawa heterosiklik yang bersifat xenobiotiks, yaitu bahan-bahan toksik yang berasal dari dalam dan luar sel. Mereka juga dapat memutus atom hidrogen, kemudian memicu rantai reaksi oksidasi radikal. Oksigen yang dihasilkan memicu lingkungan sel bersifat oksidatif, Fe^{3+} kembali terbentuk.

Dalam sel hidup, hidroksilasi terjadi dalam Retikulum Endoplasma dengan bantuan enzim sitokrom sebagai penyedia ion Fe^{2+} . Senyawa xenobiotiks, dimodifikasi secara kimia menjadi bahan yang bersifat hidrofilik sehingga lebih mudah disekresi. Bahan-bahan tersebut antara lain insektisida dan hasil-hasil petroleum. Dengan adanya sitokrom, Retikulum Endoplasma mampu melakukan detoksifikasi senyawa-senyawa toksik yang terdapat didalam sel.

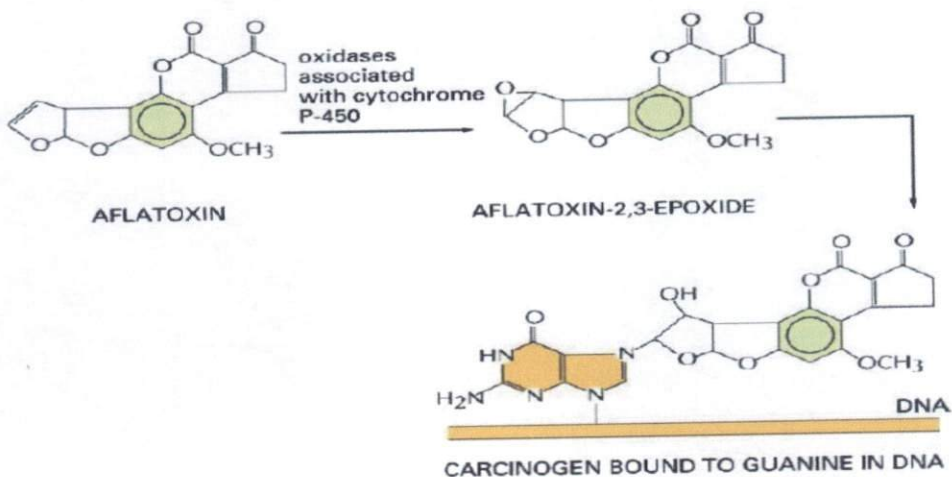


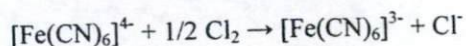
Figure 23-18. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Redoks (singkatan dari reaksi reduksi/oksidasi) adalah istilah yang menjelaskan berubahnya bilangan oksidasi (keadaan oksidasi) atom-atom dalam sebuah reaksi kimia

- **Oksidasi** menjelaskan *pelepasan* elektron oleh sebuah molekul, atom, atau ion
- **Reduksi** menjelaskan *penambahan* elektron oleh sebuah molekul, atom, atau ion.

Nilai redoks adalah suasana oksidasi-reduksi tanah yang berkaitan dengan ketersediaan atau ketidaktersediaan oksigen di dalam tanah.

Reduktan adalah sebuah agen pereduksi (disebut sebagai **reduktan** atau **reduser**) pada elemen atau senyawa dalam sebuah reaksi redoks menjadi bentuk lain yang tereduksi. Reduktan teroksidasi (*oxidized*), dan karena itulah dia menjadi penyumbang (donor) elektron dalam reaksi redoks. Contohnya sebagai berikut:



Agen pereduksi adalah ferrosianida: penyumbang elektron, menjadi ferrisianida, bersamaan dengan reduksi klorin menjadi klorida

Reklamasi ^[5] konversi dari gurun menjadi tanah yang sesuai untuk penggunaan tempat budidaya

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam dalam tanah.

Sitokrom-sitokrom pada dasarnya adalah membran yang berikatan dengan hemoprotein yang terdiri dari grup heme dan berperan dalam elektron transport.

Mereka terdiri dari 2 bentuk sebagai protein monomeric (contohnya sitokrom c) atau bagian dari kompleks enzimatis besar yang mengkatalis reaksi redoks. Mereka di temukan dalam membran dalam mitokondria dan retikulum endoplasma dari eukariotik, dalam kloroplas tanaman, dalam mikroorganisme fotosintetik dan dalam bakteri.

Tanah alkalin, tanah yang mengandung hidroksida sehingga bersifat basa

Varietas (arti botani)

Secara botani, *varietas* adalah suatu populasi tanaman dalam satu spesies yang menunjukkan ciri berbeda yang jelas. Penulisan namanya dicetak miring (atau digaris bawah jika tulisan tangan) dan didahului dengan singkatan "var." Contoh: *Oryza sativa* var. *indica*.

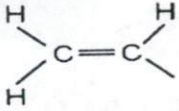
Dalam taksonomi tumbuhan, spesies merupakan unit terkecil dalam hierarki klasifikasi. Semua anggota spesies yang sama dapat secara alamiah saling kawin dan menghasilkan keturunan. Namun demikian, untuk sejumlah spesies tertentu terdapat variasi yang sangat jelas di dalamnya. Untuk itu dibuat sejumlah takson infraspecies (di bawah spesies). Aturan dan definisi mengenai taksonomi tumbuhan ditentukan dalam "Aturan Internasional bagi Tatanama Botani" (*International Code of Botanical Nomenclature, ICBN*). Pengertian varietas semacam ini dipakai oleh ahli taksonomi tumbuhan agar tidak terjadi ambiguitas dalam pengelompokan suatu populasi sejenis. Taksonomi hewan hanya mengenal subspecies sebagai takson di bawah spesies.

Varietas (arti agronomi)

Dalam pertanian, *varietas* adalah sinonim bagi **kultivar**, yang batasan dan penamaannya diatur dalam "Aturan Internasional bagi Tatanama Tanaman Budidaya" (*International Code of Nomenclature for Cultivated Plants, ICNCP*). Kultivar (Inggris *cultivar*, dari *cultivated variety*) merupakan pengelompokan dasar ("culton", dari *cultivated plant taxon*) bagi tanaman budidaya, dan diciptakan oleh L.H. Bailey pada tahun 1923.

Vinil, Senyawa vinil adalah apapun senyawa organik yang terdiri dari sebuah gugus vinil (yang juga disebut etenil), $-\text{CH}=\text{CH}_2$. Etenil merupakan turunan dari etena, $\text{CH}_2=\text{CH}_2$, dengan satu atom hidrogen digantikan dengan beberapa gugus yang lain.

Sebuah frase yang berhubungan dengan vinil adalah **vinylidene** yang merupakan residu dua-karbon berikatan-ganda dengan dua substituen, sebagai misal dalam 1,1-dikloroetena ("vinylidene klorida"). Struktur kimia gugus fungsi vinil ditunjukkan oleh gambar dibawah ini.



Gugus vinil membentuk bagian dari gugus alil dan terdapat pula di dalam semua akrilat. Sebagian besar alkena berisikan sekelompok vinil.

Gugus vinil bisa dipolimerisasi, membentuk sejumlah polimer vinil. Dalam polimer-polimer itu, ikatan ganda dari monomer vinil berubah menjadi ikatan tunggal dan berbagai monomer yang berbeda dihubungkan oleh ikatan tunggal. Hal ini merupakan salah satu contoh polimerisasi adisi. Tidak terdapat satupun gugus vinil dalam polimer yang dihasilkan. Penting pula untuk memastikan ketidakberadaan monomer vinil yang tak bereaksi dalam produk akhir saat monomer merupakan toksik atau mengurangi kinerja plastik.

Sumber:

- [1] http://www.dasar2ilmutanah.blogspot.com/2009/06/pengelolaan-kesuburan-tanah-pada-lahan_4838.html
- [2] <http://www.kmit.faperta.ugm.ac.id/Artikel%20-%20Bahan%20Organik.html>
- [3] <http://www.peatociety.org>
- [4] <http://www.dict.org>
- [5] <http://www.id.w3dictionary.org/index.php?q=reklamasi>
- [6] http://www.crayonpedia.org/mw/Enzim_12.1
- [7] http://www.scribd.com/document_downloads/20536961?extension=pdf
- [tanpa tanda] <http://www.Wikipedia.org>