

ISSN 0853 - 0203

STT NO.1541/SK/DITJEN PPG/STT/1990



VISI

Volume 15

Nomor 1

Pebruari 2007

Tindak Tutur Permintaan Maaf dan Keluhan Mahasiswa Fakultas Ekonomi
Universitas HKBP Nommensen (Studi Kasus : Sosio Pragmatik)
Selviana Napitupulu

Hubungan *Price Earning Ratio* dengan Volume Perdagangan
Saham di Bursa Efek Jakarta
Eben Ezer Pakpahan

Pengaruh *Jigsaw* dan Jenis Kelamin terhadap Hasil Belajar
Pencemaran Lingkungan di Pematangsiantar
Pargaulan Siagian

Peran Lingkungan Bisnis, Strategi Manufaktur, dan Teknologi dalam
Meningkatkan Kinerja Operasional : Studi Empiris
pada Perusahaan Manufaktur di Indonesia
Lina Anatan

Implementation of Genetic Algorithm in Information
Access by Different Formulation
Poltak Sihombing

Aspek Tekno-Ekonomi Aplikasi Iradiasi Gamma dalam
Pengembangan Agroindustri Lada Nasional
Idrus Kadir

Analisa Manfaat *Liquid Octane Booster* dalam Penurunan
Emisi Gas Buang pada Motor Bakar Diesel
Richard A.M. Napitupulu dan Sibuk Ginting

Fenomena Toksisitas Besi pada Tanaman Padi Sawah yang
Di tanam pada Tanah Masam
Elisabeth Sri Pujiastuti

Majalah Ilmiah
Universitas HKBP Nommensen



VISI

Volume 15

Nomor 1

Pebruari 2007

<i>Selviana Napitupulu</i>	Tindak Tuter Permintaan Maaf dan Keluhan Mahasiswa Fakultas Ekonomi Universitas HKBP Nommensen (Studi Kasus : Sosio Pragmatik)	1 – 12
<i>Eben Ezer Pakpahan</i>	Hubungan <i>Price Earning Ratio</i> dengan Volume Perdagangan Saham di Bursa Efek Jakarta	13 – 19
<i>Pargaulan Siagian</i>	Pengaruh <i>Jigsaw</i> dan Jenis Kelamin terhadap Hasil Belajar Pencemaran Lingkungan di Pematangsiantar	20 – 31
<i>Lina Anatan</i>	Peran Lingkungan Bisnis, Strategi Manufaktur, dan Teknologi dalam Meningkatkan Kinerja Operasional : Studi Empiris pada Perusahaan Manufaktur di Indonesia	32 – 48
<i>Poltak Sihombing</i>	Implementation of Genetic Algorithm in Information Access by Different Formulation	49 – 60
<i>Idrus Kadir</i>	Aspek Tekno-Ekonomi Aplikasi Iradiasi Gamma dalam Pengembangan Agroindustri Lada Nasional	61 – 75
<i>Richard A.M. Napitupulu dan Sibuk Ginting</i>	Analisa Manfaat <i>Liquid Octane Booster</i> dalam Penurunan Emisi Gas Buang Pada Motor Bakar Diesel	76 – 85
<i>Elisabeth Sri Pujiastuti</i>	Fenomena Toksisitas Besi pada Tanaman Padi Sawah yang Di tanam pada Tanah Masam	86 - 96

FENOMENA TOKSISITAS BESI PADA TANAMAN PADI SAWAH YANG DITANAM PADA TANAH MASAM

Elisabeth Sri Pujiastuti

ABSTRACT

A desk research was conducted to study the phenomenon of iron toxicity in rice planted in acid wetland soils. Dry lands with high level of weathering that be converted to paddy land shows many problems; one of them is the iron toxicity that restrict the yield of rice. The iron toxicity in wetland rice emergences when rice is planted on soils with low pH, CEC and base saturation, high organic matter and bad drainage. Soil waterlogging will decrease the soil redox potential, and increase soil pH and ferrous form of iron. The most important chemical change happened while soil is waterlogged are the iron reduction (Fe^{3+} to Fe^{2+}) and the increasing iron solubility accompanying it.

The intermittence drainage can reduce the unwanted factors of waterlogged acid soils to rice growth and yield. The improving growth and yield of rice gets along with the ferrous iron decreasing accompanying the intermittence drainage. The drainage also improve the soil physical properties, such as the bulk density and the O_2 content, and soil biological and chemical properties, such as the decomposition of organic matter. When done properly, the intermittence drainage can increase the rice yield as much as 2 - 27 %, mostly 10 - 20 %.

Keyword: iron toxicity, acid soil, rice yield, waterlogging, intermittence drainage

1. PENDAHULUAN

Tanah kering dengan tingkat pelapukan lanjut yang pada umumnya ber-pH rendah dan mulai dibuka sebagai areal sawah menampilkan berbagai masalah. Salah satu masalah tersebut adalah meningkatnya kandungan besi ferro yang mencapai level meracun bagi padi yang diusahakan di atasnya. Hal tersebut karena proses reduksi yang menyertai penggenangan lahan sawah mengubah status oksidasi besi dari besi ferri menjadi besi ferro. Penggenangan tanah menyebabkan perubahan pada bentuk-bentuk besi tanah.

Padi yang ditanam pada lahan sawah semacam itu biasanya menunjukkan gejala keracunan besi, baik keracunan langsung maupun tidak langsung, dan memberikan hasil yang rendah. Keracunan besi mungkin merupakan faktor tunggal terpenting dalam membatasi hasil varietas-varietas padi baru di wilayah yang luas pada tanah-tanah tropis masam.

2. PEMBAHASAN

Pertumbuhan Padi di Tanah Tergenang Kaya Fe

Padi adalah satu-satunya tanaman pangan utama yang dapat ditanam pada tanah tergenang, karena kemampuannya untuk mengoksidasi rizosfer (Sanchez,

1976). Tanaman padi mempunyai sistem perakaran dangkal yang berguna untuk mendukung adaptasi dalam media tereduksi seperti tanah sawah. Akar nodal yang baru dengan daya oksidatif yang kuat berkembang bersama dengan pertumbuhan tanaman dan mengoksidasi rizosfer. Menurut Chen, Dixon dan Turner (1980), tanaman padi beradaptasi terhadap lingkungan tergenang dengan melepaskan oksigen dari akarnya untuk mengoksidasi rizosfer dan meminimalkan pengaruh toksik Fe ferro dan unsur tereduksi lainnya.

Bila suatu tanah digenangi, tanah berubah dari status teroksidasi menjadi tereduksi (Sanchez, 1976). Reduksi tanah sendiri tidak merusak tanaman padi, kecuali mungkin pada potensial <300 mV, dimana sulfida dihasilkan pada tingkat toksik (Patrick dan Mahapatra, 1968 dalam Sanchez, 1976). Tetapi, pengaruh tidak langsung dari reduksi tanah sangat penting bagi budidaya padi (Sanchez, 1976). Walaupun tanah biasa mengandung sejumlah besar besi, kebutuhan tanaman akan unsur tersebut kecil. Besi berhubungan dengan pembentukan klorofil, mempunyai peran katalitik dalam bentuk inorganik atau berkombinasi dengan senyawa organik sebagai komponen enzim redoks (*redoxenzymes*). (Dalam kultur tanah, penambahan 100 ppm besi tidak menunjukkan gejala keracunan).

Kebutuhan padi akan besi lebih tinggi daripada kebutuhan tanaman-tanaman lain. Tetapi, kelebihan besi larut bersifat toksik dan dapat menimbulkan pengaruh sekunder, seperti defisiensi P dan K karena menurunkan penyerapan unsur tersebut (Yoshida, 1981; De Datta, 1981). Bahkan menurut Wang dan Hagan (1981), keracunan besi mungkin merupakan faktor tunggal terpenting dalam membatasi hasil varietas-varietas padi baru di wilayah yang luas pada tanah-tanah tropis masam.

Toksisitas Fe merupakan salah satu faktor yang membatasi hasil padi pada Oxisol sangat masam di daerah tropis. Ultisol dan Oxisol yang sangat masam menghasilkan konsentrasi Fe^{2+} melebihi 300 ppm dalam beberapa minggu setelah penggenangan (Ponnamperuma, 1975). Hasil penelitian Pujiastuti (1995) pada Tabel 1 menguatkan hal tersebut.

Tabel 1. Kandungan Berbagai Bentuk Besi Tiga Jenis Tanah pada 40 Hari Setelah Tanam

Jenis Tanah	Fe (II)	Fe Aktif	Fe Oksida Amorf	Fe Kompleks Organik	Fe Bebas
	mg/100 g tanah		%		
Fluventic Humitropept Darmaga	765.98	1707.77	2.49	0.42	1.95
Typic Haplohumult Gajrug	719.79	1754.28	1.41	0.66	1.53
Typic Tropohumult Darmaga	196.01	1016.05	1.86	0.61	2.28

Selama pertanaman padi, meskipun tanah yang berada dalam kondisi tergenang mampu menyediakan hara bagi tanaman, tetapi ruang pori terisi air dan kandungan O_2 tanah menurun drastis. Pada saat yang sama, karena aktivitas biologis di dalam tanah, terjadi akumulasi CO_2 , H_2S , asam organik, Fe dan Mn

tereduksi dan lain-lain dalam jumlah besar, yang semuanya tidak menguntungkan dan kadang-kadang bersifat toksik terhadap pertumbuhan padi.

Menurut Jones, Wolf dan Mills (1991), besi dapat terakumulasi sampai beberapa ratus ppm tanpa gejala keracunan. Jika gejala keracunan muncul maka akan menghasilkan *bronzing* daun dengan spot-spot coklat pada daun, suatu gejala khas yang sering terjadi pada padi. Penyakit Mentek, menurut Ponnampereuma (1975), mungkin merupakan toksisitas Fe, yang gejalanya muncul jika konsentrasi Fe dalam larutan tanah >300 ppm. Di daerah rizosfer toksisitas besi ferro ditekan karena akar mengoksidasi bentuk besi tersebut menjadi senyawa besi ferri yang sedikit larut yang mengendap pada permukaan akar padi. Tetapi adanya penyelimutan besi di permukaan akar jika persentasenya besar dapat mempengaruhi pengambilan hara (Chen, *et al.*, 1980).

Ketidaknormalan hara (*nutritional disorder*) pada padi yang berhubungan dengan keracunan besi adalah *bronzing* di Srilangka (Ponnampereuma, *et al.*, 1955 dalam De Datta, 1981) dan *akagare Tipe I* di Jepang (Baba dan Tajima, 1960 dalam De Datta, 1981). Toksisitas besi ferro menghasilkan *oranging* atau *bronzing* pada daun tanaman. Gejala *oranging* berbeda dengan gejala *bronzing* yang merupakan toksisitas Fe langsung, dan dapat terjadi pada konsentrasi besi yang agak rendah di dalam larutan tanah, menghasilkan kandungan Fe yang rendah di dalam tanaman. Keperahan gejala *oranging* berbanding terbalik dengan kandungan P, K, Ca dan Mg pada daun (Howeler, 1973).

Gejala toksisitas besi dapat terlihat pada 1-2 minggu, atau tidak tampak lagi sampai 1-2 bulan setelah saat tanam. Menurut De Datta (1981), gejala toksisitas besi tampak sebagai berikut:

- spot coklat kecil pada daun yang lebih tua, mulai dari ujung daun dan menyebar menuju pusat (spot-spot umumnya bergabung pada tulang daun)
- daun biasanya tetap hijau
- pada kasus berat, seluruh daun menjadi coklat keuguan.

Perubahan Elektrokimia Tanah Akibat Penggenangan Tanah Masam yang Berakibat pada Keragaan Padi yang Buruk

Pertumbuhan padi yang buruk pada tanah-tanah sangat masam dan tergenang terkait erat dengan keracunan asam organik, CO₂, H₂S, besi dan aluminium larut, dan karena defisiensi P (Ponnampereuma *et al.*, 1973 dalam van Breemen, 1980). Ponnampereuma (1975) menegaskan bahwa pembatas hara mikro utama pada pertumbuhan tanaman padi di tanah-tanah tropis masam antara lain adalah toksisitas besi pada tanah-tanah tergenang (anaerob).

Dalam beberapa jam setelah digenangi, potensial redoks umumnya berada di bawah 0.2 V pada pH 7. Dalam keadaan tersebut Fe masuk ke larutan sebagai ion ferro. Penggenangan secara umum menurunkan potensial redoks (Eh) tanah, meningkatkan pH tanah mendekati nilai netral, dan meningkatkan kandungan berbagai bentuk besi. Tabel 2, 3, 4, dan 5 berturut-turut menunjukkan perubahan nilai pH dan kandungan berbagai bentuk Fe tiga jenis tanah yang digenangi (Pujiastuti, 1995).

Penurunan Fe larut yang cepat, setelah peningkatan pada awalnya, disebabkan oleh pembentukan $FeCO_3$, dan penurunan kedua diinterpretasikan sebagai pembentukan hidroksida Fe yang dikendalikan oleh pH (Beckwith, Tiller dan Suwadji, 1975). Menurut Allen dan Fanning (1983), mineral oksida besi yang mengandung Fe^{3+} tidak stabil di bawah lingkungan reduktif. Ion Fe^{2+} larut dapat ditranslokasi oleh pencucian atau difusi ke bagian tanah yang lain dimana Fe^{2+} larut dapat teroksidasi dan mengendap untuk membentuk konkresi atau becak, dan dapat tercuci keluar dari profil.

Perubahan kimia terpenting yang terjadi jika tanah digenangi adalah reduksi besi (Fe^{3+} menjadi Fe^{2+}) dan peningkatan kelarutan besi yang menyertai proses tersebut, karena dapat meningkatkan pH, meningkatkan ketersediaan P, dan mendesak kation-kation dari tapak pertukaran (Sanchez, 1976). Yoshida (1981) menyatakan bahwa konsentrasi besi dalam larutan tanah diatur oleh pH tanah, kandungan bahan organik, kandungan besi itu sendiri, dan lamanya penggenangan.

Tabel 2. Perubahan Nilai pH H_2O (1:2.5) Tiga Jenis Tanah Sejalan dengan Lamanya Penggenangan

Jenis Tanah	Waktu Pengukuran (hst)					
	-25	0	40	60	80	120
T1: Fluventic Humitropept Darmaga	4.96	5.76	5.70	5.13	5.53	5.65
T2: Typic Haplohumult Gajrug	3.63	4.52	4.20	4.63	5.25	5.41
T3: Typic Tropohumult Darmaga	4.16	5.01	6.00	5.79	5.56	5.83

Keterangan:

hst: hari setelah tanam

Tabel 3. Perubahan Kadar Besi Aktif Tiga Jenis Tanah Sejalan dengan Lamanya Penggenangan

Jenis Tanah	Waktu Pengukuran (hst)			
	-25	40	80	120
	mg/100 g tanah			
Fluventic Humitropept Darmaga	trace	1707.77	1784.51	2590.58
Typic Haplohumult Gajrug	trace	1754.28	1877.53	1630.59
Typic Tropohumult Darmaga	trace	1016.05	945.02	696.23

Keterangan:

hst: hari setelah tanam

Larutan Pengekstrak: Buffer asetat 1M pH 2.8

Tabel 4. Perubahan Kadar Besi Oksida Amorf Tiga Jenis Tanah Sejalan dengan Lamanya Penggenangan

Jenis Tanah	Waktu Pengukuran (hst)			
	-25	40	80	120
	%			
Fluventic Humitropept Darmaga	0.56	2.49	1.30	1.36
Typic Haplohumult Gajrug	0.41	1.41	0.77	0.76
Typic Tropohumult Darmaga	0.52	1.86	1.02	1.21

Keterangan:

hst: hari setelah tanam

Larutan Pengekstrak: Amonium oksalat asam 0.2 M

Tabel 5. Perubahan Kadar Besi Kompleks Organik Tiga Jenis Tanah Sejalan dengan Lamanya Penggenangan

Jenis Tanah	Waktu Pengukuran (hst)			
	-25	40	80	120
	%			
Fluventic Humitropept Darmaga	0.14	0.42	0.34	0.31
Typic Haplohumult Gajrug	0.29	0.66	0.59	0.58
Typic Tropohumult Darmaga	0.31	0.61	0.62	0.39

Keterangan:

hst: hari setelah tanam

Larutan Pengekstrak: Na-pirofosfat

Menurut Sanchez (1976), persentase besi bebas yang tereduksi dalam beberapa minggu penggenangan berkisar dari 5 sampai 50 %. Lebih banyak besi direduksi jika bentuk-bentuk teroksidasinya kurang kristalin (Ponnamperuma, 1972 dalam Sanchez, 1976). Tabel 6 menunjukkan perubahan kandungan besi bebas sejalan dengan waktu (Pujiastuti, 1995).

Dalam tanah tergenang, peningkatan Fe^{2+} tersedia dapat menimbulkan keracunan Fe pada padi (Jones *et al.*, 1991). Nilai kritis (toksik) besi baik di dalam larutan tanah maupun di dalam daun padi dilaporkan sebesar 300-500 ppm.

Jika tanah bersifat hidromorfik dan mengandung bahan-bahan yang dapat dimetabolisme, mikroflora pertama-tama mengkonsumsi oksigen tanah, lalu mereduksi Mn^{4+} menjadi Mn^{2+} , lalu Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} (Levy dan Toutain, 1982). Konsentrasi Fe^{2+} larutan tanah yang tertinggi umumnya terjadi dalam bulan pertama setelah penggenangan, dan diikuti oleh penurunan bertahap. Besarnya dan intensitas puncak tersebut beragam sesuai dengan sifat-sifat tanah (Sanchez, 1976).

Tabel 6. Kadar Besi Bebas Tiga Jenis Tanah Sejalan dengan Lamanya Penggenangan

Jenis Tanah	Waktu Pengukuran (hst)		
	40	80	120
	%		
Fluventic Humitropept Darmaga	1.95	0.55	0.49
Typic Haplohumult Gajrug	1.53	0.42	0.85
Typic Tropohumult Darmaga	2.28	0.54	0.22

Keterangan:

hst: hari setelah tanam

Larutan Pengekstrak: Ditionit sitrat

Besi bebas: Fe kristalin org + Fe oksida amorf + Fe kompleks organik

Menurut van Breemen (1980), kebanyakan tanah lahan basah hanya tergenang secara musiman. Jika tanaman yang ditanam selama penggenangan menderita karena kemasaman tanah yang tinggi, maka tanaman lahan kering yang ditanam di lahan yang sama setelah drainase umumnya kondisinya lebih buruk lagi. Hal tersebut karena terjadinya peningkatan kemasaman tanah setelah aerasi tanah.

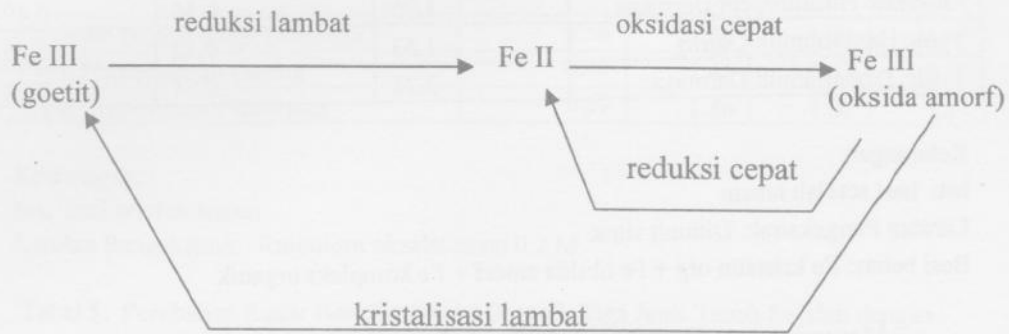
Pada tanah sawah yang tergenang terjadi penurunan potensial redoks setelah sekitar 3 minggu, menjadi sekitar +100 mV, disertai reduksi oksida ferri oleh bahan organik, sehingga ion ferro dan ferri sama-sama ada dalam larutan tanah (Young, 1976). Drainase (pengeringan tanah) dan aerasi memutar balik proses tersebut, sehingga kondisi kimia tanah-tanah tergenang secara periodik berfluktuasi (van Breemen, 1980). Aerasi menyebabkan oksidasi cepat dari Fe²⁺ yang dapat dipertukarkan dan yang larut, sedangkan bentuk-bentuk besi ferro yang tidak aktif teroksidasi secara relatif lambat (Motomura, 1969 dalam Moormann dan van Breemen, 1978). Reduksi dan oksidasi yang berganti-ganti menyebabkan penambahan senyawa-senyawa besi ferro di tanah-tanah permukaan yang tetap tidak teroksidasi sepanjang periode tidak ditanam (Mitsuchi, 1974 dalam Moormann dan van Breemen, 1978).

Sebagai hasil penggenangan dan drainase yang berganti-ganti, oksida ferri yang mudah tereduksi (seperti hidroksida besi amorf) cenderung meningkat pada tanah permukaan dibandingkan oksida besi yang lebih stabil (seperti goetit dan hematite). Mekanisme transformasi besi oksida kristalin di bawah penggenangan berkala digambarkan secara skematis pada Gambar 1. Kristalisasi goetit jauh lebih lambat daripada pembentukan oksida amorf pada kondisi tersebut (Moormann dan van Breemen, 1978).

Ciri-ciri Tanah Dimana Terjadi Toksisitas Besi

Ciri utama tanah mineral yang tergenang dimana toksisitas Fe terjadi adalah: pH rendah, KTK rendah, status basa rendah, suplai Mn rendah, kandungan

bahan organik tinggi dan drainase buruk. Pada tanah-tanah dengan ciri tersebut konsentrasi Fe >400 ppm dalam larutan tanah bertahan selama beberapa minggu. Jenis tanah yang digunakan oleh Pujiastuti (1995) dengan kandungan berbagai bentuk besi seperti pada Tabel 1 memiliki ciri-ciri demikian, yang ditunjukkan pada Tabel 7.



Gambar 1. Skema Transformasi Besi

Tabel 7. Ciri-ciri Kimia Tanah Fluventic Humitropept Darmaga, Typic Haplohumult Gajrug dan Typic Tropohumult Darmaga

No	Ciri Tanah	Jenis Tanah		
		Fluventic Humitropept Darmaga	Typic Haplohumult Gajrug	Typic Tropohumult Darmaga
1	pH (H ₂ O)	5.9	4.8	5.0
2	C-org (%)	0.74	2.47	1.23
3	KTK (me/100 g)	17.5	44.3	15.3
4	KB (%)	58.2	19.9	25.7
5	Fe (II) (me/100 g)	1.24	6.13	0.50

Toksistas besi dapat terjadi terutama pada tanah dengan pH rendah dan kandungan bahan organik tinggi (De Datta, 1981). Studi yang rinci di IRRI (Filipina) menerangkan bahwa perubahan Fe larut dalam air dipengaruhi oleh jenis tanah, bahan organik dan waktu penggenangan. Pengaruh jenis tanah dan lama penggenangan terhadap perubahan Fe (II) disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengaruh Jenis Tanah terhadap Perubahan Kadar Besi (II) Selama Digenangi (Pujiastuti, 1995)

Jenis Tanah	Waktu Pengukuran (hst)		
	40	80	120
	mg/100g tanah		
Fluentic Humitropept Darmaga	765.98	449.15	344.05
Typic Haplohumult Gajrug	719.79	667.26	550.94
Typic Tropohumult Darmaga	196.01	82.78	99.94

Keterangan:

hst: hari setelah tanam

Larutan Pengekstrak: Amonium asetat pH 4.8

Drainase Berkala Sebagai Upaya Mengatasi Toksisitas Besi

Padi yang ditanam pada lahan dengan sistem sawah-lahan kering menunjukkan keragaan yang lebih buruk daripada padi yang ditanam pada lahan dengan sistem sawah terus-menerus. Tetapi di lain pihak, drainase yang dilakukan secara periodik selama satu musim tanam padi diketahui dapat memperbaiki keragaan tanaman padi dan meningkatkan hasilnya.

Untuk menghilangkan faktor-faktor yang tidak diinginkan pada tanah masam yang tergenang, misalnya keracunan Fe, usaha yang paling efektif adalah drainase berkala (Yun, 1984). Petani biasanya melakukan tindakan pengeringan tanah pada fase-fase tertentu pertumbuhan tanaman padi.

Penelitian Pujiastuti (1995) menunjukkan bahwa drainase berkala secara nyata meningkatkan jumlah anakan produktif dan menurunkan persen gabah hampa, seperti disajikan pada Tabel 9.

Walaupun pengaruhnya tidak signifikan secara statistik, berbagai komponen pertumbuhan dan hasil padi juga diperbaiki dengan tindakan drainase berkala, seperti ditunjukkan pada Tabel 10 (Pujiastuti, 1995).

Tabel 9. Jumlah Anakan Produktif dan Persen Gabah Hampa Padi Sawah pada Dua Level Pengelolaan Air

Perlakuan Pengelolaan Air	Parameter Hasil Padi	
	Jumlah Anakan Produktif	Persen Gabah Hampa
Penggenangan Terus Menerus	8	20.34
Drainase Berkala	11	12.21

Tabel 10. Perbaikan Berbagai Komponen Pertumbuhan dan Hasil Padi Sawah oleh Tindakan Drainase Berkala

Perlakuan Pengelolaan Air	Parameter Hasil Padi						
	Bobot Gabah Basah (g)	Bobot Gabah Kering Isi (g)	Bobot Gabah Kering Hampa (g)	Bobot Kering Jerami (g)	Bobot Kering Akar (g)	Panjang Akar (cm)	Fe Total Tanaman (ppm)
Penggenangan Terus Menerus	12.03	6.47	1.09	12.00	2.33	29.13	531.76
Drainase Berkala	13.30	8.17	1.07	17.03	3.00	34.47	275.76

Akar mempunyai rataan panjang yang lebih besar di lahan yang dikeringkan daripada pada lahan tergenang. Huang (1982 dalam Yun, 1984) menunjukkan bahwa pada tahap pertumbuhan padi yang berbeda, proporsi akar yang berwarna putih, yakni akar yang paling aktif, selalu lebih tinggi pada kondisi berdrainase dibandingkan pada kondisi tergenang. Yang *et al.* (1978 dalam Yun, 1984) menyatakan bahwa di bawah kondisi berdrainase aktivitas akar 60 % lebih tinggi dibandingkan di bawah kondisi tergenang.

Perbaikan pertumbuhan tanaman padi seperti ditunjukkan pada Tabel 10 dan 11 juga sejalan dengan penurunan kandungan berbagai jenis besi tanah akibat tindakan drainase berkala, seperti disajikan pada Tabel 11 (Pujiastuti, 1995). Menurut Howeler (1973), keparahan toksisitas besi dapat ditekan antara lain dengan: drainase tengahan musim, penggenangan dan pengeringan tanah yang berganti-ganti, dan penggenangan dengan drainase internal.

Tabel 11. Kandungan Berbagai Bentuk Besi Tanah pada Dua Level Pengelolaan Air pada 40 Hari Setelah Tanam Padi

Perlakuan Pengelolaan Air	Fe (II)	Fe Aktif	Fe Oksida Amorf	Fe Kompleks Organik	Fe Bebas
	mg/100 g tanah		%		
Penggenangan Terus Menerus	560.59	1492.7	1.92	0.56	1.92
Drainase Berkala	163.15	566.6	1.40	0.45	1.66

Menurut Yun (1984), pengeringan tanah sawah meningkatkan kondisi aerasi tanah dan menunjang pertumbuhan padi (kerapatan isi tanah meningkat dari 1.0 menjadi 1.2 g/cm³, O₂ dalam tanah meningkat dari 5 menjadi 18 %). Di bawah rejim air yang baik, bahan organik tanah dapat memainkan peranan aktif dalam perbaikan sifat fisik tanah sawah. Kyuma (1983) menyatakan bahwa perubahan rejim kelembaban dari tergenang menjadi kering mengakibatkan kondisi menjadi buruk bagi mikroorganisme patogenik sehingga penyakit yang terbawa oleh tanah tidak berkembang. Pengeringan lahan sawah, jika ditangani dengan selayaknya, akan meningkatkan hasil yang beragam dari 2 sampai 27 %, dan kebanyakan sekitar 10 - 20 % (Yun, 1984).

3. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari tulisan ini adalah:

1. Keracunan besi merupakan faktor penting dalam membatasi pertumbuhan dan hasil padi pada tanah-tanah tropis masam.
2. Penggenangan secara umum menurunkan potensial redoks (Eh) tanah, meningkatkan pH tanah mendekati nilai netral, dan meningkatkan kandungan berbagai bentuk besi. Perubahan kimia terpenting yang terjadi jika tanah digenangi adalah reduksi besi (Fe^{3+} menjadi Fe^{2+}) dan peningkatan kelarutan besi yang menyertai proses tersebut.
3. Pertumbuhan padi yang buruk pada tanah-tanah sangat masam dan tergenang terkait erat dengan keracunan asam organik, CO_2 , H_2S , besi dan aluminium larut, dan karena defisiensi P
4. Untuk menghilangkan faktor-faktor yang tidak diinginkan pada tanah masam yang tergenang, misalnya keracunan Fe, usaha yang paling efektif adalah drainase berkala
5. Pertumbuhan dan hasil padi diperbaiki dengan tindakan drainase berkala dan sejalan dengan penurunan kandungan berbagai jenis besi tanah sawah akibat tindakan drainase berkala tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, B. L. dan D. S. Fanning. 1983. Composition and soil genesis, p. 141 – 192. In: Wilding, L. P., N. E. Smeck dan G. F. Hall (Eds.). *Pedogenesis and Soil Taxonomy: I. Concepts and Interactions*. Elsevier. Amsterdam.
- Beckwith, R. S., K. G. Tiller dan E. Suwadi. 1975. The effect of flooding on availability of trace metals to rice in soils of differing organic matter, p. 135 – 150. In: Nicholas, D. J. D. dan A. R. Egan (Eds.). *Trace Elements in Soil-Plant-Animal System*. Academic Press, Inc. New York.
- Bouma, J. 1983. Hydrology and soil genesis of soils with aquic moisture regimes, p. 253 – 281. In: Wilding, L. P., N. E. Smeck dan G. F. Hall (Eds.). *Pedogenesis and Soil Taxonomy: I. Concepts and Interactions*. Elsevier. Amsterdam.
- Chen, C.C., J.B. Dixon dan F.T. Turner. 1980. Iron coatings on rice roots: mineralogy and quantity influencing factors. *Soil. Sci. Am. J.* 44: 635 – 639.
- De Datta, S. K. 1981. *Principles and Practices of Rice Production*. John Wiley and Sons, Inc. New York. 618p.
- Howeler, R. H. 1973. Iron-induced orange diseases of rice in relation to physico-chemical changes in a flooded Oxisol. *Soil Sci. Am. J.* 37: 898 – 903.

- Jones, Jr., J. B., B. Wolf dan H. A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing, Inc. Athens. 213p.
- Kyuma, K. 1983. Productivity of lowland soils, p. 421 – 440. In: IRRI (Ed.). *Soils and Rice*. IRRI. Los Banos.
- Levy, G. dan F. Toutain. 1982. Aeration and redox phenomena in soils, p. 355 – 366. In: Bonneau, M. dan B. Soucier (Eds.). *Constituents and Properties of Soils*. Academic Press, Inc. New York.
- Moorman, F. R. dan N. van Breemen. 1978. *Rice: Soil, Water, Land*. IRRI. Los Banos. 185p.
- Ponnamperuma, F. R. 1975. Micronutrient limitation in acid tropical soils, p. 330 – 347. In: Bornemisza, E. dan A. Alvarado. (Eds.). *Soil Management in Tropical America*. North Carolina State University. Raleigh.
- Pujiastuti, E. S. 1995. Bentuk-bentuk Besi dalam Tanah yang Disawahkan pada Dua Tingkat Pengelolaan Air dan Pengaruhnya terhadap Tanaman Padi. *Tesis*. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sanchez, P. A. 1976. *Properties and Management of Soils in the Tropics*. John Wiley and Sons. New York.
- van Breemen, N. Acidity of wetland soils, including Histosols, as a constraint to food production, p. 189 – 202. In: IRRI (Ed.). *Priorities for Alleviating Soil-Related Constraints to Food Production in the Tropics*. IRRI. Los Banos.
- Wang, J. K. dan R. E. Hagan. 1981. *Irrigated Rice Production System: Design Procedures*. Westview Press. Boulder. 300 p.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of Rice Crop Science*. IRRI. Los Banos. 269p.
- Yun, S. C. 1984. Effects of drainage on the characteristics of paddy soils in China, p.417 – 427. In: IRRI (Ed.). *Organic Matter and Rice*. IRRI. Los Banos.