PENGARUH DRAINASE TERPUTUS DAN PEMUPUKAN TERHADAP pH, Eh, Fe, DAN Mn PADA SAWAH BARU DI ULTISOL BANDAR ABUNG (LAMPUNG) DAN TAPIN (KALSEL)

Effect of Intermittent Drainage and Fertilization on pH, Eh, Fe, and Mn at New Paddy Soil in Ultisols of Bandar Abung (Lampung) and Tapin (South Kalimantan)

Dedi Nursyamsi dan Mangku E. Suryadi

Laboratory of Soil Chemistry, Center for Soil and Agroclimate Research
Jl. Ir. H. Juanda 98, Bogor 16123

Abstract

To study the effect of intermittent drainage and fertilization on new paddy soil of pH, Eh, Fe, and Mn, laboratory experiment was conducted using Ultisol of Bandar Abung, Larnpung and Tapin, South Kalimantan. Experiment was carried out using Completely Randomized Block Design with 5 treatments and 3 replications. The treatments consist of control, organic matter (rice straw) 5,000 kg/ha, K_2SO_4 100 kg/ha, dolomite 500 kg/ha and intermittent drainage. In the drainage treatment the soil was drained on the 3rd, 5th, 7th, 12th, 14th, and 16th week for 7 days respectively. The results showed that intermittent drainage did not affect soil pH, increased soil Eh, decreased soil and water Fe II, and concentration of Mn II in flooded water in both Ultisols of Bandar Abung and Tapin. Organic matter did not affect soil pH, decreased soil Eh, increased soil and water Fe II and concentrattion of Mn II in flooded water in both Ultisols of Bandar Abung and Tapin. The higher the soil Fe dithionit and DTPA in the soils caused higher risk in Fe toxicity.

Key words : intermittent drainage, fertilization, Fe II, new paddy soil, Ultisols

PENDAHULUAN

Upaya untuk memacu produksi beras nasional dapat dilakukan diantaranya dengan membuka lahan sawah baru di luar Jawa. Potensi lahan di luar Jawa untuk dikembangkan menjadi areal padi sawah cukup besar, yaitu sekitar 32.358.086 Ha (Puslittanak, 1993; Siswanto *et al.*, 1993).

Namun demikian perluasan lahan pertanian umumnya diarahkan ke tanah-tanah marginal seperti tanah Podzolik (Ultisols/Oxisols). Kendala yang muncul apabila tanah tersebut dibuka menjadi lahan sawah baru diantaranya adalah kesuburan tanah rendah dan adanya perubahan kimia dan elektrokimia yang merugikan tanaman akibat penggenangan.

Kendala yang menyebabkan kesuburan tanah rendah diantaranya adalah : (1) kadar C-organik rendah, (2) konsentrasi toksik dari Al, Fe, dan Mn, dan (3) kekahatan Ca, Mg, dan K (Widjaja-Adhi, 1985). Pada tanah tergenang terjadi perubahan kimia dan elektrokimia yang dapat merugikan perturnbuhan tanaman. Perubahan tersebut diantaranya adalah : (1) turunnya potensial redoks dan (2) reduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+}, dan Mn^{4+} menjadi Mn^{2+} yang dapat meracuni tanaman (Ismunadji dan Roechan, 1988). Dengan demikian maka pemberian bahan organik, kapur, pupuk K, dan penanggulangan turunnya potensial redoks yang merugikan pertumbuhan tanaman memegang peranan penting dalam pengelolaan tanah sawah baru.

Keracunan besi pada lahan sawah bukaan baru mengakibatkan produksinya rendah atau bahkan tanaman gagal berproduksi. Hasil penelitian Yusuf *et al.* (1990) pada tanah Oxisol Sitiung menunjukkan bahwa penggenangan menyebabkan konsentrasi Fe dan Mn yang larut dalam air meningkat drastis, serapan tanaman padi terhadap kedua unsur tersebut juga meningkat dan daun memperlihatkan gejala klorosis. Keadaannya jauh lebih parah pada pH yang lebih rendah. Nilai kritis (nilai toksik) untuk Fe di dalam larutan tanah dan Fe di dalam daun padi adalah 300-500 ppm

Nursyamsi, D., M.E. Suryadi. 2000. Pengaruh drainase terputus dan pemupukan terhadap pH, Eh, Fe dan Mn pada sawah baru di Ultisol Bandar Abung (Lampung) dan Tapin (Kalsel). J.Il.Tan.Lingk. 3(2): 8-17.

(Howeler, 1973). Sedangkan nilai toksik untuk Mn sekitar 15-60 ppm di dalam tanah dan 100 ppm di dalam daun (Black, 1968).

Pengairan dengan drainase terputus banyak dilaporkan dapat menanggulangi keracunan Fe pada lahan sawah bukaan baru. Perlakuan drainase terputus pada Oxisol Sitiung dapat mengurangi laju reduksi Fe dan Mn sehingga kelarutan Fe II dan Mn II yang dapat meracuni tanaman dapat ditekan (Yusuf *et al.*, 1990). Pujiastuti *et al.* (1995) juga melaporkan bahwa penggenangan berkala pada Ultisol Gajrug dan Darmaga serta Inceptisol Darmaga menurunkan kandungan besi tanah, tingkat keparahan gejala *bronzing*, serapan Fe-total tanaman dan memperbaiki pertumbuhan serta hasil tanaman padi. Namun demikian aplikasi perlakuan drainase terputus di lapang harus hati-hati karena disamping unsur beracun (Fe dan Mn) terbuang, juga hara yang berguna bagi tanaman (N, K, Ca, dan Mg) ikut terbuang (Widowati *et al.*, 1997).

Bertitik tolak dari pemikiran di atas penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh perlakuan drainase terputus dan pemupukan (pemberian bahan organik jerami padi, pupuk K, dan dolomit) terhadap pH dan Eh tanah, Fe II tanah dan air serta kadar Mn^{2+} air genangan pada lahan sawah baru di Ultisol Bandar Abung, Lampung dan Tapin, Kalimantan Selatan.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di laboratorium Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor mulai bulan Juli 1996 sampai Maret 1997 dengan menggunakan contoh tanah Ultisol yang diambil dari lahan sawah baru di Bandar Abung, Lampung dan Tapin, Kalimantan Selatan. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan terdiri atas : (1) kontrol, (2) bahan organik jerami padi 5.000, (3) pupuk K (K_2SO_4) 100, dan (4) dolomit 500 kg/ha (tanah diinkubasi dengan kondisi tergenang terus), serta (5) drainase terputus (tanah diinkubasi dengan kondisi tergenang diselingi macak-macak).

Contoh tanah bulk dikeringanginkan di rumah kaca dengan cara tanah diletakkan di atas tikar plastik, tanah diratakan dan dibolak-balik agar pengeringan merata, dan dibiarkan selama 3 hari. Selanjutnya tanah diayak dan dimasukkan ke dalam pot plastik masing-masing 1 kg. Pupuk diberikan dalam bentuk larutan kecuali bahan organik jerami padi dihaluskan dan dikomposkan kemudian dicampurkan dengan tanah sampai homogen. Selanjutnya tanah digenangi terus menerus selama 16 minggu oleh air bebas ion dan air genangan dipertahankan setinggi 3 cm. Khusus pada perlakuan drainase terputus, bagian dasar pot dihubungkan dengan selang yang diberi keran. Selanjutnya air didrainase melalui keran hingga kondisi tanah macak-macak pada minggu ke-3, 5, 7, 12, 14, dan 16 masing-masing dibiarkan selama 1 minggu.

Pengukuran terhadap parameter : pH, Eh, dan kadar Fe^{2+} (Fe II) tanah, serta kadar Fe II dan Mn^{2+} (Mn II) air dilakukan pada 4, 7, 10, 14, 21, 28, 42, 56, dan 112 hari setelah penggenangan (inkubasi). Pengukuran pH dan Eh tanah dilakukan langsung terhadap contoh tanah di dalam pot dengan menggunakan pH-meter dan Eh-meter. Contoh tanah diambil sekitar 1 gram, dikocok dengan pengekstrak air (tanah : air = 1 : 5) selama 1 jam. Hidroksilamina-HCl 5 % ditambahkan ke dalam contoh setelah suspensi tanah disaring dengan kertas saring, lalu dikocok, dan kadar Fe II tanah terkestrak air ditetapkan dengan cara *colorimetry*. Air genangan diperkolasikan dan ditampung untuk analisis Fe II dan Mn II. Contoh air disaring, lalu kadar Fe II ditetapkan dengan cara yang sama dengan contoh tanah. Selanjutnya kadar Mn II air ditetapkan pula dengan *atomic absorption spectrophotometry*.

Kadar Fe kedua tanah tersebut relatif tinggi, yakni kadar Fe-dithionit 0,37 % pada tanah Ultisol Bandar Abung dan 0,60% pada Ultisol Tapin. Kadar Fe dan Mn-DTPA Ultisol Tapin jauh lebih tinggi dibandingkan Ultisol Bandar Abung, yakni berturut-turut 421 ppm dan 13 ppm pada Ultisol Tapin dan hanya 0,97 dan 1,13 ppm pada Ultisol Bandar Abung (Tabel 1). Dengan demikian apabila lahan disawahkan, risiko keracunan Fe atau Mn pada Ultisol Tapin lebih besar daripada Ultisol Bandar Abung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH tanah

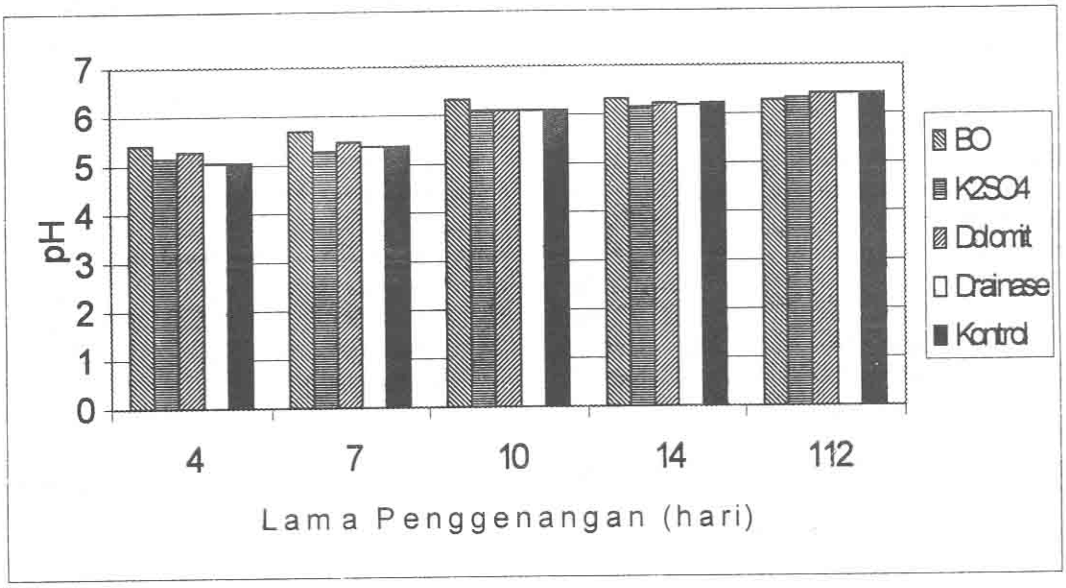
Pada Ultisol Bandar Abung, penggenangan (inkubasi) sampai dengan 21 hari menyebabkan pH tanah meningkat dari 5 sampai sekitar 6.4 dan pada penggenangan yang lebih lama pH tanah relatif konstan. Perlakuan drainase terputus, bahan organik jerami (BO), dan K_2SO_4 tidak berpengaruh

Tabel 1. Sifat-sifat tanah lapisan atas (0-20 cm) dari tanah Ultisol Bandar Abung, Lampung dan Ultisol Tapin, Kalimantan Selatan

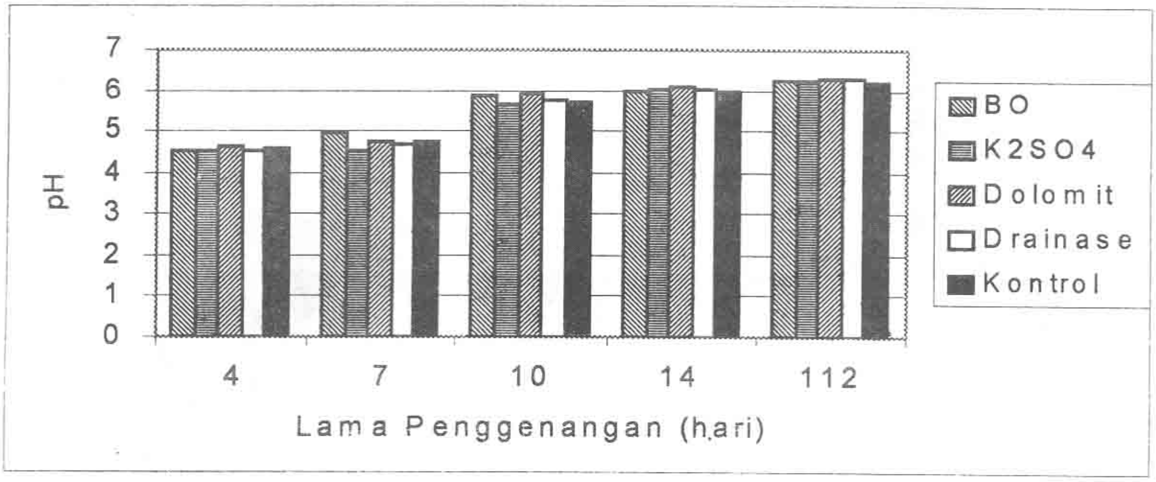
Sifat tanah	Bandar Abung	Tapin	Metode/ekstraktan
pH H_2O	5,2	4,7	pH meter
Bahan organik			
C (%)	1,60	1,46	Kurmies
N (%)	0,16	0,11	Kjedahl
C/N	10	14	
P_2O_5 (mg/100g)	40	19	HCl 25 %
K_2O (mg/100g)	7	5	HCl 25 %
Nilai tukar kation			NH_4OAc pH 7,0
Ca (m.e./100g)	2,23	0,99	
Mg (m.e./100g)	0,52	0,15	
K (m.e./100g)	0,10	0,05	
KTK (m.e./100g)	8,91	5,11	NH_4OAc pH 7,0
Unsur mikro			DTPA
Fe (ppm)	0,97	421,11	
Mn (ppm)	1,13	13,26	
Fe bebas (%)	0,37	0,60	Dithionit

terhadap pH tanah. Namun demikian peningkatan pH karena penggenangan pada perlakuan bahan organik relatif lebih cepat dibandingkan pada perlakuan lain (Gambar 1).

Seperti halnya Ultisol Bandar Abung, pada Ultisol Tapin, penggenangan sampai dengan 28 hari menyebabkan pH meningkat dari 4,5 sampai 6,4 dan setelah itu pH tanah relatif konstan. Perlakuan drainase terputus dan pemberian K_2SO_4 tidak berpengaruh terhadap pH tanah. Namun demikian peningkatan pH karena penggenangan pada perlakuan bahan organik dan dolomit, masing-masing relatip lebih cepat dibandingkan pada perlakuan lain (Gambar 2).



Gambar 1. Pengaruh drainase terputus dan pemupukan terhadap pH tanah Ultisol Bandar Abung



Gambar 2. Pengaruh drainase terputus dan pemupukan terhadap pH tanah Ultisol Tapin

Eh tanah

Pada Ultisol Bandar Abung, nilai Eh tanah pada perlakuan drainase terputus cenderung lebih tinggi dibanding kontrol pada penggenangan mulai 21 - 112 hari. Sampai dengan penggenangan 14 hari, perlakuan bahan organik menyebabkan Eh tanah menurun atau nilai Eh lebih rendah dibanding kontrol. Selanjutnya pada hari ke-21 dan ke-28, nilai Eh pada perlakuan bahan organik lebih tinggi dan mulai hari ke-42 sampai dengan ke-112 lebih rendah lagi. Pengaruh perlakuan K_2SO_4 dan dolomit terhadap Eh tanah relatif tidak konsisten (Gambar 3).

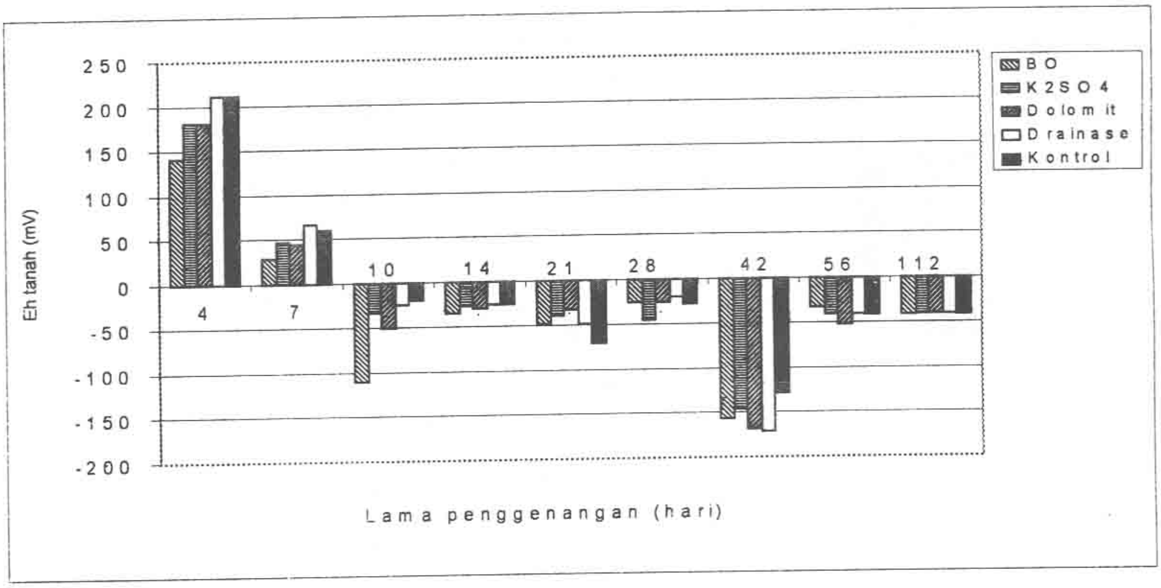
Pada Ultisol Tapin, nilai Eh tanah pada perlakuan drainase terputus cenderung lebih tinggi dibanding kontrol pada penggenangan mulai 21 hari sampai dengan 112 hari. Perlakuan bahan organik menyebabkan Eh tanah turun pada lama penggenangan sampai dengan 14 hari. Selanjutnya nilai Eh tanah turun lagi akibat perlakuan bahan organik pada lama penggenangan 42 hari. Perlakuan K_2SO_4 dan dolomit menurunkan Eh tanah pada lama penggenangan 4, 7, 10, 14 dan 42 hari meningkatkan Eh tanah pada lama penggenangan lainnya (Gambar 4).

Pada saat air didrainasekan udara bebas yang banyak mengandung oksigen masuk ke dalam tanah sehingga konsentrasi oksigen dalam larutan tanah meningkat. Peningkatan konsentrasi oksigen menyebabkan kondisi larutan tanah lebih oksidatif sehingga nilai Eh tanah pada perlakuan drainase terputus sedikit lebih tinggi dibanding kontrol baik pada Ultisol Bandar Abung maupun Ultisol Tapin.

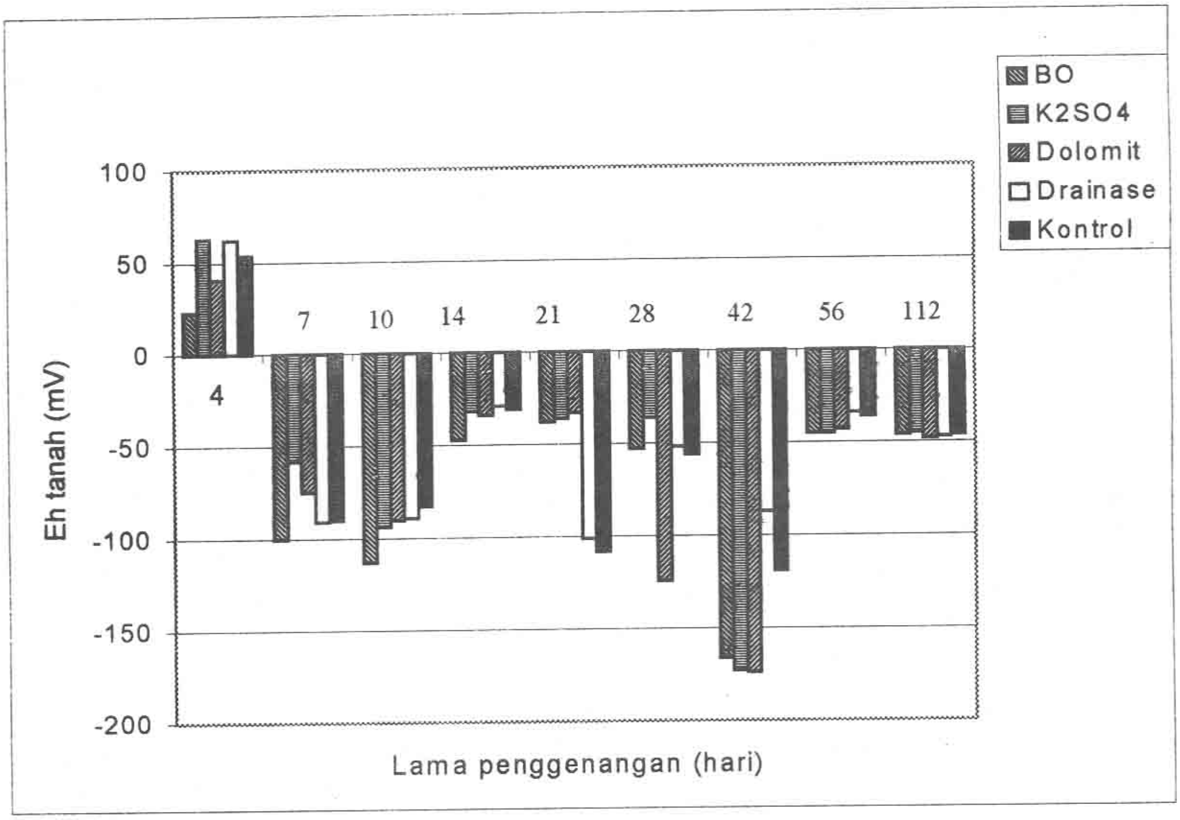
Laju penurunan Eh dapat distimulasi oleh bahan organik tanah sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah. Proses respirasi mikroorganisme mengkonsumsi oksigen yang terdapat di dalam larutan tanah sehingga konsentrasi oksigen dalam larutan tanah menipis (Sposito, 1989). Disamping itu, proses respirasi mikroorganisme menghasilkan elektron sehingga kondisi larutan tanah semakin reduktif yang akhirnya menyebabkan Eh tanah menurun (Sulaeman *et al.*, 1997) baik pada Ultisol Bandar Abung maupun Ultisol Tapin.

Fe II tanah dan air

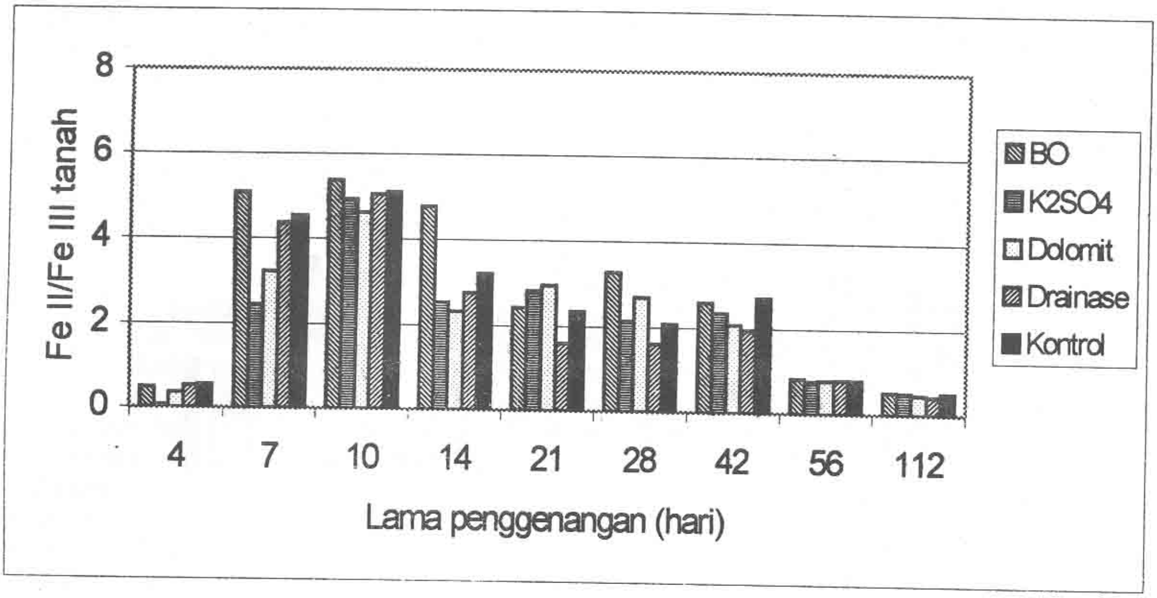
Kadar Fe II di dalam tanah (Gambar 5 dan 6) jauh lebih besar dibandingkan di dalam air genangan (Gambar 7 dan 8). Fe II tanah umumnya > 500 ppm sedangkan Fe II air < 40 ppm baik pada Ultisol Bandar Abung maupun Tapin. Lapisan air genangan lebih oksidatif dibandingkan dengan lapisan tanah karena langsung kontak dengan udara bebas. Dengan demikian kadar kation Fe III lebih tinggi daripada kadar kation Fe II dalam air genangan. Hal sebaliknya terjadi pada lapisan tanah dimana kadar kation Fe II lebih tinggi daripada kation Fe III. Kadar Fe II tanah setelah penggenangan lebih dari 10 hari pada kedua tanah yang diteliti berkisar antara 500-2000 ppm (Gambar 5 dan 6). Nilai ini melebihi batas toksik yang dikemukakan oleh Howeler (1973), yakni 300-500 ppm. Dengan demikian tanaman



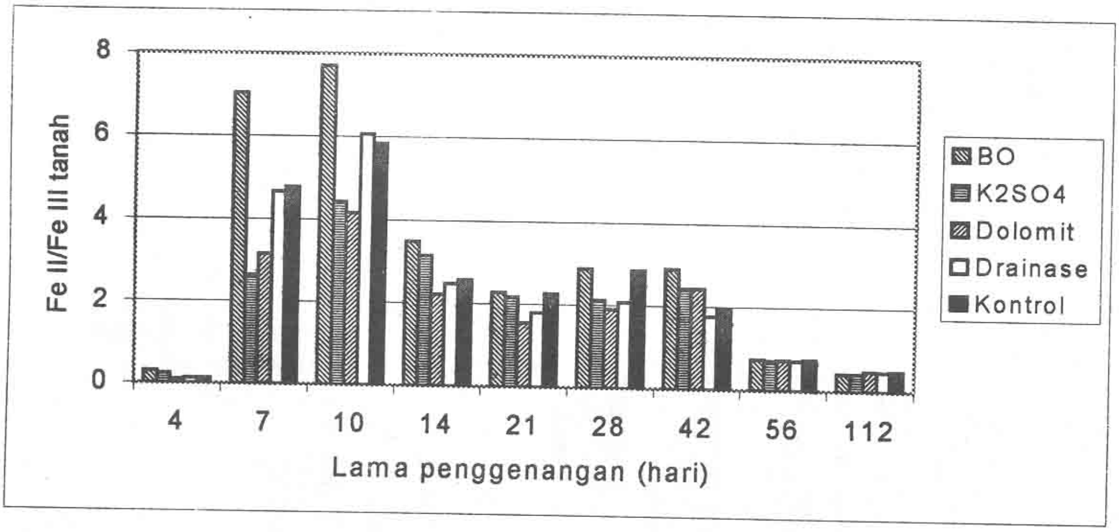
Gambar 3. Pengaruh drainase terputus dan pemupukan terhadap Eh tanah Ultisol Bandar Abung



Gambar 4. Pengaruh drainase terputus dan pemupukan terhadap Eh tanah Ultisol Tapin



Gambar 5. Pengaruh drainase terputus dan pemupukan terhadap Fe II/Fe III tanah Ultisol Bandar Abung

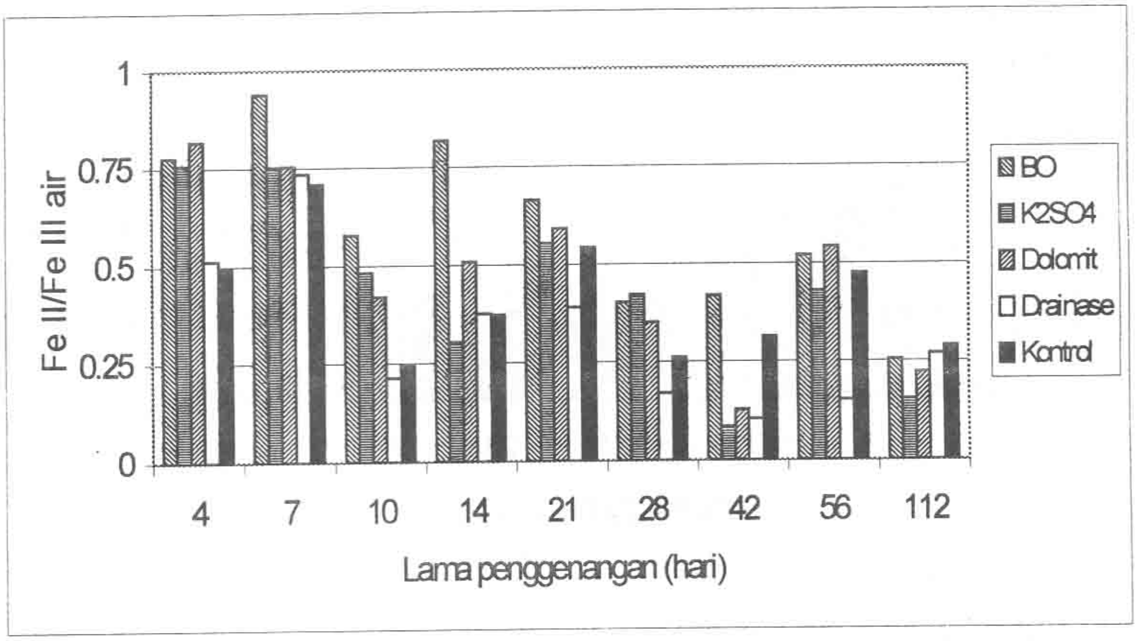


Gambar 6. Pengaruh drainase terputus dan pemupukan terhadap Fe II/Fe III tanah Ultisol Tapin

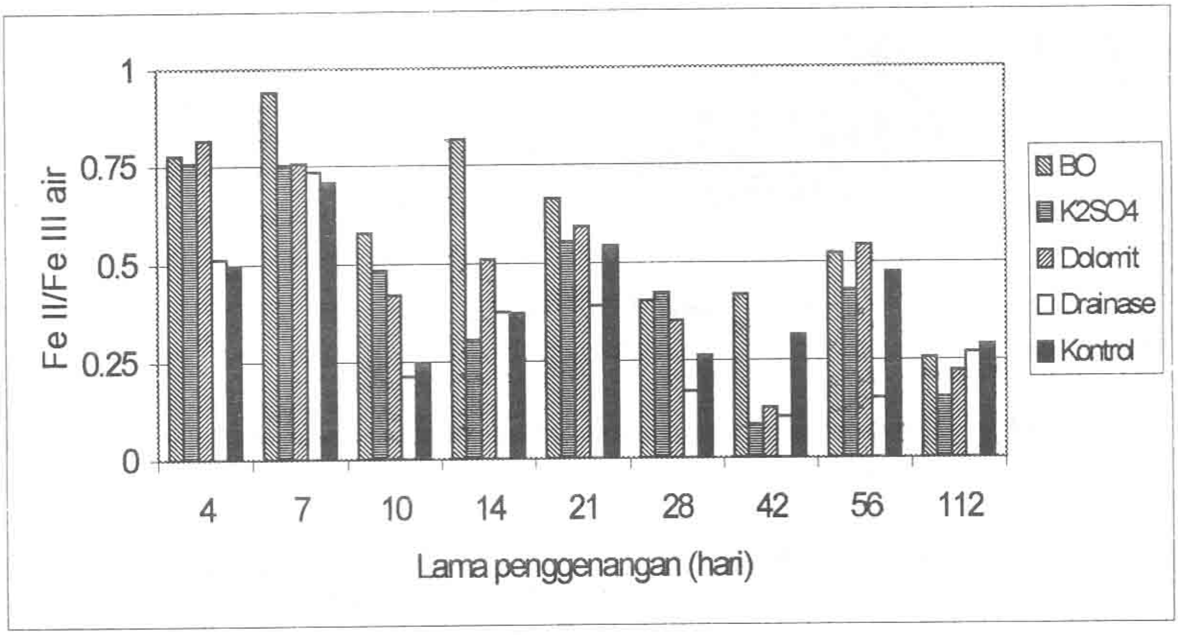
padi pada kedua tanah ini berpotensi untuk mengalami keracunan besi.

Pada Ultisol Bandar Abung, perlakuan drainase terputus menyebabkan Fe II tanah (Gambar 5) dan Fe II air (Gambar 7) turun pada penggenangan 21 - 112 hari. Pemberian bahan organik menaikkan Fe II tanah pada penggenangan 7-112 hari dan menaikkan Fe II air pada penggenangan 7-42 hari. Pemberian K_2SO_4 dan dolomit menurunkan Fe II tanah pada penggenangan 4, 7 dan 14 hari dan juga menurunkan Fe II air pada penggenangan 7, 10, 14, 28 dan 42 hari.

Seperti halnya pada Ultisol Bandar Abung, pada Ultisol Tapin, perlakuan drainase terputus juga menurunkan Fe II tanah (Gambar 6) dan Fe II air (Gambar 8) pada penggenangan 21-112 hari. Begitu pula pemberian bahan organik



Gambar 7. Pengaruh drainase terputus dan pemupukan terhadap Fe II/Fe III air di Ultisol Bandar Abung



Gambar 8. Pengaruh drainase terputus dan pemupukan terhadap Fe II/Fe III air di Ultisol Tapin

menaikkan Fe II tanah pada penggenangan 7-42 hari dan menaikan Fe II air pada penggenangan 4-112 hari. Pemberian K_2SO_4 dan dolomit masing-masing tidak berpengaruh jelas baik terhadap Fe II tanah maupun Fe II air. Namun demikian pada berbagai lama penggenangan, Fe II air (Gambar 7 dan 8) pada Ultisol Tapin lebih tinggi daripada Ultisol Bandar Abung.

Pada saat air didrainasekan, udara bebas yang banyak mengandung oksigen masuk ke dalam tanah sehingga konsentrasi oksigen di dalam tanah dan larutan tanah meningkat. Demikian pula saat tanah digenangi lagi menggunakan air genangan baru yang banyak mengandung oksigen. Peningkatan konsentrasi oksigen baik di dalam tanah maupun air genangan menyebabkan reaksi berjalan ke arah menghasilkan kation Fe III (oksidasi) atau setidak-tidaknya reaksi ke arah pembentukan kation Fe II (reduksi) dapat ditekan.

Demikian pula pada saat air didrainasekan ion-ion yang larut, termasuk Fe II ikut terbuang (contoh air drainase tidak dianalisis). Dengan demikian kemungkinan besar rendahnya Fe^{2+} pada perlakuan drainase terputus karena adanya pembuangan Fe^{2+}. Pujiastuti (1995) melaporkan bahwa penggenangan berkala menurunkan kadar bentuk-bentuk besi dalam tanah akibat aktivitas pencucian yang terjadi pada saat air dikeluarkan dari pot.

Bahan organik merupakan sumber energi untuk aktivitas mikroorganisme tanah. Telah dikemukakan bahwa pemberian bahan organik menyebabkan Eh tanah turun atau kondisi tanah dan air genangan semakin reduktif. Penurunan nilai Eh menyebabkan reaksi reduksi berjalan sehingga kadar kation Fe II meningkat baik dalam tanah maupun air genangan.

Kenaikan Fe II air akibat penggenangan pada Ultisol Tapin lebih tinggi dibandingkan Ultisol Bandar Abung (Gambar 7 dan 8). Kadar Fe-dithionit tanah Ultisol Tapin lebih tinggi daripada Ultisol Bandar Abung, yakni berturut-turut 60 % dan 0,37 %. Demikian pula Fe terekstrak DTPA tanah Ultisol Tapin lebih tinggi daripada Ultisol Bandar Abung, yakni berturut-turut 421 dan 0,97 ppm (Tabel 1). Melihat fenomena tersebut tampak bahwa risiko keracunan besi pada Ultisol Tapin lebih tinggi dibandingkan Ultisol Bandar Abung.

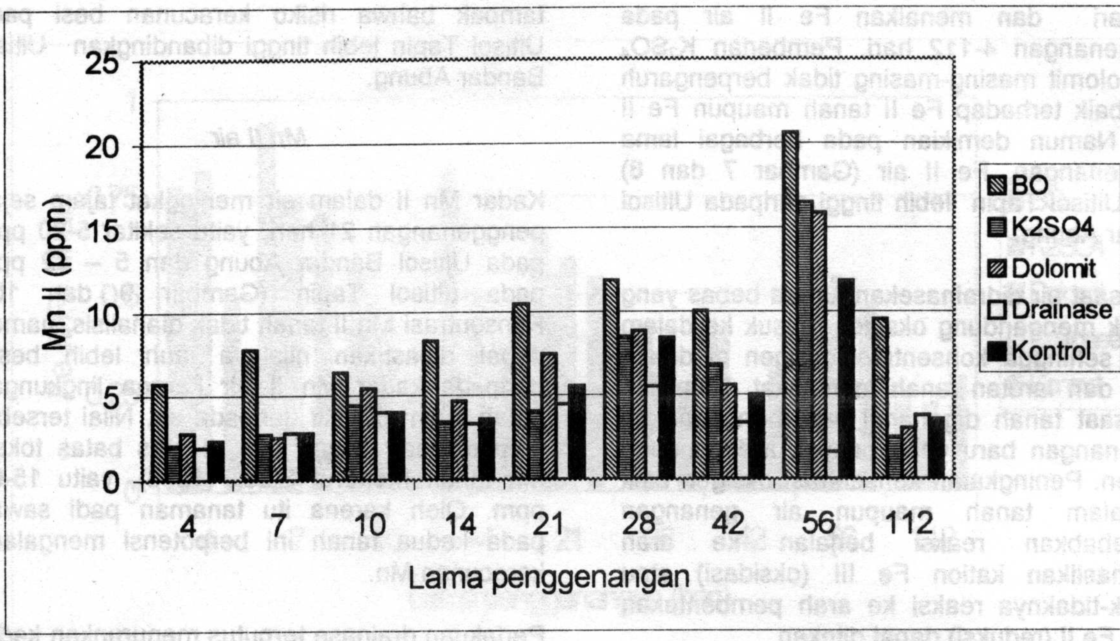
Mn II air

Kadar Mn II dalam air meningkat tajam sejak penggenangan 21 hari, yaitu sekitar 5-20 ppm pada Ultisol Bandar Abung dan 5 – 12 ppm pada ultisol Tapin (Gambar 9 dan 10). Konsentrasi Mn II tanah tidak dianalisis, namun dapat dipastikan nilainya jauh lebih besar daripada kadar Mn II air karena lingkungan tanah lebih reduktif daripada air. Nilai tersebut kemungkinan besar jauh di atas batas toksik Mn tanah menurut Black (1968), yaitu 15-60 ppm. Oleh karena itu tanaman padi sawah pada kedua tanah ini berpotensi mengalami keracunan Mn.

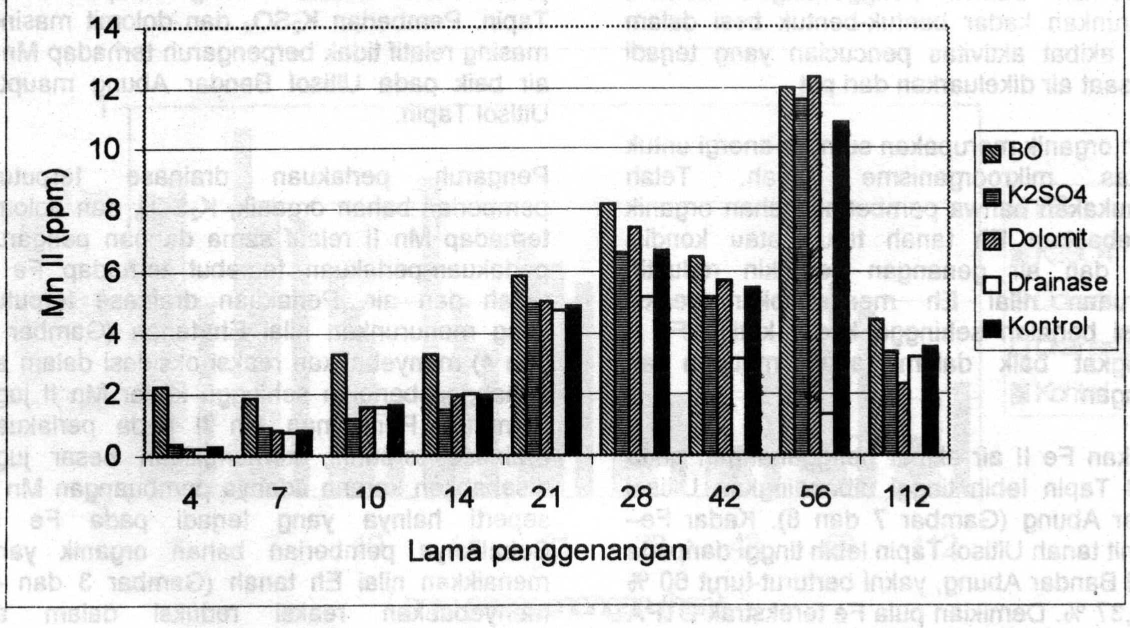
Perlakuan drainase terputus menurunkan kadar Mn II dalam air pada penggenangan 21-56 hari, bahkan pada penggenangan 56 hari kadar Mn II turun drastis baik pada Ultisol Bandar Abung (Gambar 9) maupun Tapin (Gambar 10).

Pemberian bahan organik meningkatkan kadar Mn II air pada penggenangan 4-112 hari baik pada Ultisol Bandar Abung maupun Ultisol Tapin. Pemberian K_2SO_4 dan dolomit masing-masing relatif tidak berpengaruh terhadap Mn II air baik pada Ultisol Bandar Abung maupun Ultisol Tapin.

Pengaruh perlakuan drainase terputus, pemberian bahan organik, K_2SO_4, dan dolomit terhadap Mn II relatif sama dengan pengaruh perlakuan-perlakuan tersebut terhadap Fe II tanah dan air. Perlakuan drainase terputus yang menurunkan nilai Eh tanah (Gambar 3 dan 4) menyebabkan reaksi oksidasi dalam air genangan berjalan sehingga kadar Mn II juga menurun. Penurunan Mn II pada perlakuan drainase terputus, kemungkinan besar juga disebabkan karena adanya pembuangan Mn II seperti halnya yang terjadi pada Fe II. Sebaliknya pemberian bahan organik yang menaikkan nilai Eh tanah (Gambar 3 dan 4) menyebabkan reaksi reduksi dalam air genangan berjalan sehingga kadar Mn II meningkat.



Gambar 9. Pengaruh drainase terputus dan pemupukan terhadap Mn II air di Ultisol Bandar Abung



Gambar 10. Pengaruh drainase terputus dan pemupukan terhadap Mn II air di tanah Ultisol Tapin

KESIMPULAN

1. Perlakuan drainase terputus tidak berpengaruh terhadap pH tanah, menaikkan nilai Eh tanah, menurunkan Fe II tanah dan air serta Mn II air baik pada Ultisol Bandar Abung maupun Tapin.

2. Pemberian bahan organik jerami padi tidak berpengaruh terhadap pH tanah, menurunkan nilai Eh tanah, menaikkan Fe II tanah dan air serta Mn II air baik pada Ultisol Bandar Abung maupun Tapin.

3. Kadar besi dithionit dan terekstrak DTPA tanah yang lebih tinggi dapat menyebabkan risiko keracunan Fe pada tanah Ultisol Tapin lebih tinggi daripada Bandar Abung.

DAFTAR PUSTAKA

Black, C.A. 1968. Soil-Plant Relationships. John Wiley & Sons, New York.

Howeler, R.H. 1973. Iron-induced oranging deseases of rice in relation to physico-chemical changes in a flooded Oxisols. Soil Sci. Soc. Am. J. 37:898-903.

Ismunadji, M. dan S. Roechan. 1988. Hara mineral tanaman padi. Hal. 231-270 *dalam* Padi Buku 1. Puslitbangtan, Bogor.

Puslittanak. 1993. Laporan Penelitian Potensi dan Tingkat Penyebarannya untuk Pengembangan Tanaman Padi Sawah, Tadah Hujan, dan Padi Gogo. Puslittanak, Bogor.

Pujiastuti, E.S. 1995. Bentuk-bentuk besi dalam tanah yang disawahkan pada dua tingkat pengelolaan air dan pengaruhnya terhadap tanaman padi. Thesis Fakultas Pascasarjana, IPB, Bogor.

Siswanto, A.B., N. Prasodjo, S. Candradinata, S. Jomantara, Sulaeman, D. Santoso, dan J. Sri Adiningsih. 1993. Laporan Penelitian dan Tingkat Kesesuaian Lahan untuk Pengembangan Tanaman Padi. Puslittanak, Bogor. 44p (tidak dipublikasikan).

Sposito, G. 1989. The Chemistry of Soils. Oxford University Press, New York.

Sulaeman, Eviati, dan J. Sri Adiningsih. 1997. Pengaruh Eh dan pH terhadap sifat erapan fosfat, kelarutan besi, dan hara lain pada tanah Hapludox Lampung. *dalam* Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bidang Kimia dan Biologi Tanah. Cisarua, Bogor 4-6 Maret 1997. Puslittanak, Bogor. Hal 1-18

Yusuf, A., S. Djakamihardja, G. Satari, dan S. Djaka Sutami. 1990. Pengaruh pH dan Eh tanah terhadap kelarutan Fe, Al, dan Mn pada lahan sawah bukaan baru jenis Oxisol Sitiung. *dalam* Prosiding Pengelolaan Sawah Bukaan Baru Menunjang Swasembada Pangan dan Program Transmigrasi. Balittan, Sukarami. Hal. 237-264

Widowati, L.R., D. Nursyamsi, and J. Sri Adiningsih. 1997. Perubahan sifat kimia tanah dan pertumbuhan padi pada lahan sawah baru di rumah kaca. Jurnal Tanah dan Iklim 15:50-60.

Widjaja-Adhi, I P.G. 1985. Pengapuran tanah masam untuk kedelai. *dalam* Kedelai. Puslitbangtan, Bogor. Hal. 171-188.