

Serapan Hara Makro, Pertumbuhan Tanaman Padi dan Sifat Kimia Tanah Gambut yang Diaplikasi Amelioran

Nelvia, Rosmimi, dan Lusi Asliko

Laboratorium Ilmu Tanah, Program Studi Ilmu Tanah, Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subrantas Km. 12,5 Pekanbaru 28293
E-mail: nnelvia@yahoo.co.id

Abstract

The peat soil is marginal, so that productivity is very low. The low productivity of peat soil caused by low fertility and high content of phenolic acids. The high content of phenolic acids cause toxicity in plant. Application of soil amendment is needed to fix both problems thereby increasing production. Ameliorant materials used must contain the macro and micro nutrients, particularly CaO and micro nutrients (Fe, Cu, Zn and Mn) should be high. Macro nutrient (CaO) can increase the pH and cations Fe, Cu, Zn and Mn can suppress the solubility of phenolic acids. The residual material from the pulp and paper industry (dreg) containing a macro and micro nutrients, especially Ca and Fe is very high and produced in large quantities every day could potentially be use for peat soil amendment. The research aims to study the uptake of N, P and K by root and shoot and the growth of rice plants on peat soil which is dreg applied. Peat soil material taken from Kerumutan, Riau on the depth 0-30 cm, with the weathering rate Saprik and dreg as waste from pulp and paper industry Riau. Experiments using Complete Randomized Design (CRD) with six treatments: 0, 5, 10, 15, 20 and 25 tons dreg/ha (25, 50, 75, 100 and 125 g dreg/pot), each treatment was repeated 3 times. Without ameliorant pH 3.7 and Base saturation (BS) 10%, increasing to 4.2 to 6.2 and 20% to > 100% with the application amelioran dreg 5 – 25 tons/ha, and causes available P and K, N total is still relatively high and C-organic tend to fall at the end of study. Amelioran application of 5 tons/ha increased plant height, number of tillers, root and shoot dry weight, total plant dry weight of about 10.9 cm, 174%, 382% and 340% respectively, and increase the uptake of N, P, and K by root at 222, 252 and 376% and 206, 276 and 369% by shoot respectively compared without amelioran dreg. Increased doses from 10 to 25 ton/ha did not significantly impact on the improvement of each parameter.

Keywords: *peat soil, rice and ameliorant (dreg)*

1. Pendahuluan

Luas lahan rawa di Indonesia sekitar 33 juta ha, terdiri dari 2 juta ha tanah alluvial berpirit dan sisanya tanah gambut tersebar di pulau Sumatera, Kalimantan, Irian Jaya dan Sulawesi (Widjaya-Adhi, 2000), oleh sebab itu berpotensi untuk perluasan sawah. Tanah gambut tergolong tanah marginal, sehingga kemampuan menghasilkan produk tanaman yang diusahakan sangat rendah. Sebagai contoh produksi padi di lahan gambut pasang surut Kalimantan Selatan 3,2 ton/ha (Diperta, 2004) dan di lahan gambut Riau sekitar 1,04 – 3,57 ton gabah kering panen per hektar (Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Pelalawan, 2007). Rendahnya produksi tersebut

disebabkan oleh tingginya kandungan asam fenolat sehingga meracuni tanaman dan kesuburannya yang rendah menghambat pertumbuhan tanaman.

Kesuburannya yang rendah dicirikan oleh reaksi tanah sangat masam, ketersediaan hara makro (N, P, K, Ca dan Mg) rendah, KTK sangat tinggi tetapi KB sangat rendah sehingga menghambat ketersediaan hara bagi tanaman serta kahat hara mikro (Cu, Zn, Mn, Fe, B dan Mo) (Simbolon, 2009), ketersediaan Cu adalah terendah dibandingkan hara mikro lain karena terikat pada tapak reaktif senyawa organik seperti karboksil (-COOH) dan fenol (-OH) membentuk kompleks-organo kation Cu (chelate) (Hardjowigeno, 1996).

Pemberian bahan pembenah tanah yang mengandung hara lengkap sangat dibutuhkan untuk meningkatkan produktivitas lahan tersebut. Kandungan CaO dan hara mikro terutama Fe harus cukup tinggi di dalamnya, karena CaO berperan untuk menetralkan pH sedangkan Fe menekan kelarutan asam fenolat sehingga tidak meracun bagi tanaman. Industri pulp dan kertas dalam pembuatan bubur (pulp) menghasilkan bahan sisa yang disebut dreg dan abu boiler (fly ash/abu terbang) dalam jumlah besar setiap hari, berpotensi sebagai pembenah tanah gambut karena mengandung hara lengkap, dengan kandungan CaO dan Fe sangat tinggi. Kataiun Fe, Mn, Cu dan Zn yang larut dari dreg berinteraksi dengan gugus fungsional seperti karboksil (-COOH) dan fenolik (-OH) pada asam fenolat membentuk senyawa kompleks (chelate) yang tidak larut, sehingga menekan kelarutan asam fenolat. Gugus fungsional yang mengandung oksigen seperti C-O, -OH dan COOH merupakan tapak paling reaktif dalam mengikat kation (Stevenson 1994). Unsur Cu lebih reaktif terhadap asam-asam fenolat sederhana seperti p-hidroksibenzoat, sedangkan unsur Fe lebih reaktif terhadap asam-asam fenolat yang lebih kompleks seperti asam ferulat, sinapat dan p-kumarat (Tadano dkk, 1992). Kestabilan kompleks antara asam humik-logam semakin lemah menurut urutan $Al^{3+} > Fe^{3+} > Cu^{2+} > Mn^{2+} > Zn^{2+} >> Mg^{2+} > Ca^{2+}$ (Tan, 2003). Kation Fe^{3+} memiliki afinitas tertinggi dan paling stabil berinteraksi diantara tujuh kation yang dicobakan dengan urutan berikut $Fe^{3+} > Fe^{2+} > Al^{3+} > Cu^{2+} > Ca^{2+} > Mn^{2+} > Zn^{2+}$ (Saragih, 1996).

Nelvia dkk (2009) melaporkan bahwa dreg mengandung hara makro P, K, Ca, Mg, S dan hara mikro Fe, Mn, Cu dan Zn serta bersifat basa (pH 9,3), pemberian 5 - 20 ton dreg/ha dapat memperbaiki sifat kimia tanah gambut, diantaranya meningkatkan ketersediaan N, P, K, Ca, Mg dan Fe pH dan pH menjadi 6,7 dari 4,7 (tanpa dreg). Selanjutnya dilaporkan bahwa bobot biji per tongkol, 1000 butir biji dan berangkasan jerami jagung tertinggi diperoleh pada pemberian 15 ton dreg/ha masing-masingnya meningkat sebesar 35, 40 dan 135%. Pemberian 10 - 20 ton dreg/ha meningkatkan anakan maksimum (13 - 27 batang) dan produktif (6 - 14 batang), bobot gabah kering giling (75 - 174%) dan bobot jerami padi (110 - 210%) dibandingkan tanpa dreg (Nelvia, et al., 2011). Hanudin dkk (2010) melaporkan bahwa abu vulkan mengandung 3943,9 mg Fe, 406,1 mg Mn, 52,2 mg Zn dan 30,7 mg Cu, flying ash PLTU Surabaya mengandung 4069,9 mg Fe, 275,7 mg Mn, 25,3 mg Zn dan 29,5 mg Cu per kilogramnya, keduanya memberikan pengaruh yang sama pada tanah gambut yaitu meningkatkan berat kering akar dan tajuk Serapan hara mikro (Fe, Mn, Zn dan Cu) oleh daun, batang dan akar jagung, dimana Fe lebih besar dibandingkan Mn, Cu dan Zn. Serapan Fe oleh daun > akar > batang, secara umum Mn, Zn dan Cu terakumulasi pada daun > batang > akar jagung.

2. Bahan dan Metode

Percobaan dilakukan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Riau pada bulan Juli-Oktober 2009. Analisis

sifat kimia tanah dan amelioran dreg di lakukan di laboratorim Tanah Balai Penelitian Tanah Bogor.

Bahan tanah gambut diambil di Kerumutan, Riau pada ke dalaman 0 - 30 cm, dengan tingkat pelapukan saprik dan dreg sebagai bahan sisa industri pulp dan kertas asal Riau. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 6 taraf amelioran dreg: 0, 5, 10, 15, 20 dan 25 ton /ha (25, 50, 75, 100 dan 125 g/pot) tiap perlakuan diulang 3 kali, data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan analisis sidik ragam dan uji lanjut DNMR pada taraf 5%.

Analisis sifat kimia tanah awal meliputi pH (H_2O dan pH KCl, pH meter), KB, basa-basa dapat dipertukarkan dan KTK (1 N NH_4OAc pH 7.0), C-organik (Walkley and Black), total N (Kjeldahl), nisbah C/N, P tersedia (Bray-1) dan P potensial (HCl 25%), hara mikro (Fe, Cu, Zn dan Mn) tersedia (DTPA) dan total ($HNO_3 + HClO_4$). Analisis sifat kimia dreg meliputi: pH (pH meter), hara makro (P, K, Ca, Mg, Na, S) dan mikro (Fe, Cu, Zn and Mn) total ($HClO_4 + HNO_3$ pa) dan tersedia (2% asam sitrat) serta kandungan air (oven dried $105^\circ C$) (Sudjadi dkk, 1971).

Pelaksanaan, 2 kg tanah gambut setara bobot kering oven $105^\circ C$ dicampur dengan dreg sesuai perlakuan lalu diinkubasi 1 bulan, lalu ditanami dengan bibit yang telah berumur 21 hari. Pemberian pupuk dasar dilakukan satu hari sebelum tanam yaitu Urea, TSP dan KCl dengan dosis 175, 150 dan 150 kg/ha, pada saat tanam berumur 30 hari di lakukan pemberian Urea ke dua sebanyak 175 kg/ha. Dosis pupuk dihitung berdasarkan berat tanah (asumsi bobot isi $0,2 g/cm^3$ maka berat tanah 1 ha 400 000 kg). Parameter yang diamati sifat kimia tanah setelah tanaman padi dibongkar pada umur 48 hari setelah tanam (HST) untuk analisis serapan hara, pertumbuhan tanaman dan serapan hara N, P dan K oleh tanaman padi IR-64 umur 48 HST.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis sifat kimia bahan tanah gambut yang digunakan (tanah awal) menunjukkan bahwa tanah bereaksi sangat masam (pH H_2O 3,2), mengandung Ca-dd, Mg-dd, K-dd dan Na-dd rendah berturut-turut 2,27; 0,68; 0,22 dan 0,26 cmol (+)/kg, KB sangat rendah (6%) dan dan KTK sangat tinggi (73 cmol (+) kg-1), tetapi kadar P tersedia (135 $\mu g g^{-1}$) dan P potensial (32 mg 100g-1) sangat tinggi, kadar abu (16%) cukup tinggi dan kandungan N-total (0.65%) dan C-organik (44%) tergolong tinggi dengan nisbah C/N (67) sangat tinggi. Kandungan hara mikro total tergolong rendah yaitu 3 mg Cu; 4,8 mg Zn dan 12 mg Mn dan hara mikro tersedia sebesar 2 mg Cu, 2 mg Zn dan 1 mg Mn per kilogram gambut, kecuali Fe total (3606 $\mu g g^{-1}$) dan Fe tersedia (475 $\mu g g^{-1}$) tergolong sangat tinggi. Berdasarkan hasil analisis tanah awal tersebut maka tanah gambut yang digunakan tergolong mempunyai kesuburan rendah. Tim Sintesis Kebijakan (2008) dan Simbolon (2009) juga mengatakan bahwa kesuburan tanah gambut tergolong rendah yang dicirikan oleh reaksi tanah sangat masam, ketersediaan N, P, K, Ca dan Mg rendah dan kahat Cu, Zn, Mn dan Bo.

Tabel 1. Efek sisa amelioran dreg terhadap nilai pH tanah, C-organik, N-total, nisbah C/N, P dan K tersedia, KB dan KTK tanah gambut setelah panen padi pada umur 48 HST

Takaran amelioran dreg ton/ha	pH	C-Organik %	N-Total %	C/N	P tersedia ppm P ₂ O ₅	K tersedia (ppm K ₂ O)	KB (%)	KTK cmol (+)/kg
0	3,7	44,94	1,39	32	89,1	53	10	55,35
5	4,2	41,99	0,99	42	69,4	27	35	62,60
10	5,0	39,41	1,10	36	78,1	21	58	51,46
15	5,5	37,05	1,24	30	102,6	25	98	44,30
20	6,0	35,57	1,33	27	72,0	43	>100	46,44
25	6,2	38,64	0,93	42	88,0	15	>100	57,95

Tabel 2. Tinggi tanaman umur 21 dan 42 HST, jumlah anakan maksimum, bobot kering akar dan tajuk serta total bobot kering tanaman 48 HST pada tanah gambut yang diaplikasi ameliorant dreg

Takaran Amelioran dreg ton/ha	Tinggi tanaman		Anakan	Bobot kering		Total bobot kering tanaman g/pot
	21 HST cm	42 HST cm	maksimum batang	Akar mg/pot	Tajuk mg/pot	
0	34,27 b	48,17 b	16,33 b	5,5 c	9,7 b	15,2 c
5	45,17 a	62,77 a	44,67 a	26,5 ab	42,7 a	69,2 ab
10	47,90 a	65,17 a	42,00 a	30,0 ab	42,1 a	62,1 ab
15	45,63 a	62,00 a	46,67 a	33,3 a	41,6 a	74,9 a
20	49,90 a	63,30 a	39,00 a	27,4 ab	44,8 a	72,2 a
25	47,93 a	65,17 a	38,33 a	22,7 b	40,5 a	62,2 ab

Hasil analisis sifat kimia dreg menunjukkan bahwa dreg bereaksi basa (pH 9,3), mengandung hara makro total sebesar 410,3 g CaO, 23,9 g MgO, 26,8 g Na, 7,2 g S, 3,1 g K₂O dan 2 g P₂O₅ dan hara mikro total 5000 mg Fe, 989 mg Mn, 127 mg Cu dan 224 mg Zn dalam setiap kilogramnya. Kandungan hara makro tersedia sebesar 409,7 g CaO, 23,2 g MgO, 25,9 g Na, 6,4 g S, 3,1 g K₂O dan 1,8 g P₂O₅ dan mikro tersedia sebesar 3244 mg Fe, 914 mg Mn, 105 mg Cu dan 206 mg Zn dalam setiap kilogram dreg. Hasil analisis terhadap kandungan logam beratnya sangat kecil yaitu 8,9 mg Pb, 0,2 mg Cd, 3,8 mg As dan 0,23 mg Hg per kilogram dreg, sehingga dapat ditimbun dalam landfill atau digunakan sebagai bahan pembenah tanah gambut karena tidak terindikasi limbah B3. Nilai baku mutu menurut Kep. 04/Bapedal/IX/1995 terhadap kandungan logam yang diperbolehkan dalam bahan adalah 3000 mg Pb, 50 mg Cd, 300 mg As dan 20 mg Hg per kilogram bahan pada kelompok A, dan 300 mg Pb, 5 mg Cd, 30 mg As dan 2 mg Hg untuk kelompok B atau dikatakan tidak teridentifikasi limbah B3. Pengaruh pemberian ameliorant dreg terhadap beberapa sifat kimia tanah gambut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa tanah gambut tanpa pemberian dreg mempunyai pH 3,7 dan KB 10%, masing-masingnya meningkat menjadi 4,2 – 6,2 dan 25 - > 100%, sedangkan P dan K tersedia serta N total masih tergolong tinggi dan C-organik cenderung turun dengan pemberian amelioran 5 – 25 ton dreg/ha di akhir penelitian. Tingginya kandungan CaO dalam dreg meningkatkan pH, karena reaksi CaO dengan air menghasilkan OH⁻. Konsentrasi ion H⁺ tinggi (pH 3,7) berperan menghidrolisis dreg dan melarutkan basa-basa hara lain lebih cepat, akibatnya KB

meningkat, basa dan kation lain menetralkan mutan negatif gugus-gugus fungsional koloid organik gambut sehingga KTK cenderung turun walaupun dekomposisi terus berlangsung.

Tabel 2 menunjukkan bahwa tanpa pemberian amelioran pertumbuhan akar dan tajuk tanaman sangat terhambat, pemberian amelioran 5 ton/ha meningkatkan tinggi tanaman, jumlah anakan, bobot kering akar dan tajuk serta total bobot kering tanaman berturut-turut sekitar 10,9 – 10,16 cm, 174%, 382 % dan 340 % dan 355% dibandingkan tanpa amelioran. Peningkatan takarannya 10 hingga 25 ton/ha tidak signifikan pengaruhnya terhadap peningkatan setiap parameter tersebut.

Perbaikan pertumbuhan tanaman tersebut disebabkan oleh karena pemberian ameliorant dapat memperbaiki lingkungan perakaran dan meningkatkan ketersediaan hara makro dan mikro tanah (hara yang terkandung dalam dreg tergolong mudah larut karena hampir seluruh larut dalam asam sitrat 2%). Kation Fe, Cu, Zn dan Mn di larut bereaksi dengan asam organik/fenolat membentuk senyawa kompleks organo-kation logam Fe/Cu/Zn/Mn (chelate) yang tidak bersifat meracun bagi tanaman. Perbaikan lingkungan perakaran menyebabkan akar dapat tumbuh lebih baik sehingga volume akar meningkat. Meningkatnya volume akar diikuti peningkatan ketersediaan hara mengakibatkan serapan hara dan air oleh tanaman meningkat, sehingga memacu proses fisiologis dan metabolisme tanaman yang menyebabkan terjadinya pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tanaman terlihat pada tinggi, jumlah anakan maksimum dan produktif serta total bobot kering tanaman yang meningkat.

Tabel 3. Serapan N, P dan K pada akar dan tajuk tanaman padi IR-64 umur 48 HST pada tanah gambut yang diaplikasikan amelioran dreg

Takaran amelioran dreg ton/ha	Serapan hara pada akar mg/pot			Serapan hara pada tajuk mg/pot		
	N	P	K	N	P	K
0	8,5c	1,0b	4,2d	16,2b	2,4b	9,5b
5	27,4ab	3,5a	20,2c	49,7a	8,6a	44,7a
10	32,4a	3,2a	29,5a	48,6a	9,1a	33,2a
15	32,5a	2,7a	32,1a	52,7a	6,6a	33,0a
20	24,5ab	2,8a	26,6ab	54,9a	8,1a	32,8a
25	17,2b	2,7a	21,4bc	44,1a	6,7a	34,9a

Pada Tabel 3 terlihat bahwa tanpa amelioran serapan hara N, P dan K oleh akar dan tajuk sangat rendah dibandingkan dengan pemberian amelioran. Hal ini disebabkan oleh rendahnya ketersediaan hara makro dan mikro tanah gambut (hasil analisis tanah awal) dan tingginya kelarutan asam fenolat. Simbolon (2009) juga mengatakan bahwa tanah gambut mempunyai kesuburan rendah, ketersediaan hara makro (N, P, K, Ca dan Mg) dan pH rendah, kahat hara mikro (Cu, Zn, Mn, Fe, B dan Mo), KTK sangat tinggi tetapi KB sangat rendah semakin menghambat penyerapan hara bagi tanaman. Ketersediaan Cu terendah dibandingkan hara mikro lain karena terikat pada tapak reaktif senyawa organik seperti karboksil (-COOH) dan fenol (-OH) membentuk kompleks-organo kation Cu (chelate) (Hardjowigeno, 1996).

Tingginya kelarutan derivat asam-asam fenolat pada tanah gambut berpengaruh terhadap penyediaan hara dalam tanah (Driessen, 1978), bersifat racun atau fitotoksik bagi tanaman penyebab terhambatnya pertumbuhan tanaman (Stevens dkk, 1994 dan Dohong dkk, 2000). Pada konsentrasi asam-asam fenolat tinggi, serapan P, K, Cu dan Zn oleh tanaman padi menurun bila dan mempengaruhi proses biokimia dan fisiologi tanaman secara langsung (Tadano dkk, 1991).

Tabel 3 juga menunjukkan bahwa pemberian amelioran 5 ton/ha meningkatkan serapan hara N, P dan K sebesar 222%, 252% dan 376% oleh akar dan sebesar 206%, 276% dan 369% pada tajuk dibandingkan tanpa amelioran. Peningkatan takarannya 10 – 25 ton/ha tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan serapan N, P dan K oleh akar dan tajuk tanaman padi pada umur 48 HST. Hal ini berkaitan erat dengan perbaikan sifat kimia tanah (Tabel 1) yaitu meningkatnya pH, KB dan ketersediaan hara makro, karena unsur hara yang terkandung dalam dreg mudah larut (hampir 100% larut dalam asam sitrat 2%) serta menurunnya kelarutan asam-asam fenolat karena terbentuknya khelat. Menurut Tadano dkk (1992) unsur Cu lebih reaktif terhadap asam-asam fenolat sederhana seperti p-hidroksibenzoat, sedangkan unsur Fe lebih reaktif terhadap asam-asam fenolat yang lebih kompleks seperti asam ferulat, sinapat dan p-kumarat. Gugus fungsional yang mengandung oksigen seperti C–O, –OH dan COOH merupakan tapak paling reaktif dalam mengikat kation (Stevenson 1994).

Kestabilan kompleks antara asam humik-logam semakin lemah menurut urutan $Al^{3+} > Fe^{3+} > Cu^{2+} > Mn^{2+} > Zn^{2+} >> Mg^{2+} > Ca^{2+}$ (Tan, 2003). Hanudin dkk., (2010) melaporkan bahwa abu vulkan mengandung 3943,9 mg Fe, 406,1 mg Mn, 52,2 mg Zn dan 30,7 mg Cu, flying ash PLTU Surabaya mengandung 4069,9 mg Fe, 275,7 mg Mn, 25,3 mg Zn dan 29,5 mg Cu per kilogramnya, keduanya memberikan pengaruh yang sama pada tanah gambut yaitu meningkatkan berat kering akar dan tajuk Serapan hara mikro (Fe, Mn, Zn dan Cu) oleh daun, batang dan akar jagung, dimana Fe lebih besar dibandingkan Mn, Cu dan Zn. Serapan Fe oleh daun > akar > batang, secara umum Mn, Zn dan Cu terakumulasi pada daun > batang > akar jagung.

4. Kesimpulan

Nilai pH dan KB meningkat menjadi 4,2 – 6,2 dan 25 - > 100% dengan pemberian amelioran dreg 5 – 25 ton/ha masing-masing dari 3,7 dan KB 10% (0 ton/ha), dan menyebabkan P dan K tersedia serta N total masih tergolong tinggi dengan C-organik tanah cenderung turun di akhir penelitian. Pemberian amelioran 5 ton/ha meningkatkan tinggi tanaman, jumlah anakan, bobot kering akar dan tajuk, total bobot kering tanaman berturut-turut sekitar 10,9 – 10,16 cm, 174%, 382 % dan 340 % dan 355%, dan meningkatkan serapan hara N, P dan K sebesar 222%, 252% dan 376% oleh akar dan sebesar 206%, 276% dan 369% oleh tajuk dibandingkan tanpa amelioran. Peningkatan takarannya 10 hingga 25 ton/ha tidak signifikan pengaruhnya terhadap peningkatan setiap parameter tersebut.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah memberikan bantuan dana pada penelitian ini melalui DIPA Universitas Riau Tahun Anggaran 2010 dengan No. Kontrak 99/H19.2/PL/2010 Tanggal 16 April 2010.

Daftar Pustaka

Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Pelalawan. 2007. Evaluasi program Dinas

- Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Pelalawan. Pekanbaru.
- Diperta, 2004. Laporan tahunan Dinas Pertanian Tanaman Pangan Propinsi Kalimantan Selatan 2004. Banjarbaru.
- Dohong, S., S. Sabiham dan I.O. Rieley. 2000. Phenolic acids in tropical peat from Central Kalimantan. *International Peat Journal* (10): 97-103.
- Driessen, P.M. 1978. Peat soils. In: IRRI. Soil and rice. IRRI. Los Banos. Philippines. Pp: 763 – 779.
- Hanudin, E., Darmawan, B. Radjaguguk, dan Sri Nuryani Hu. 2011. Absorption and distribution of some micro nutrients in Corn on the obrogenous peat as affected by volcanic ash and flying ash application. In *Proceedings of Palangka Raya International Symposium & Workshop on Tropical Peatland*. Pp: 80 – 89.
- Hardjowigeno, S. 1996. Pengembangan lahan gambut untuk pertanian : Suatu peluang dan Tantangan. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian, IPB. 22 Juni 1996.
- Nelvia, Rosmimi, Rini dan R. Frizdew. 2009. Peningkatan produktivitas tanah gambut dengan pemberian amelioran dreg. Dalam *Prosiding Semiloka Nasional Strategi Penanganan Krisis Sumberdaya Lahan Untuk Mendukung Kedaulatan Pangan dan Energi*, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
- Idwar, Al-Ichsan Amri, dan Isnaini Fatimah. 2011. Carbon emission and respons of rice to application of ameliorant dregs in the peat soil with saturation and unsaturation. Dalam *Prosiding Usu International Science and Technology Exhibition & Seminar*. Hal: 184 s/d 191
- Saragih, E.S. 1996. Pengendalian asam-asam organik meracun dengan penambahan Fe (III) pada tanah gambut dari Jambi, Sumatera. Tesis Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Simbolon, H. 2009. Peat swamp forest ecosystem: An important ecosystem on regional land use planning. Dalam *scientific Exploration and sustainable Management of Peat Land Resources in Giam Siak Kecil-Bukit Batu Biosphere reserve, Riau*.
- Stevenson, F.J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, coposition, reaction*. John Wiley & So^{ns} Inc. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. 443 pp.
- Tadano, K. Yonebayashi dan N.Saito 1992. Effect of phenolic acids on the growth and occurrence of sterility in crop plants. Pp:358-369. In: K.Kyuma, P.Vajarnsorn and A.Zakaria (eds) *Coastal lowland ecosystems in southerm Thailand and Malaysia*. Showado-printing co. Skyoku-Kyoto.
- Tadano, K., B. Ambak, K. Yonebayashi dan W. Pantanahiran. 1991. Occurrence of phenolic compounds and aluminum toxicity in tropical peat soils. In: *Tropical peat*. Proc. Inter. Symp. on Tropical Peatland. MARDI, Malaysia.
- Tan, K.H. 2003. *Humic Matter in the soil and the environment; Principles and Controversies*. Marcel Dekker, Inc. new York. USA. P 359.
- Tim Sintesis Kebijakan. 2008. Pemanfaatan dan konservasi ekosistem lahan rawa gambut di Kalimantan. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 1(2): 149-156.
- Widjaya-Adhi, I.P.G.,D.A. Suriadikarta, M.T. Sutriadi dan I.G.M. Subiksa. 2000. Pengelolaan, pemanfaatan dan pengembangan lahan rawa. Dalam *Tim Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (ed.) Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya*. Pusat