

Perbandingan Pengaruh Beberapa Jenis Pupuk Mengandung Fosfat terhadap Kehilangan Hara Melalui Pelindian pada Tanah Gambut

Comparison Effect of Several Phosphate Contain Fertilizers to Nutrient Loss Trough Leaching on Peat Soil

IGM. Subiksa^{1*)}

¹Indonesian Soil Research Institute

Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu Bogor, Kota Bogor, Jawa Barat 16114

^{*)}Penulis untuk korespondensi: igm_subiksa@yahoo.co.id

ABSTRACT

Peat soil have specific nutrient adsorption characteristics which are affected by soil pH dependent charge. Therefore, nutrient management on such soil should be done using different approach compared to mineral soil. Research on the comparison effects of several types of phosphate containing fertilizers to nutrient loss through leaching on peat soil has been carried out in greenhouse using coulom experiments. The objectives of this study was to evaluate the rate of primary macro nutrient loss and look for fertilization technology which can reduced leaching rate. The study used a randomized block design of 14 treatments with 3 replications. The treatments were complete control treatment, partial control and 4 types of P contain fertilizer, namely SP-36, NPK compound, Chrismast Island Phosphate Rock (CIRP), and Pugam each of them with 3 levels dose. The peat soil used was ombrogenous peat with hemic maturity level taken from OKI Regency, South Sumatra. Watering is done every 2 days with 350 ml ion-free water/pot. The results showed that N and K nutrients leaching, mostly due to aplication rate of those nutrient, whereas type of fertilizer was not revealed significantly different. Meanwhile, P concentration in leachate water was significantly different among treatments. Leaching of P in the control treatment was very low because of P content of peat soil was low. The highest loss of P trough leaching rate is shown by the NPK treatment because NPK compound is belong to fast nutrient release fertilizer. CIRP and Pugam treatments showed low P loss trough leaching rates due to the slow release of P on CIRP and Pugam. The low leaching rates of CIRP and Pugam are also because of high content of Al and Fe as polyvalent cation that can promote new soil positive charges as site adsorption of P. It can be concluded that fertilization with a slow release type of phosphate fertilizer and contain sesquioxide as source of polyvalent cations such as CIRP and Pugam can reduced the rate of phosphate loss trough leaching.

Keywords: peat, phosphate, leachate, leaching, nutrients, sorption

ABSTRAK

Tanah gambut memiliki karakteristik jerapan hara yang spesifik yang dipengaruhi oleh muatan tergantung pH tanah. Oleh karenanya, pengelolaan hara pada lahan semacam ini perlu pendekatan yang berbeda dibandingkan tanah mineral. Penelitian mengenai perbandingan pengaruh beberapa jenis pupuk fosfat terhadap kehilangan hara melalui pelindian pada tanah gambut telah dilakukan di rumah kaca dengan percobaan kolom. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi laju kehilangan hara makro primer pada tanah gambut dan mencari teknologi pemupukan yang mampu mengurangi laju pelindian.

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok 14 perlakuan dengan 3 ulangan. Perlakuan adalah kontrol lengkap, kontrol parsial dan 4 jenis pupuk mengandung P yaitu SP-36, NPK-Ponska, Fosfat alam Christmast (CIRP), dan Pugam masing-masing dengan 3 level dosis. Tanah gambut yang digunakan adalah gambut ombrogen dengan tingkat kematangan hemik diambil dari Kabupaten OKI Sumatera Selatan. Penyiraman dengan air bebas ion dilakukan 2 hari sekali dengan volume 350 ml/pot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelindian hara N dan K lebih dominan disebabkan karena dosis pupuk yang diaplikasikan, sedangkan jenis pupuk tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Sementara itu, konsentrasi hara P pada air leachate berbeda nyata antar perlakuan. Pelindian P pada perlakuan kontrol sangat rendah karena kandungan total P tanah gambut tergolong rendah. Laju pelindian tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan NPK Ponska karena pupuk ini tergolong cepat larut. Perlakuan CIRP dan Pugam menunjukkan laju pelindian yang rendah karena tingkat kelarutan hara P yang rendah. Rendahnya laju pelindian juga disebabkan karena tingginya kandungan Al dan Fe sebagai kation polivalen yang bisa membentuk muatan positif baru yang berfungsi sebagai tapak jerapan P. Dapat disimpulkan bahwa pemupukan dengan jenis pupuk fosfat yang lambat larut dan mengandung sesquioxida sebagai sumber kation polivalen seperti fosfat alam Christmas dan Pugam dapat menghambat laju pelindian fosfat.

Kata kunci: gambut, fosfat, pelindian, leachate, unsur hara, jerapan

PENDAHULUAN

Lahan gambut adalah lahan yang terbentuk dari bahan organik sisa tanaman yang mati dengan ketebalan minimal 40 cm bila bahan organiknya telah terlapuk (saprik) atau 60 cm bila masih berupa bahan yang kasar (fibrik) (Soil Survey Staff, 2010). Lahan gambut merupakan bagian dari ekosistem rawa yang terbentuk pada landscap yang mengalami depresi. Luas lahan gambut di Indonesia diperkirakan sekitar 14,93 juta ha, tersebar di Sumatera, Kalimantan dan Papua (Ritung et al, 2015). Secara umum, gambut merupakan lahan marginal dan rapuh karena secara alamiah tidak mampu menopang pertumbuhan tanaman secara optimal serta rentan mengalami degradasi bila direklamasi.

Karakteristik kimia tanah gambut yang penting adalah kandungan senyawa humat dan asam-asam organik yang tinggi. Oleh karenanya, tanah gambut memiliki muatan negatif sangat tinggi sehingga kapasitas tukar kation (KTK) juga tinggi. Muatan negatif tanah gambut muncul dari proses disosiasi gugus karboksil, hidroksil dan fenol dari senyawa humat dan derivat asam-asam organik lainnya. Proses

disosiasi terjadi bila pH tanah meningkat sehingga dikatakan sebagai muatan tergantung pH (Tan, 1998). Muatan negatif berfungsi sebagai tapak jerapan kation basa maupun asam (Al dan H). Dalam kondisi alami tanah gambut didominasi oleh ion hidrogen (H^+). Kapasitas sangga ion hidrogen sangat besar sehingga sangat sedikit kation basa dalam tapak jerapan.

Tanah gambut didaerah tropis pada umumnya didominasi oleh gambut ombrogen yang miskin mineral, sehingga tanah gambut mengandung muatan positif sangat rendah. Oleh karenanya jerapan anion hara (PO_4 dan NO_3) oleh tanah menjadi sangat rendah dan cenderung mengalami proses pelindian. Hal ini juga sangat menentukan dinamika anion hara dalam tanah. Gambut tropis pada umumnya juga tersusun dari bahan kayuan yang kaya dengan lignin. Hasil degradasi lignin dalam kondisi anaerob menghasilkan senyawa humat dan asam-asam fenolat yang bersifat fitotoksik (Kononova, 1968). Asam fenolat merusak sel akar dan menghambat pertumbuhan akar tanaman yang menyebabkan terganggunya serapan hara sehingga pertumbuhan tanaman terhambat (Stevenson, 1994; Rachim, 1995).

Ditinjau dari proses pembentukannya, gambut ombrogen secara inheren memiliki kandungan unsur hara rendah sehingga bila dimanfaatkan untuk pertanian, pemupukan menjadi kebutuhan yang mutlak. Lahan gambut memerlukan tambahan hampir semua jenis unsur hara agar tanaman dapat tumbuh optimal. Unsur hara nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K) adalah unsur hara makro primer yang paling banyak dibutuhkan oleh tanaman, sehingga pengelolannya harus efektif dan efisien. Kendala yang dihadapi dalam pengelolaan hara pada tanah gambut adalah jerapan hara yang lemah sehingga hara yang diberikan melalui pupuk tidak efisien karena sebagian besar hilang melalui pelindian.

Unsur N merupakan komponen penting penyusun protein (asam amino) dan khlorofil. Bahan tanaman kering mengandung sekitar 2 sampai 4% N. Bentuk ion yang diserap oleh tanaman umumnya dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+ bagi tanaman padi sawah (Russell, 1973). Riley *et al.* (2001) menyatakan bahwa kehilangan N melalui leaching pada tanah-tanah pertanian harus dikurangi karena berdampak langsung terhadap kesehatan manusia melalui kualitas air yang diminum, menyebabkan eutrofikasi pada perairan sungai dan danau, dan menyebabkan inefisiensi penggunaan pupuk. Kehilangan N melalui leaching dipengaruhi oleh faktor manajemen pemupukan N. Pemupukan terlalu awal menyebabkan banyak kehilangan N. Demikian pula dosis pemupukan N berpengaruh terhadap laju kehilangan N dari zone perakaran tanaman. Thomas *et al.* (2005) menyatakan bahwa N hilang melalui leaching di New Zealand sekitar 7% pada tanah mineral dari total pupuk yang diaplikasikan di lahan pertanian.

Pemupukan dengan pupuk yang mengandung hara fosfat adalah salah satu yang perlu perhatian khusus karena perilakunya sangat spesifik. Hara P larut dan diserap tanaman dalam bentuk anion fosfat (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} dan H_2PO_4^-). Oleh karenanya, bila pupuk fosfat diaplikasikan

pada tanah gambut, maka anion fosfat tidak dijerap tanah tetapi tetap dalam larutan tanah sehingga mudah terlindi. Pelindian hara mengandung makna bahwa unsur hara bergerak menjauh dari zone perakaran tanaman mengikuti gerakan air tanah. Hasil penelitian Fox dan Kamprath menunjukkan hampir semua P yang ditambahkan ke tanah gambut akan hilang terlindi bila tidak diserap tanaman. Kehilangan melalui pelindian tersebut baru bisa dikurangi bila ditambahkan Al-klorida. Schoumans (2015) juga menyatakan bahwa kapasitas jerapan fosfat akan meningkat bila kandungan Fe dan Al semakin tinggi.

Proses kehilangan hara pada tanah gambut adalah melalui run-off bawah permukaan dan pelindian melewati lapisan tanah atau melalui saluran drainase karena lahan gambut memiliki topografi datar, (Chapman *et al.* 2005; Chardon and Schoumans, 2007; Heathwaite *et al.* 2005). Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju kehilangan hara melalui pelindian bisa dikurangi dengan perlakuan tertentu. Penggunaan bahan alami seperti tanah mineral yang kaya besi seperti tanah laterit mampu mengurangi kelarutan asam-asam fenolat, meningkatkan produktivitas lahan gambut serta meningkatkan efektivitas dan efisiensi pupuk fosfat (Halim, 1987; Mario, 2002). Bahan alami yang kaya dengan kation polivalen tersebut dapat mengurangi sifat toksik asam fenolat, menyediakan unsur hara makro dan mikro dan meningkatkan jumlah tapak jerapan hara (Rachim, 1995; Sabiham, *et al.* 1997; Salampak, 1999). Fosfat alam yang dipakai sebagai sumber pupuk P pada lahan gambut memiliki efektivitas yang sama dengan SP-36 (Hartatik *et al.* 2004; Subiksa *et al.* 1998). Abu sawmill dan terak baja juga dilaporkan memiliki pengaruh yang baik terhadap produktivitas lahan gambut (Subiksa *et al.* 1997). Walaupun lahan gambut memiliki banyak kendala yang berkaitan dengan sifat fisik dan kimia tanah, namun Agus dan Subiksa (2008) menyatakan bahwa dengan teknologi

pengelolaan tanah dan air lahan gambut bisa dimanfaatkan menjadi lahan yang produktif.

Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi laju pelindian unsur hara makro primer N, P dan K pada tanah gambut dan mencari teknologi pemupukan yang mampu mengurangi laju pelindian hara tersebut serta meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemupukan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Tanah dengan metode percobaan kolom. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 14

perlakuan dengan 3 ulangan. Perlakuan adalah 4 jenis pupuk mengandung P yaitu SP-36, NPK majemuk Ponska, Fosfat alam Christmas dan Pugam masing-masing dengan 3 level dosis yaitu 1,25 g/pot, 2,50 g/pot dan 3,75 g/pot. Sebagai pembanding adalah perlakuan kontrol lengkap yaitu perlakuan tanpa pupuk dan kontrol parsial yaitu perlakuan N dan K tanpa pupuk fosfat (Tabel 1). Pupuk N dan K juga diberikan dengan dosis yang sama dengan P yaitu 1,25 g/pot, 2,50 g/pot dan 3,75 g/pot masing-masing dalam bentuk N dan K₂O. Sumber hara N adalah pupuk urea dan sumber hara K adalah KCl kecuali pada perlakuan NPK karena sudah mengandung N dan K.

Tabel 1. Komposisi perlakuan

No.	Perlakuan	Dosis Pupuk (g/pot)		
		P ₂ O ₅	N*	K ₂ O**
1	Kontrol (CC)	0	0	0
2	Kontrol Parsial (PC)	0	2,50	2,50
3	SP36-1	1,25	1,25	1,25
4	SP36-2	2,50	2,50	2,50
5	SP36-3	3,75	3,75	3,75
6	NPK-1	1,25	1,25	1,25
7	NPK-2	2,50	2,50	2,50
8	NPK-3	3,75	3,75	3,75
9	CIRP-1	1,25	1,25	1,25
10	CIRP-2	2,50	2,50	2,50
11	CIRP-3	3,75	3,75	3,75
12	Pugam-1	1,25	1,25	1,25
13	Pugam-2	2,50	2,50	2,50
14	Pugam-3	3,75	3,75	3,75

Keterangan: *) Sumber N dari urea kecuali perlakuan NPK; **) Sumber K dari KCl kecuali perlakuan NPK

Penyiraman dilakukan menggunakan air bebas ion (demineralisasi) setiap 2 hari sekali dengan volume 300 ml/pot. Air yang melewati kolom tanah akan tertampung di dasar pot sebagai air bebas. Pengambilan contoh air yang tertampung di dasar pot (air leachate) dilakukan 3 kali yaitu pada inkubasi 2 minggu, 4 minggu dan 6 minggu. Pengambilan air leachate dilakukan dengan mengalirkannya melalui selang yang dipasang pada dasar pot.

Jumlah air leachate yang diperoleh ditakar untuk mengetahui volumenya. Contoh air leachate yang sudah diambil selanjutnya dianalisis di laboratorium kimia untuk mengetahui kandungan hara makro primer N, P dan K. Unsur hara N dianalisis dalam bentuk kation NH₄⁺ dan anion NO₃⁻. Sedangkan unsur hara P dianalisis dalam bentuk anion PO₄⁻³ dan unsur hara K dalam bentuk kation K⁺.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah

Hasil analisis tanah gambut yang digunakan untuk penelitian ditampilkan pada Tabel 2. Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah gambut memiliki pH 3,7 tergolong sangat rendah. Sumber kemasaman tanah gambut adalah asam-

asam organik alifatik maupun aromatik sebagai hasil proses degradasi selulosa dan lignin dari gambut. Hal ini juga terlihat dari tingginya kadar asam humat dan asam fulvat dari contoh gambut yang dianalisis. Tingkat kematangan gambut tergolong hemik dengan kadar karbon organik 27% dan total N 0,19% sehingga C/N ratio tergolong sangat tinggi.

Tabel 2. Hasil analisis contoh tanah bulk gambut asal Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan.

No.	Parameter	Nilai	Keterangan
1	pH : H ₂ O	3.7	Sangat rendah
	KCl	3.1	Sangat rendah
2	Bahan Organik:		
	C (%)	27	Tinggi
	N (%)	0.19	Rendah
	C/N	142	Tinggi
3	Ekstrak HCl 25%:		
	P ₂ O ₅ (mg/100 g)	12	Rendah
	K ₂ O (mg/100 g)	9	Rendah
4	Nilai Tukar Kation		
	Ca (cmol ₍₊₎ /kg)	3.60	Rendah
	Mg (cmol ₍₊₎ /kg)	1.65	Rendah
	K (cmol ₍₊₎ /kg)	0.85	Rendah
	Na (cmol ₍₊₎ /kg)	0.70	Rendah
	Jumlah (cmol ₍₊₎ /kg)	6.80	Rendah
5	KTK (cmol ₍₊₎ /kg)	138	Sangat tinggi
6	KB * (%)	5	Sangat rendah
7	Ekstrak DTPA:		
	Fe (ppm)	365.4	Sedang
	Mn (ppm)	14.6	Rendah
	Cu (ppm)	2.4	Rendah
	Zn (ppm)	4.5	Rendah
8	Asam Organik:		
	Humat (%)	11.20	Tinggi
	Fulvat (%)	4.65	Tinggi

Seperti tanah organik pada umumnya, KTK tanah gambut dari OKI ini tergolong sangat tinggi (138 cmol kg⁻¹). Muatan negatif gambut umumnya berasal dari proses disosiasi gugus karboksil, hidroksil, dan fenol. Dari segi kapasitas, kemampuan menjerap kation sangat besar, namun kekuatan jerapannya (*sorption power*) tergolong lemah sehingga kation hara seperti Ca, Mg dan K mudah terlindi. Muatan negatif yang besar juga menyebabkan unsur hara yang bermuatan negatif seperti fosfat, sulfat dan nitrat akan

mudah terlindi. Komposisi kation basa pada tapak jerapan negatif didominasi oleh Ca, namun jumlahnya masih tergolong sangat rendah jika dibandingkan dengan kation hidrogen. Oleh karenanya, kejenuhan basa menjadi sangat rendah. Kondisi ini memerlukan upaya ameliorasi dengan agar keseimbangan kation lebih baik.

Kandungan hara P dan K yang dapat diekstrak oleh HCl 25% tergolong sangat rendah. Kedua unsur hara ini diperlukan dalam jumlah banyak oleh tanaman sehingga untuk mencukupi

kebutuhan tanaman harus dilakukan adalah SP-36, TSP, fosfat alam dan pupuk pemupukan. Sumber pupuk P yang umum majemuk NPK.

Tabel 3. Konsentrasi hara makro primer dan makro sekunder pada air leachate setelah 28 hari inkubasi

Perlakuan	Konsentrasi hara pada air leachate (ppm)			
	NH ₄	NO ₃	PO ₄	K
CC	13,28 d	30,41 f	3,67 g	18,67 g
PC	25,30 ab	57,15 ab	4,67 g	47,36 bcd
SP36-1	15,49 cd	37,67 def	20,33 def	36,67 ef
SP36-2	19,20 bcd	41,34 def	31,00 cd	42,44 def
SP36-3	24,05 bc	60,00 a	40,33 bc	53,33 bc
NPK-1	20,09 bcd	32,79 f	30,67 cd	40,88 def
NPK-2	20,49 bcd	46,57 cde	52,00 b	56,07 b
NPK-3	25,87 ab	58,05 ab	75,33 a	75,00 a
CIRP-1	19,52 bcd	36,53 ef	11,33 efg	35,70 f
CIRP-2	24,59 b	40,89 def	14,67 efg	44,81 def
CIRP-3	33,09 a	54,33 abc	21,00 de	55,70 b
Pugam-1	17,25 bcd	34,67 f	6,69 fg	38,67 def
Pugam-2	20,37 bcd	41,05 def	11,33 efg	46,96 cde
Pugam-3	24,76 b	48,33 bcd	11,67 efg	53,33 bc

Keterangan: angka pada satu kolom yang sama dan diikuti huruf yang sama tidak menunjukkan perbedaan nyata

Pelindian Nitrogen

Unsur hara nitrogen tergolong unsur hara yang sangat mobil dalam tanah maupun tanaman. Pergerakan hara menuju akar terjadi karena aliran masa yang dipicu oleh adanya proses evapotranspirasi. Namun pergerakan hara menjauh dari zone perakaran (pelindian) disebabkan karena konduktivitas hidrolis yang tinggi dari tanah gambut. Kelebihan air di zone perakaran karena curah hujan yang tinggi.

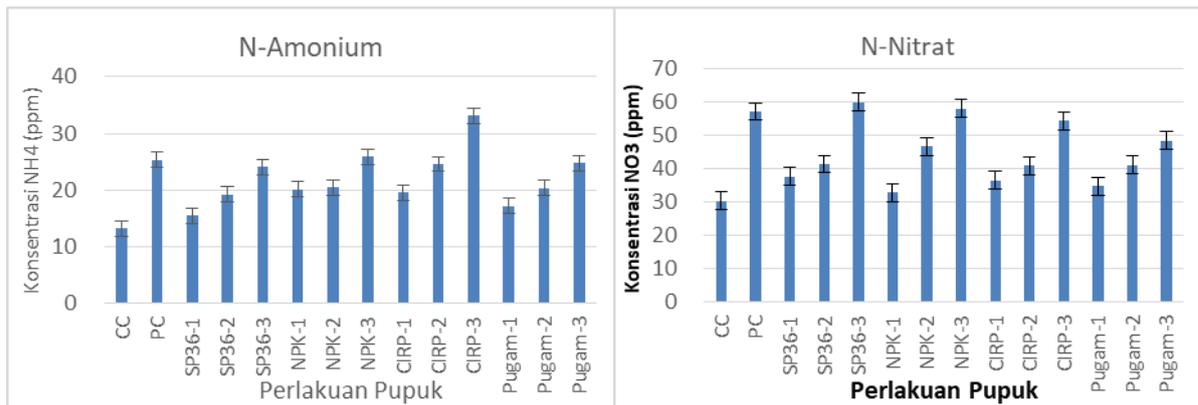
Apabila tanah diberikan hara nitrogen dalam bentuk pupuk urea, maka didalam tanah akan terjadi proses hidrolisis urea menjadi amonium (NH₄⁺) yang larut air. Selanjutnya amonium mengalami proses nitrifikasi menjadi nitrat (NO₃⁻). Proporsi amonium dan nitrat dalam tanah dipengaruhi oleh laju hidrolisis urea dan laju proses nitrifikasi. Tillman dan Scotese (1991) menyatakan bahwa pergerakan NH₄⁺, selain dipengaruhi oleh faktor-faktor pergerakan (aliran massa dan difusi) secara umum, juga ditentukan oleh besarnya hidrolisis urea (seperti enzim urease, air tanah) dan faktor penentu nitrifikasi (seperti pH, air tanah, aktivitas bakteri nitrifikasi).

Hasil analisis NH₄ dan NO₃ dalam air leachate ditampilkan pada Tabel 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum NH₄ terlindi lebih rendah dibandingkan dengan NO₃. Hal ini berkaitan dengan adanya jerapan oleh muatan negatif tanah terhadap kation NH₄⁺. Wild (1981) menyatakan bahwa kation NH₄⁺ merupakan kation yang dapat teradsorpsi di permukaan koloid tanah, sehingga gerakannya akan lebih kecil dibandingkan NO₃⁻ yang senantiasa bebas di larutan tanah. Killpack and Buchholz (2017) menyatakan bahwa bentuk NO₃ akan lebih banyak mengalami leaching karena mobilitasnya tinggi dalam larutan tanah. Sedangkan NH₄ pada umumnya tidak mengalami leaching. Namun kenyataannya NH₄ kalau di tanah gambut mengalami pelindian cukup besar walaupun tidak sebesar NO₃. Hal ini disebabkan karena tanah gambut memiliki daya sangga keasaman yang besar.

Konsentrasi NH₄ pada air leachate berbeda berdasarkan dosis N yang diberikan. Makin tinggi dosis N, maka kandungan NH₄ pada leachate makin tinggi.

Walaupun tanah gambut memiliki muatan negatif yang besar (terekstrak amonium acetat pH 7), namun muatan tanah gambut adalah muatan tergantung pH dimana muatan negatif tanah akan meningkat bila pH tanah meningkat misalnya dengan pengapuran atau dikeringkan. Kation NH_4 yang tidak berhasil menempati tapak jerapan akan tetap berada pada larutan tanah dan mengalami pelindian bila air

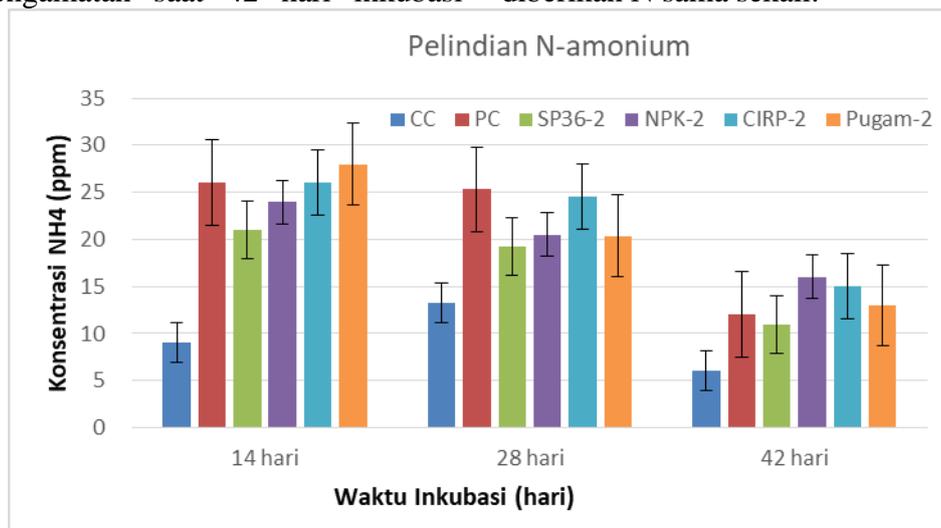
tanah bergerak vertical maupun horizontal. Dari data tersebut juga dapat dilihat bahwa jenis pupuk tidak berpengaruh terhadap konsentrasi NH_4 pada leachate. Hal ini menunjukkan bahwa ion amonium (NH_4) tidak dipengaruhi oleh jenis pupuk yang diberikan, tetapi dipengaruhi oleh dosis N yang diberikan. Makin banyak dosis N maka makin banyak NH_4 yang hilang melalui pencucian.



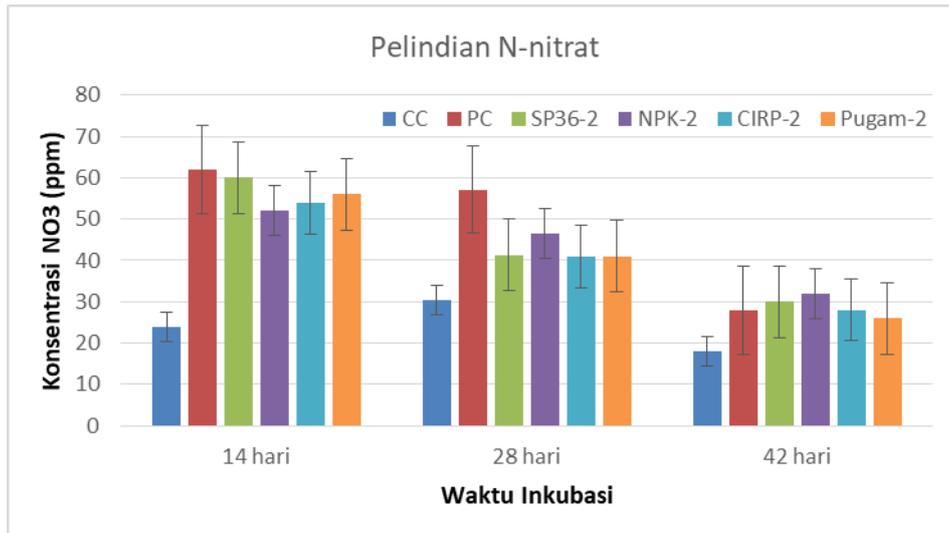
Gambar 1. Konsentrasi N-amonium dan N-nitrat pada air leachate pada inkubasi 28 hari.

Dari hasil 3 kali pengamatan konsentrasi hara, konsentrasi Amonium pada air leachate menunjukkan dinamika dan pola yang hampir sama (Gambar 2). Demikian pula halnya dengan dinamika dan pola ion nitrat (NO_3) walaupun ada kecenderungan pada pengamatan saat 42 hari inkubasi

konsentrasinya terlihat sedikit menurun (Gambar 3). Dari gambar yang ditampilkan tersebut, tidak ada perbedaan nyata konsentrasi NH_4 maupun NO_3 antar perlakuan pupuk, kecuali dengan perlakuan kontrol karena pada perlakuan ini tidak diberikan N sama sekali.



Gambar 2. Dinamika konsentrasi hara N-Amonium pada air leachate pada inkubasi 14 hari, 28 hari dan 42 hari



Gambar 3. Dinamika konsentrasi hara N-Nitrat pada air leachate pada inkubasi 14 hari, 28 hari dan 42 hari

Berbeda dengan NH_4 , anion NO_3 tidak terikat pada tapak jerapan negatif sehingga konsentrasi NO_3 lebih tinggi dibandingkan dengan kation NH_4 . Konsentrasi anion NO_3 pada leachate dipengaruhi oleh dosis N yang diberikan. Diantara jenis pupuk, tidak ada perbedaan yang nyata konsentrasi NO_3 pada dosis N yang sama. Namun ada kecenderungan pada dosis N yang tinggi, konsentrasi NO_3 pada air leachate lebih rendah pada perlakuan Pugam. Muatan positif yang terbentuk karena tanah gambut akibat adanya ikatan tidak jenuh antara kation polivalen dengan asam organik. Muatan positif baru tersebut bisa mengikat sementara anion NO_3 sehingga konsentrasi pada leachate menjadi lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan jenis pupuk fosfat lainnya.

Pelindian Hara Fosfat

Anion fosfat (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} dan PO_4^{3-}) adalah bentuk hara fosfat yang larut dan terjerap pada muatan positif tanah. Hasil analisis konsentrasi PO_4 pada air leachate ditampilkan pada Tabel 3 dan ilustrasi perbandingan pelindian PO_4 pada tanah gambut ditampilkan pada Gambar 4. Konsentrasi PO_4 menunjukkan perbedaan yang nyata akibat perlakuan jenis pupuk. Konsentrasi P tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan pemupukan NPK majemuk

Ponska, diikuti oleh perlakuan pupuk SP-36, fosfat alam CIRP dan pupuk Pugam, masing-masing pada dosis pemupukan yang sama. Hal ini berhubungan dengan daya larut masing-masing jenis pupuk. NPK majemuk adalah pupuk yang larut dalam air dengan cepat sehingga konsentrasi P pada larutan tanah menjadi tinggi. Pupuk SP-36 juga tergolong pupuk P yang mudah larut, tetapi tingkat kelarutannya lebih rendah dibandingkan dengan NPK majemuk. Pupuk fosfat alam CIRP adalah fosfat alam grade C yang memiliki kandungan sesquioxida (Fe dan Al) yang tinggi dan kelarutan P lebih rendah dari SP-36. Sumber fosfat ini memiliki efek ganda untuk menekan kelarutan P dalam air leachate. Selain karena kelarutan P yang rendah, sesquioxida adalah sumber kation polivalen yang bisa membentuk muatan positif pada tanah gambut sehingga mampu menjerap ion fosfat. Pupuk yang mengandung fosfat lainnya yaitu fosfat alam Christmast (CIRP) dan Pugam memiliki tingkat kelarutan yang rendah sehingga laju kehilangan fosfat melalui pelindian relatif lebih rendah dibandingkan pupuk NPK.

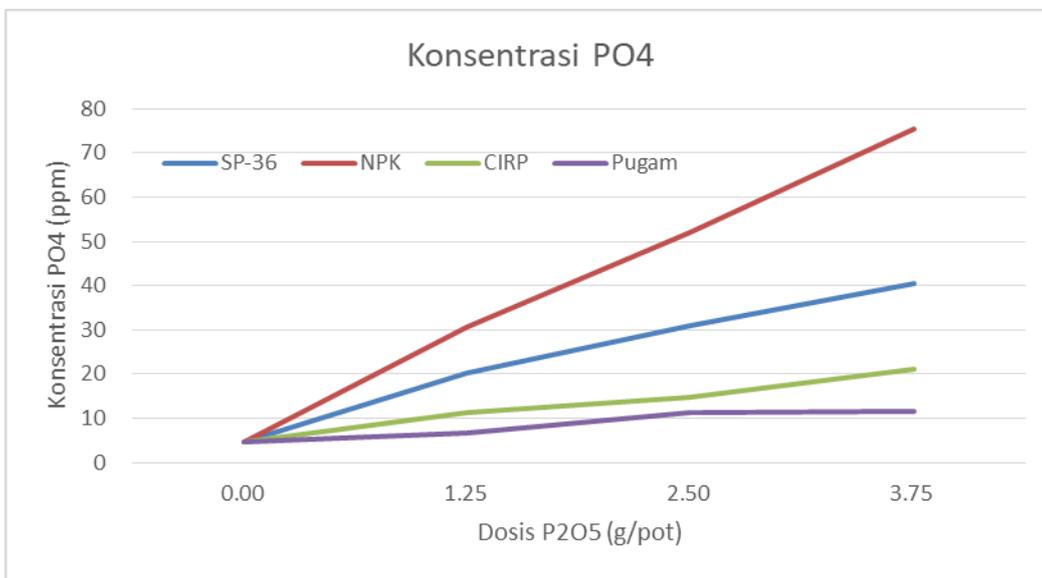
Dari hasil 3 kali analisis kandungan leachate, Pupuk NPK selalu menunjukkan konsentrasi PO_4 paling tinggi terkait dengan tingkat kelarutan pupuk NPK yang

tergolong cepat. Sebaliknya CIRP dan Pugam selalu paling rendah karena tingkat kelarutan yang rendah dan dibantu oleh keberadaan Fe dan Al yang membentuk muatan positif sehingga mampu menjerap anion P. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Forsman dan Kjaergarrd (2014) hasil penelitian Schoumans (2015)

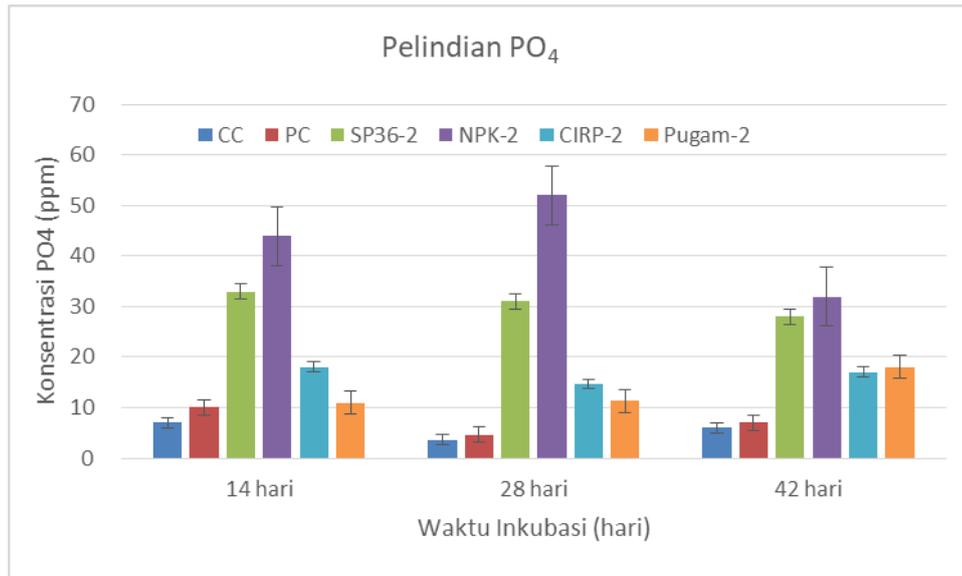
Pugam adalah pupuk fosfat yang khusus diformulasi untuk tanah gambut mengandung sekitar 13% P₂O₅. Pugam juga memiliki tingkat kelarutan yang rendah sehingga hara fosfat dilepas secara perlahan ke dalam larutan tanah. Pugam memiliki kandungan sesquioxida yang lebih tinggi dibandingkan dengan CIRP. Pugam juga mengandung Fe, Al, Cu dan Zn yang juga berfungsi sebagai sumber muatan positif setelah berinteraksi dengan asam-asam organik tanah. Oleh karenanya, Pugam memiliki kemampuan menjerap P lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Dengan rendahnya potensi kehilangan melalui pelindian, maka CIRP dan pupuk Pugam lebih cocok digunakan pada lahan gambut untuk menekan laju kehilangan P melalui pelindian

dibandingkan menggunakan NPK majemuk. Dengan demikian maka tanaman juga memiliki peluang lebih tinggi untuk menyerap hara P untuk pertumbuhan yang lebih baik dan meningkatkan efisiensi pemupukan P.

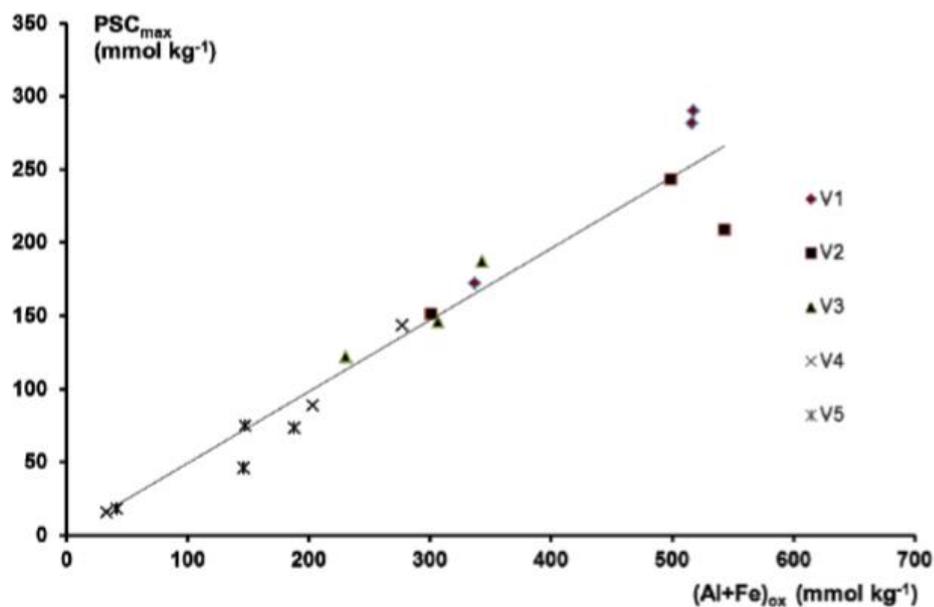
Forsman dan Kjaergaard, (2014) menyatakan bahwa pelindian P dari tanah gambut ditentukan oleh kelarutan besi yang dapat diprediksi dari Fe/P ratio. Makin tinggi Fe/P maka pelindian P makin kecil. Hasil penelitian Schoumans (2015) menyatakan bahwa kandungan Al dan Fe pada tanah gambut berkorelasi sangat nyata dengan jerapan P, dimana makin tinggi kandungan Al dan Fe maka kapasitas jerapan P (P sorption capacity) makin tinggi (Gambar 6). CIRP dan Pugam adalah pupuk P yang mengandung Al dan Fe yang tinggi. Dalam kondisi tanah gambut yang sangat masam maka Al dan Fe tersebut akan melarut dan membentuk ikatan koordinasi dengan ligan organik membentuk khelat. Sisa muatan positif Al dan Fe menjadi tapak jerapan baru untuk mengikat anion fosfat sehingga mengurangi laju pelindian.



Gambar 4. Hubungan antara dosis P dan konsentrasi anion fosfat (PO₄) air leachate setelah inkubasi 28 hari.



Gambar 5. Dinamika konsentrasi hara P air leachate pada inkubasi 14 hari, 28 hari dan 42 hari.



Gambar 6. Hubungan antara kandungan Al + Fe dan kapasitas jerapan fosfat pada tanah gambut (Schoumans, 2015)

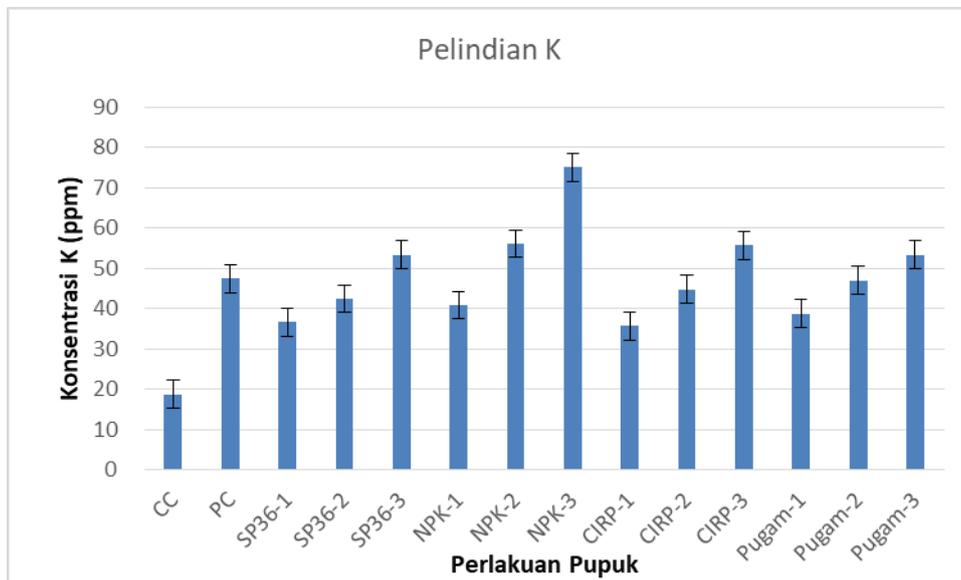
Pelindian Hara Kalium

Hara Kalium (K) larut dan terjerap dalam tanah serta diserap tanaman dalam bentuk kation K^+ . Karena tanah gambut bermuatan negatif, maka kation K akan terjerap oleh muatan negatif tanah secara elektrostatis. Namun, tanah gambut dikenal memiliki daya sangga yang kuat sehingga K dijerap hanya sementara karena H^+ akan kembali mendesak K melalui aksi massa

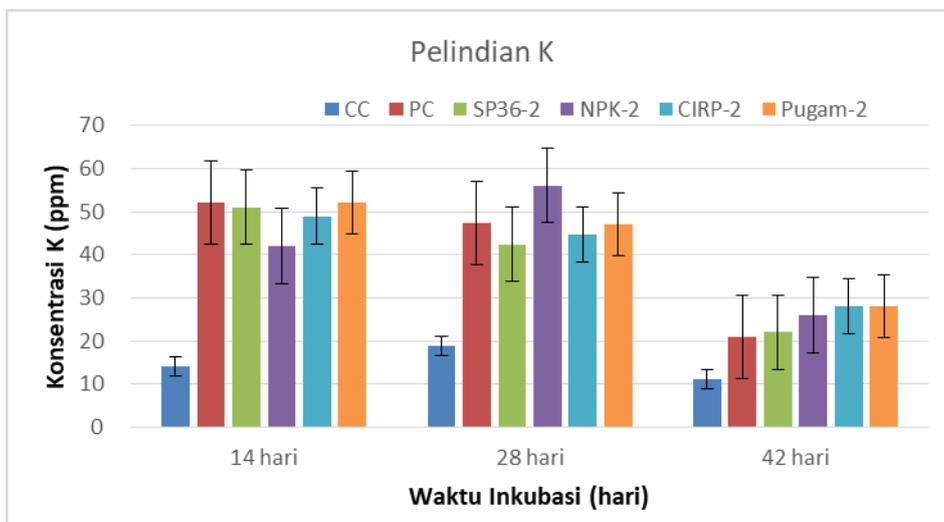
sehingga mudah terlindi. Jumlah hara K yang terlindi dipengaruhi oleh dosis K yang diberikan, dimana makin tinggi dosis K yang diberikan maka makin banyak K yang terlindi. Perlakuan beragam jenis pupuk nampak tidak berpengaruh nyata, namun ada kecenderungan perlakuan pemupukan NPK majemuk terlihat konsentrasi K pada leachate paling tinggi.

Dinamika kalium dalam larutan tanah dipengaruhi oleh muatan negatif tanah dimana makin tinggi muatan negatifnya maka kation K terjerap lebih banyak. Pergerakan K dalam larutan tanah terjadi melalui mekanisme aliran masa dan difusi. Oleh karenanya, kehilangan hara K melalui pelindian, semata-mata dipengaruhi oleh jumlah atau dosis K yang diberikan melalui pupuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa K dari pupuk NPK mengalami pelindian lebih besar dibandingkan pupuk lainnya setelah masa inkubasi 28 hari. Sedangkan pada masa inkubasi 14 hari, pelindian K pada pupuk

NPK lebih rendah dari perlakuan lainnya yang menggunakan KCl sebagai sumber K. Hal ini disebabkan karena KCl sangat mudah larut sehingga begitu diaplikasikan langsung larut dan terlindi bila tidak dijerap oleh muatan negatif tanah. Perbedaan pelindian yang paling nyata disebabkan perlakuan dosis pupuk K. Makin tinggi dosis pupuk yang diberikan, maka pelindian K semakin besar. Pelindian K pada inkubasi 14 hari dan 28 hari menunjukkan konsentrasi K yang relatif sama, Sedangkan setelah inkubasi 42 hari, konsentrasi K pada air leachate makin berkurang (Gambar 8).



Gambar 7. Konsentrasi hara K pada air leachate pada inkubasi 28 hari.



Gambar 8. Dinamika konsentrasi K pada air leachate pada inkubasi 14 hari, 28 hari dan 28 hari.

KESIMPULAN

1. Pelindian N dalam bentuk N-nitrat lebih tinggi dibandingkan dengan N-amonium karena tanah gambut memiliki muatan negatif yang mampu menahan kation NH_4 .
2. Pelindian N lebih dominan disebabkan karena pengaruh dosis aplikasi N, dimana makin tinggi dosis aplikasi, maka kehilangan N melalui pelindian makin besar.
3. Pelindian P menunjukkan perbedaan yang nyata dimana perlakuan pupuk CIRP dan Pugam terlindi lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan pupuk NPK dan SP-36. Dosis aplikasi pupuk juga menunjukkan perbedaan yang nyata dimana makin tinggi dosis pupuk, maka kehilangan P melalui pelindian semakin besar.
4. Pelindian P tidak hanya dipengaruhi oleh tingkat kelarutan P pupuk, tetapi juga dipengaruhi oleh keberadaan Fe dan Al yang berfungsi sebagai kation polivalen yang membentuk muatan positif tanah untuk tapak jerapan P.
5. Pelindian K tidak dipengaruhi oleh jenis pupuk yang diberikan, tetapi dipengaruhi oleh dosis aplikasi K dimana makin tinggi dosis K, pelindian K makin besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Balai Penelitian Tanah dan PT. Polowijo Gosari yang telah mendanai penelitian ini. Terima kasih juga kepada staf Instalasi Rumah Kaca dan Staf Laboratorium Kimia Balai Penelitian Tanah yang telah membantu mulai dari persiapan, pelaksanaan penelitian dan analisis contoh air, sehingga tulisan ini bisa selesai. Semoga Tuhan memberkati dan membalas bantuan yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus F dan IGM Subiksa. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAFT) Bogor, Indonesia.
- Chapman AS, Foster IDL, Lees JA, Hodgkinson RA. 2005. Sediment delivery from agricultural land to rivers via subsurface drainage. *Hydrol. Proc.* 19, 2875-2897.
- Chardon WJ, Schoumans OF. 2007. Soil texture effects on the transport of phosphorus from agricultural land in river deltas of Northern Belgium, The Netherlands and North-West Germany. *Soil Use and Manage.* 23 (suppl. 1), 1624.
- Forsman DM and C Kjaergaard. 2014. Phosphorus release from anaerobic peat soils during convective discharge — Effect of soil Fe:P molar ratio and preferential flow. *Geoderma* 225: 21-32. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706114000524>
- Halim A. 1987. Pengaruh pencampuran tanah mineral dan basa dengan tanah gambut pedalaman Kalimantan Tengah dalam budidaya tanaman kedelai. Disertasi Fakultas Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Hartatik W, K Idris, S Sabiham, S Djuniwati, dan JS Adiningsih. 2004. Pengaruh pemberian fosfat alam dan SP-36 pada tanah gambut yang diberi bahan amelioran tanah mineral terhadap serapan P dan efisiensi pemupukan P. Prosiding Kongres Nasional VIII HITI. Universitas Andalas. Padang.
- Heathwaite AL, Quinn PF, Hewett CJM. 2005. Modelling and managing critical source areas of diffuse pollution from agricultural land using flow connectivity simulation. *J. Hydrology* 304: 446-461.

- Killpack S C and Daryl Buchholz. 2018. Nitrogen in the Environment: Leaching. <https://extension2.missouri.edu/wq262>.
- Kononova MM. 1968. Transformation of organic matter and their relation to soil fertility. *Sov. Soil. Sci.* 8:1047-1056.
- Mario MD. 2002. Peningkatan produktivitas dan stabilitas tanah gambut dengan pemberian tanah mineral yang diperkaya oleh bahan berkadar besi tinggi. Disertasi Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Rachim A. 1995. Penggunaan kation-kation polivalen dalam kaitannya dengan ketersediaan fosfat untuk meningkatkan produksi jagung pada tanah gambut. Disertasi. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Riley WJ, I Ortiz-Monasterio and PA Matson. 2001. Nitrogen leaching and soil nitrate, nitrite, and ammonium levels under irrigated wheat in Northern Mexico. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 61: 223-236.
- Ritung et al., 2015. Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia. Dalam Husen et al. (Eds). IAARD Press.
- Russel E W. 1973. *Soil Condition and Plant Growth* 10th edition Longman-LBS, London.
- Sabiham S, TB Prasetyo dan S Dohong. 1997. Phenolic acid in Indonesian peat. In Rieley and Page (Eds). Pp. 289-292. *Biodiversity and Sustainability of Tropical Peat and Peatland*. Samara Publishing Ltd. Cardigan. UK.
- Salampak. 1999. Peningkatan produktivitas tanah gambut yang disawahkan dengan pemberian bahan amelioran tanah mineral berkadar besi tinggi. Disertasi Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Schoumans OF. 2015. Phosphorus leaching from soils: process description, risk assessment and mitigation. PhD Thesis Wageningen University.
- Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy*. Eleventh Edition, 2010. Natural Resources Conservation Service-United States Department of Agricultural, Washington DC.
- Stevenson FJ. 1994. *Humus Chemistry. Genesis, Composition, and Reactions*. John Wiley and Sons. Inc. New York. 443 p.
- Subiksa IGM, K Nugroho, Sholeh and IPG Widjaja Adhi. 1997. The effect of ameliorants on the chemical properties and productivity of peat soil. In: Rieley and Page (Eds). Pp:321-326. *Biodiversity and Sustainability of Tropical Peatlands*. Samara Publishing Limited, UK.
- Subiksa IGM, Sulaeman, dan IPG Widjaja-Adhi. 1998. Pembedingan pengaruh bahan amelioran untuk meningkatkan produktivitas lahan gambut. *Dalam* Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor, 10-12 Februari 1998.
- Thomas SM, Ledgard SF, and Francis GS. 2005. Improving estimates of nitrate leaching for quantifying New Zealand's indirect nitrous oxide emissions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 73, 213-226.
- Tillman RW and D R Scotter. 1991. Movement of Solute associated with Intermittent Soil Water Flow II . Nitrogen and Cation. *Aust. J. Soil Res.* 29: 185 - 196.
- Wild A. 1981. *Mass Flow and Diffusion in D.J. Greenland and M.H.B. Hayes (eds). The Chemistry of Soil Processes*. John Wiley & Sons New York.