

PENGARUH BAHAN ORGANIK TERHADAP KETERSEDIAAN FOSFOR PADA TANAH-TANAH KAYA Al DAN Fe

Effect of Organic Matter on Phosphorus Availability in Soils Rich of Al and Fe

Mei Nalita Sari¹⁾, Sudarsono²⁾, dan Darmawan²⁾

¹⁾ Alumni Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

²⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

ABSTRACT

The availability of P that can be absorbed by plants in the soil is generally very low, because P in the soil are mainly in adsorbed form. Addition of organic matter can improve the availability of P in the soil, because organic acids that are resulted by decomposition of organic matter have an ability to make chelation of Al and Fe so P may become available. The aim of this research was to study effect of organic matter in releasing and preventing adsorption of P and to study whether the effect of organic matter is better if it is applied before or after P fertilization. This research consisted of five treatments: (1) Soil + straw compost + P fertilizer 2 weeks later, (2) Soil + P fertilizer + straw compost after 2 weeks, (3) Soil + cow manure compost + P fertilizer after 2 weeks, (4) Soil + P fertilizer + cow manure compost after 2 weeks, and (5) Soil + P fertilizer. The kind of soil were used in this research Andosol, Latosol, Podsolik. Each treatment on the three soils was incubated for 1 and 2 months. The results showed that treatment of organic matter and P fertilizer addition is increasing pH and P-availability, as well as lowering the Al- and Fe-availability on the three soils. Cow manure compost gives a higher effect than straw compost. The addition of organic matter after P fertilization to improve releasing adsorption of P and preventing adsorption of P on Latosol and Podsolik. The addition of cow manure compost on Andosol increasing P-availability is better if it is done before P fertilization, meanwhile organic matter addition after P fertilization.

Keywords: Availability of P, compost, organic matter, P Sorption

ABSTRAK

Ketersediaan fosfor (P) di dalam tanah pada umumnya sangat rendah, karena P banyak dijerap oleh klei, Al dan Fe, maupun oleh alofan pada tanah Andosol. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah karena asam organik hasil dari dekomposisi bahan organik memiliki kemampuan dalam mengikat kation seperti Al dan Fe melalui ikatan khelasi sehingga fosfor (P) dapat tersedia. Tujuan penelitian : (1) mengetahui pengaruh bahan organik dalam melepaskan dan mencegah penjerapan P dan (2) mengetahui apakah penambahan bahan organik lebih baik jika dilakukan sebelum pemupukan P atau setelah pemupukan P. Penelitian ini terdiri dari lima perlakuan: (1) Tanah + kompos jerami + pupuk P 2 minggu kemudian, (2) Tanah + pupuk P + kompos jerami setelah 2 minggu, (3) Tanah + kompos kotoran sapi + pupuk P 2 minggu kemudian, (4) Tanah + pupuk P + kompos kotoran sapi setelah 2 minggu, dan (5) Tanah + pupuk P. Tanah yang digunakan untuk penelitian adalah Andosol, Latosol, dan Podsolik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bahan organik dan pupuk P pada perlakuan lebih berpengaruh dalam meningkatkan pH dan P-tersedia serta menurunkan Al-dd dan Fe-tersedia. Kompos kotoran sapi memberikan pengaruh yang lebih tinggi dibandingkan kompos jerami. Pada tanah Latosol dan Podsolik, penambahan kompos kotoran sapi maupun jerami lebih baik jika dilakukan setelah pemupukan P. Pada tanah Andosol penambahan kompos kotoran sapi untuk meningkatkan P-tersedia lebih baik jika dilakukan sebelum pemupukan P, sedangkan kompos jerami setelah pemupukan P.

Kata kunci: Ketersediaan P, kompos, pengaruh bahan organik, jerapan P

PENDAHULUAN

Fosfor (P) merupakan salah satu hara esensial bagi tanaman. Tanaman sangat membutuhkan fosfor untuk pertumbuhannya. Akan tetapi, ketersediaan fosfat yang dapat diserap tanaman di dalam tanah sangatlah rendah.

Hal ini disebabkan karena fosfor di dalam tanah banyak terdapat dalam bentuk terjerap (Buckman dan Brady 1974). Fosfor (P) dalam tanah banyak dijerap oleh klei, Al dan Fe, maupun oleh alofan pada tanah Andosol. Pada tanah yang memiliki pH rendah, kelarutan ion Al dan Fe relatif tinggi sehingga dapat menfiksasi P dalam tanah

yang menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi kurang baik. Barrow (1972) dan Dierolf *et al.* (2001) mengemukakan bahwa unsur P tidak mudah hilang dari dalam tanah karena proses pencucian (kecuali pada tanah sangat berpasir) tetapi tetap terjerap pada permukaan koloid tanah.

Penambahan bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah. Pengaruh bahan organik terhadap ketersediaan P dapat secara langsung melalui proses mineralisasi atau secara tidak langsung dengan membantu pelepasan P yang terfiksasi. Hasil dekomposisi bahan organik yang berupa asam-asam organik dapat membentuk ikatan khelasi dengan ion-ion Al dan Fe sehingga dapat menurunkan kelarutan ion Al dan Fe, maka dengan begitu ketersediaan P menjadi meningkat. Asam-asam organik yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik juga dapat melepaskan P yang terjerap sehingga ketersediaan P meningkat (Fox *et al.* 1990; Stevenson 1982; Nurhayati dkk 1986)

Menurut Bhatti *et al.* (1998), asam-asam organik sederhana seperti asam oksalat merupakan salah satu senyawa penting dalam proses pelepasan jerapan P. Mekanisme asam oksalat dalam meningkatkan ketersediaan P, dapat dengan menggantikan P yang terjerap melalui pertukaran ligan pada permukaan Al dan Fe oksida. Selain itu juga dapat dengan melalui pelarutan permukaan logam oksida dan melepaskan P yang terjerap, serta dapat juga melalui pengkompleksan Al dan Fe pada larutan, lalu mencegah pengendapan ulang dari senyawa P-logam dan penjerapan P oleh Al dan Fe.

Setiap tanah memiliki respon yang berbeda dengan penambahan bahan organik dalam meningkatkan ketersediaan P. Menurut Nuryani *et al.* (1993), tanah Andosol menjerap P sangat kuat, sangat lambat dalam melepaskan P kembali, sedangkan tanah Latosol lebih lemah mengikat P, dan melepaskan P lebih cepat.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas maka perlu dilakukan penelitian untuk melihat pengaruh dari bahan organik dalam mencegah penjerapan P dan melepaskan P yang terjerap di dalam tanah sehingga dapat meningkatkan ketersediaan P. Tujuan penelitian ini yaitu Mengetahui apakah bahan organik dapat mencegah penjerapan fosfor serta melepaskan fosfor yang terjerap pada tanah-tanah kaya Al dan Fe dan mengetahui apakah penambahan bahan organik lebih baik jika dilakukan sebelum pemupukan P atau setelah pemupukan P.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Bagian Pengembangan Sumberdaya Fisik Lahan dan Bagian Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor dan Kebun Percobaan Cikabayan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Waktu penelitian dari Mei hingga November 2012.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beberapa contoh tanah (Andosol Sukamantri, Latosol Dramaga, Podsolik Gajrug) dan kompos dari residu tanaman (jerami) dan residu hewan (kotoran sapi), serta pupuk P (SP-36).

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap kegiatan yaitu :

1. Persiapan contoh tanah

Contoh tanah Andosol diambil dari lahan di Sukamantri, contoh tanah Latosol dari Dramaga, dan contoh tanah Podsolik dari Gajrug. Pengambilan contoh tanah dilakukan secara komposit, lalu contoh tanah tersebut di kering udarakan selanjutnya diayak. Contoh tanah kering udara lolos saringan 2 mm digunakan untuk inkubasi dan untuk keperluan analisis tanah di laboratorium digunakan contoh tanah lolos saringan 0,05 mm. Alat-alat yang digunakan dalam pengambilan contoh tanah yaitu cangkul, kantong plastik, kertas label, karung, alat tulis.

2. Pembuatan kompos

Kompos yang digunakan terdiri dari dua jenis, yaitu kompos jerami dan kompos kotoran sapi. Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan kompos yaitu kotoran ternak (sapi), jerami, urea, bioaktivator (bioekstrim), air, terpal, plastik *polybag*, sekop, cangkul.

3. Pencampuran tanah, pupuk P dan kompos serta inkubasi

Ada lima perlakuan dalam inkubasi yaitu (1) Tanah ditambah kompos jerami lalu setelah 2 minggu baru ditambahkan pupuk P (A+J+P, L+J+P, Pd+J+P), (2) Tanah ditambah pupuk P lalu setelah 2 minggu baru ditambahkan kompos jerami (A+P+J, L+P+J, Pd+P+J), (3) Tanah ditambah kompos kotoran sapi lalu setelah 2 minggu baru ditambahkan pupuk P (A+KS+P, L+KS+P, Pde+KS+P), (4) Tanah ditambah pupuk P lalu setelah 2 minggu baru ditambahkan kompos kotoran sapi (A+P+KS, L+P+KS, Pd+P+KS), dan (5) Tanah ditambah pupuk P saja (A+P, L+P, Pd+P). Contoh tanah yang digunakan untuk inkubasi dalam setiap *polybag* (500 g) yaitu 300 g tanah BKU hasil ayakan 2 mm. Kompos yang dibutuhkan untuk dicampur dengan tanah yaitu 10 % dari bobot tanah atau 30 g. Sedangkan pupuk P yang dibutuhkan dikonversi dari kebutuhan rata-rata pupuk P (SP-36) per hektar (200 kg ha⁻¹) dibandingkan dengan bobot tanah dalam 1 ha dan bobot contoh tanah yang digunakan untuk inkubasi, sehingga dihasilkan bobot pupuk P (SP-36) yang ditambahkan dalam 300 g tanah yaitu 30 mg. Pencampuran tanah, pupuk P, dan kompos disesuaikan dengan perlakuan. Tanah diinkubasi dalam keadaan terbuka (kondisi suhu ruang) dengan lama inkubasi 1 dan 2 bulan. Selama proses inkubasi dilakukan penambahan air sesuai kapasitas lapang.

4. Analisis karakteristik kompos

Kompos yang telah dibuat dianalisis karakteristiknya, yaitu kadar air (KA), % C, % N, C/N rasio, dan juga pH. Analisis % C pada kompos dilakukan dengan menggunakan metode Mebius, sedangkan analisis % N dengan menggunakan metode Kjeldahl.

5. Analisis tanah di laboratorium

Setiap tanah dengan masing-masing perlakuan dan inkubasi dianalisis. Analisis yang dilakukan yaitu pengukuran ketersediaan P, Al-dd, Fe-tersedia, dan pH sebelum dan sesudah perlakuan inkubasi. Pengukuran P dilakukan dengan metode Bray-1 dan diukur dengan menggunakan Spektrofotometer, penetapan tekstur tanah dilakukan dengan cara pipet, penetapan pH tanah dengan menggunakan pH meter, penetapan Al-dd dilakukan dengan menggunakan metode titrasi, dan penetapan Fe-tersedia dilakukan dengan pengekstrak HCl 0,05 N dan diukur menggunakan AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Kadar P-tersedia Tanah Andosol

Hasil pengukuran pH, Al-dd, Fe-tersedia, dan P-tersedia tanah Andosol dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut, pH tanah Andosol setelah perlakuan mengalami peningkatan dibanding sebelum perlakuan, baik pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P (A+J+P, A+P+J, A+KS+P, A+P+KS) maupun perlakuan yang ditambah pupuk P saja (A+P). Perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P memiliki pH yang lebih tinggi daripada perlakuan yang hanya ditambah pupuk P. Peningkatan pH tanah pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P disebabkan karena bahan organik yang ditambahkan mengikat Al dan membentuk senyawa kompleks sehingga Al tidak terhidrolisis lagi. Sedangkan peningkatan pH pada perlakuan yang ditambah pupuk P saja disebabkan karena pupuk P ($TSP = Ca(H_2PO_4)_2$) yang ditambahkan tidak hanya mengandung P saja tetapi juga mengandung unsur hara lain yang dapat meningkatkan pH seperti Ca. pH tanah Andosol secara umum meningkat dengan bertambahnya inkubasi (perlakuan A+P+J, A+KS+P, A+P+KS, A+P) kecuali perlakuan A+J+P. Penurunan pH pada perlakuan A+J+P mungkin disebabkan karena dekomposisi dari bahan organik banyak menghasilkan asam-asam organik sehingga menyebabkan pH tanah menurun.

Berdasarkan Tabel 1, Fe-tersedia tanah Andosol setelah perlakuan lebih tinggi daripada sebelum perlakuan kecuali pada perlakuan A+P+KS. Peningkatan Fe-tersedia pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P (A+J+P, A+P+J, dan A+KS+P) disebabkan karena bahan organik melepaskan ikatan Fe-P sehingga Fe dalam bentuk bebas (Fe-tersedia) meningkat. Fe-tersedia pada perlakuan yang ditambah pupuk P saja (A+P) juga meningkat karena penambahan pupuk P pada tanah Andosol meningkatkan ikatan Fe-P, namun karena alofan yang terkandung pada tanah Andosol sangat tinggi dan memiliki kapasitas jerapan yang lebih besar daripada Fe, menyebabkan P yang awalnya di jerap oleh Fe (Fe-P) terlepas ikatannya dan P dijerap oleh alofan sehingga Fe-tersedia menjadi meningkat. Fe-tersedia tanah Andosol secara umum meningkat dengan meningkatnya masa inkubasi kecuali pada perlakuan A+P+KS dan A+J+P. Fe-tersedia pada perlakuan A+P+KS dan A+J+P menurun dengan meningkatnya masa inkubasi disebabkan karena kemungkinan Fe menjerap P sehingga Fe-tersedia menjadi menurun. Hal ini bisa dilihat dari menurunnya kadar P-tersedia pada inkubasi 2 bulan.

Kadar Al-dd tanah Andosol dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut, Al-dd tanah setelah perlakuan lebih rendah dibanding sebelum perlakuan. Penurunan Al-dd pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P, mungkin disebabkan karena Al dikhelat oleh bahan organik sehingga Al-dd menjadi menurun. Perlakuan yang hanya ditambah pupuk P (A+P) juga mengalami penurunan Al-dd dibanding sebelum perlakuan, hal ini disebabkan karena kemungkinan Al menjerap P membentuk ikatan Al-P sehingga Al-dd tanah menjadi menurun. Perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P memiliki Al-dd yang lebih rendah dibanding perlakuan yang ditambah pupuk P saja. Hal tersebut mungkin disebabkan karena bahan organik mengikat Al sehingga kadar Al-dd tanah menurun selain itu juga karena Al menjerap P.

Tabel 1. Perubahan pH, P-tersedia, Al-dd, Fe-tersedia tanah Andosol

Analisis	Inkubasi (Bulan)	Perlakuan					
		A	A+J+P	A+P+J	A+KS+P	A+P+KS	A+P
pH	0	4,86					
	1		5,20	5,18	5,00	5,35	4,93
	2		5,13	5,28	5,28	5,58	5,10
Fe-tersedia (ppm)	0	0,55					
	1		0,46	1,12	0,87	0,36	0,88
	2		1,16	0,70	0,65	0,47	0,64
Al-dd (me 100 g ⁻¹)	0	0,24					
	1		0,00	0,12	0,00	0,00	0,24
	2		0,12	0,12	0,00	0,00	0,12
P-tersedia (ppm)	0	6,85					
	1		9,35	10,20	10,67	10,16	9,10
	2		9,02	8,46	8,64	7,90	9,22

Keterangan :

- A+J+P : Andosol + kompos jerami + pupuk P
- A+P+J : Andosol + pupuk P + kompos jerami
- A+KS+P : Andosol + kompos kotoran Sapi + pupuk P
- A+P+KS : Andosol + pupuk P + kompos kotoran sapi
- A+P : Andosol + pupuk P

Secara umum kadar Al-dd tanah Andosol mengalami penurunan dengan meningkatnya masa inkubasi kecuali pada perlakuan A+J+P. Hal ini mungkin disebabkan karena pH tanah pada inkubasi 2 bulan mengalami penurunan sehingga kadar Al-dd juga akan mengalami peningkatan.

P-tersedia tanah Andosol dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut, kadar P-tersedia tanah Andosol setelah perlakuan lebih tinggi dibanding sebelum perlakuan. Peningkatan P-tersedia ini disebabkan karena penambahan pupuk P. Kadar P-tersedia pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P mengalami penurunan dengan bertambahnya masa inkubasi. Penurunan P-tersedia ini mungkin disebabkan karena P dijerap oleh alofan. Selain itu juga disebabkan karena P dijerap oleh Fe membentuk Fe-P, hal ini bisa dilihat dengan menurunnya kadar Fe-tersedia. Kadar P-tersedia pada perlakuan yang hanya ditambah pupuk P mengalami peningkatan dengan bertambahnya masa inkubasi, karena P menjadi lambat tersedia sehingga dengan semakin lama inkubasi maka akan menyebabkan P-tersedia meningkat.

Penambahan kompos dan pupuk P lebih memberikan pengaruh dalam meningkatkan ketersediaan P dan menurunkan Al-dd dibanding perlakuan yang hanya ditambahkan pupuk P. Keadaan ini sesuai dengan pendapat Rajan *et al.* (1996); Rusnetty (2000); dan Sufardi (1999) yang mengemukakan bahwa penambahan bahan organik akan memberikan pengaruh positif terhadap kelarutan fosfat di dalam tanah. Perlakuan yang memberikan pengaruh yang paling besar dalam meningkatkan pH dan P-tersedia tanah serta menurunkan Al-dd dan Fe-tersedia yaitu perlakuan yang diberikan kompos kotoran sapi dan pupuk P (A+KS+P dan A+P+KS).

Perubahan Kadar P-tersedia Tanah Latosol

Hasil pengukuran pH, Al-dd, Fe-tersedia, dan P-tersedia tanah Latosol disajikan pada Tabel 2. Peningkatan pH pada tanah Latosol menyebabkan terjadinya penurunan kadar Al-dd dan Fe-tersedia tanah. Tanah Latosol memiliki pH tanah setelah perlakuan yang lebih tinggi daripada sebelum perlakuan. pH tanah pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P (L+J+P, L+P+J, L+KS+P, L+P+KS) meningkat dibanding sebelum perlakuan. Hal ini disebabkan karena bahan organik yang ditambahkan mengikat Al membentuk senyawa kompleks yang tidak bisa dihidrolisis lagi.

pH tanah pada perlakuan yang hanya ditambah pupuk P (L+P) juga meningkat dibanding sebelum perlakuan, karena pupuk P yang ditambahkan tidak hanya mengandung P saja tetapi juga mengandung unsur hara lain yang dapat meningkatkan pH seperti Ca. pH pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P lebih tinggi dibanding perlakuan yang hanya ditambah pupuk P. pH tanah meningkat dengan meningkatnya masa inkubasi pada perlakuan L+J+P, L+KS+P, dan L+P+KS, kecuali pada perlakuan L+P+J dan L+P. Penurunan pH dengan meningkatnya masa inkubasi pada perlakuan L+P+J disebabkan karena dekomposisi dari bahan organik (kompos jerami) banyak menghasilkan asam-asam organik sehingga pH tanah menurun. Sedangkan pada perlakuan L+P penurunan pH disebabkan karena terjadinya peningkatan Al-dd.

Berdasarkan Tabel 2, Fe-tersedia tanah Latosol setelah perlakuan lebih rendah dibanding sebelum perlakuan, kecuali pada perlakuan L+P+J dan L+P. Peningkatan Fe-tersedia pada perlakuan L+P+J disebabkan karena bahan organik melepaskan ikatan Fe-P sehingga Fe yang berada dalam bentuk bebas (Fe-tersedia) meningkat. Sedangkan peningkatan Fe-tersedia pada perlakuan yang ditambah pupuk P saja (L+P) disebabkan karena P yang awalnya dijerap oleh Fe dalam bentuk Fe-P menjadi dijerap oleh klei, karena tanah Latosol memiliki mineral klei tipe 1:1 yang memiliki kemampuan menjerap P yang tinggi sehingga kadar Fe-tersedia meningkat. Fe-tersedia perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P mengalami penurunan dibanding sebelum perlakuan karena bahan organik dapat mengikat Fe sehingga kadar Fe-tersedia tanah menurun. Fe-tersedia perlakuan yang hanya ditambah pupuk P juga mengalami penurunan pada inkubasi 2 bulan dibanding sebelum perlakuan disebabkan karena kemungkinan Fe menjerap P membentuk ikatan Fe-P sehingga Fe-tersedia tanah menjadi menurun, hal ini dapat dilihat dengan rendahnya kadar P-tersedia pada perlakuan L+P. Fe-tersedia tanah Latosol menurun dengan meningkatnya masa inkubasi (perlakuan L+J+P, L+P+J, L+KS+P, L+P) tetapi kadar Fe-tersedia perlakuan L+P+J dan L+P pada inkubasi 1 bulan lebih tinggi dibanding sebelum perlakuan. Fe-tersedia perlakuan L+P+KS meningkat dengan meningkatnya masa inkubasi meskipun kadar Fe-tersedianya masih lebih rendah dibanding sebelum perlakuan karena bahan organik melepaskan ikatan Fe-P sehingga Fe yang berada dalam bentuk bebas (Fe-tersedia) meningkat.

Berdasarkan Tabel 2, Al-dd tanah Latosol setelah perlakuan lebih rendah dibanding sebelum perlakuan. Penurunan Al-dd pada perlakuan yang ditambah pupuk P saja disebabkan karena kemungkinan Al menjerap P membentuk ikatan Al-P sehingga Al-dd tanah menurun. Al-dd pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P juga mengalami penurunan yang disebabkan karena bahan organik dapat mengikat Al sehingga kadar Al-dd tanah menurun. Al-dd tanah Latosol pada perlakuan L+J+P dan L+P+J menurun dengan meningkatnya masa inkubasi mungkin disebabkan karena Al dikhelat oleh bahan organik sehingga kadar Al-dd menurun. Al-dd tanah Latosol pada perlakuan L+KS+P, L+P+KS, dan L+P meningkat dengan meningkatnya masa inkubasi. Peningkatan Al-dd pada perlakuan L+KS+P dan L+P+KS disebabkan karena bahan organik melepaskan ikatan Al-P sehingga Al-dd meningkat. Sedangkan pada perlakuan L+P, peningkatan Al-dd disebabkan karena P yang awalnya dijerap oleh Al dalam bentuk Al-P menjadi dijerap oleh klei, karena tanah Latosol memiliki mineral klei tipe 1:1 yang memiliki kemampuan menjerap P yang tinggi sehingga kadar Al-dd meningkat.

Berdasarkan Tabel 2, P-tersedia tanah Latosol setelah perlakuan lebih tinggi dibanding sebelum perlakuan. Peningkatan P-tersedia pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P dibanding sebelum perlakuan disebabkan karena adanya penambahan pupuk P serta karena adanya pelepasan jerapan P (Al-P dan Fe-P) oleh bahan organik. P-tersedia pada perlakuan yang hanya ditambah pupuk P juga meningkat dibanding sebelum perlakuan akibat adanya penambahan pupuk P. Kadar P-tersedia pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan

Tabel 2. Perubahan pH, P-tersedia, Al-dd, Fe-tersedia tanah Latosol

Analisis	inkubasi	Perlakuan					
		L	L+J+P	L+P+J	L+KS+P	L+P+KS	L+P
pH	0	4,37					
	1		4,58	4,68	4,90	4,88	4,63
	2		4,85	4,55	5,15	5,28	4,50
Fe-tersedia (ppm)	0	3,24					
	1		2,62	4,92	1,98	0,70	3,93
	2		1,97	1,90	1,31	1,57	2,45
Al-dd (me 100 g ⁻¹)	0	4,07					
	1		0,82	1,50	0,32	0,11	2,79
	2		0,75	0,64	0,53	0,64	2,90
P-tersedia (ppm)	0	6,99					
	1		16,01	24,02	54,07	90,95	11,90
	2		20,89	20,55	51,44	48,11	13,66

Keterangan :

- L+J+P : Latosol + kompos jerami + pupuk P
L+P+J : Latosol + pupuk P + kompos jerami
L+KS+P : Latosol + kompos kotoran sapi + pupuk P
L+P+KS : Latosol + pupuk P + kompos kotoran sapi
L+P : Latosol + pupuk P

pupuk P lebih tinggi dibanding perlakuan yang hanya ditambah pupuk P, karena peningkatan P-tersedia selain disebabkan oleh penambahan pupuk P juga disebabkan karena adanya pelepasan P yang terjep (Al-P, Fe-P, maupun klei tanah) oleh bahan organik. P-tersedia tanah Latosol menurun dengan bertambahnya masa inkubasi (perlakuan L+P+J, L+KS+P, dan L+P+KS), kecuali perlakuan L+J+P dan L+P. P-tersedia tanah Latosol pada perlakuan L+P+J, L+KS+P, dan L+P+KS menurun dengan bertambahnya masa inkubasi disebabkan karena P dijerap oleh Al dan Fe maupun dijerap oleh klei tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat Sudarsono (1991) yang mengemukakan bahwa kemampuan tanah dalam menjerap atau mengikat bahan organik cenderung mencapai suatu batas maksimum, karena tanah tidak mempunyai kapasitas jerapan yang tidak terhingga tetapi cepat atau lambat akan jenuh. Oleh sebab itu tanah yang sudah jenuh dalam menjerap bahan organik kemungkinan akan menjerap P, sehingga ketersediaan P menjadi menurun. P-tersedia tanah Latosol pada perlakuan L+J+P dan L+P meningkat dengan bertambahnya masa inkubasi. Peningkatan P-tersedia pada perlakuan L+P disebabkan karena P menjadi lambat tersedia sehingga dengan semakin lama inkubasi maka akan menyebabkan P-tersedia meningkat.

Perlakuan yang memberikan pengaruh yang paling besar dalam meningkatkan pH dan P-tersedia tanah serta menurunkan Al-dd dan Fe-tersedia pada tanah Latosol yaitu perlakuan yang ditambahkan kompos kotoran sapi dan pupuk P (L+KS+P dan L+P+KS).

Perubahan Kadar P-tersedia Tanah Podsolik

Hasil pengukuran pH, Al-dd, Fe-tersedia, P-tersedia tanah Podsolik dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan tabel tersebut, pH tanah Podsolik setelah perlakuan lebih tinggi daripada sebelum perlakuan, kecuali

perlakuan Pd+J+P. pH perlakuan Pd+J+P lebih rendah dibanding sebelum perlakuan karena dekomposisi dari bahan organik (kompos jerami) banyak menghasilkan asam-asam organik sehingga pH tanah menurun. pH tanah pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P (Pd+P+J, Pd+KS+P, Pd+P+KS) meningkat dibanding sebelum perlakuan karena bahan organik yang ditambahkan mengikat Al membentuk senyawa kompleks yang tidak bisa dihidrolisis lagi. pH tanah pada perlakuan yang hanya ditambah pupuk P (Pd+P) juga meningkat dibanding sebelum perlakuan karena pupuk P (TSP = Ca(H₂PO₄)₂) yang ditambahkan tidak hanya mengandung P saja tetapi juga mengandung unsur hara lain yang dapat meningkatkan pH seperti Ca. pH pada perlakuan yang bahan organik dan pupuk P (Pd+KS+P dan Pd+P+KS) lebih tinggi dibanding perlakuan yang hanya ditambah pupuk P. pH pada perlakuan Pd+P+J dan Pd+P menurun dengan meningkatnya masa inkubasi. penurunan pH pada perlakuan Pd+P+J disebabkan karena dekomposisi dari bahan organik (kompos jerami) banyak menghasilkan asam-asam organik sehingga pH tanah menurun. Sedangkan pada perlakuan Pd+P penurunan pH disebabkan karena terjadi peningkatan Al-dd.

Fe-tersedia tanah Podsolik setelah perlakuan lebih rendah dibanding sebelum perlakuan, kecuali pada perlakuan Pd+J+P dan Pd+P. Peningkatan Fe-tersedia pada perlakuan Pd+J+P disebabkan karena bahan organik melepaskan ikatan Fe-P sehingga Fe dalam bentuk bebas (Fe-tersedia) meningkat. Sedangkan pada perlakuan Pd+P, peningkatan Fe-tersedia disebabkan karena P yang awalnya di jerap oleh Fe dalam bentuk Fe-P menjadi dijerap oleh Al (Al-P). Hal ini dapat dilihat dengan menurunnya Al-dd pada perlakuan Pd+P. Fe-tersedia perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P (Pd+P+J, Pd+KS+P, Pd+P+KS) mengalami penurunan dibanding sebelum perlakuan karena bahan organik dapat mengikat Fe sehingga kadar Fe-tersedia tanah menurun.

Fe-tersedia perlakuan yang hanya ditambah pupuk P juga mengalami penurunan pada inkubasi 2 bulan dibanding sebelum perlakuan karena kemungkinan Fe menjerap P membentuk ikatan Fe-P sehingga Fe-tersedia tanah menjadi menurun, hal ini dapat dilihat dengan rendahnya kadar P-tersedia pada perlakuan L+P. Fe-tersedia tanah Podsolik menurun dengan meningkatnya masa inkubasi.

di jerap oleh Al dan klei tanah. Peningkatan P-tersedia pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P disebabkan karena adanya penambahan pupuk P serta karena adanya pelepasan jerapan P dari Al dan Fe akibat penambahan bahan organik P-tersedia tanah Podsolik meningkat dengan meningkatnya masa inkubasi.

Tabel 3. Perubahan pH, P-tersedia, Al-dd, Fe-tersedia tanah Posolik

Analisis	inkubasi	Perlakuan					
		Pd	Pd+J+P	Pd+P+J	Pd+KS+P	Pd+P+KS	Pd+P
pH	0	4,33					
	1		4,25	4,50	4,60	4,73	4,60
	2		4,30	4,43	4,85	4,75	4,35
Fe-tersedia (ppm)	0	2,65					
	1		4,77	2,18	2,22	1,41	4,83
	2		2,41	1,94	1,18	0,90	2,40
Al-dd (me 100 g ⁻¹)	0	17,40					
	1		13,69	13,06	6,11	4,00	10,44
	2		13,20	13,18	5,11	11,65	14,24
P-tersedia (ppm)	0	8,93					
	1		5,88	10,53	19,37	19,56	4,25
	2		13,20	15,93	26,05	40,73	7,91

Keterangan :

- Pd+J+P : Podsolik + kompos jerami + pupuk P
- Pd+P+J : Podsolik + pupuk P + kompos jerami
- Pd+KS+P : Podsolik + kompos kotoran sapi + pupuk P
- Pd+P+KS : Podsolik + pupuk P + kompos kotoran sapi
- Pd+P : Podsolik + pupuk P

Al-dd tanah Podsolik setelah perlakuan lebih rendah dibanding sebelum perlakuan. Al-dd pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P mengalami penurunan dibanding sebelum perlakuan karena bahan organik dapat mengikat Al sehingga kadar Al-dd tanah menurun. Al-dd pada perlakuan yang hanya ditambah pupuk P juga mengalami penurunan dibanding sebelum perlakuan karena kemungkinan Al menjerap P membentuk ikatan Al-P sehingga Al-dd tanah menjadi menurun. Al-dd pada perlakuan yang ditambah bahan organik dan pupuk P (Pd+KS+P dan Pd+P+KS) lebih rendah dibanding perlakuan yang hanya ditambah pupuk P (Pd+P) karena bahan organik akan mengikat Al sehingga kadar Al-dd tanah menurun selain itu juga karena Al menjerap P. Al-dd tanah Podsolik pada perlakuan Pd+P+J, Pd+P+KS, dan Pd+P menurun dengan meningkatnya masa inkubasi. Peningkatan Al-dd pada perlakuan Pd+P+J dan Pd+P+KS disebabkan karena bahan organik melepaskan ikatan Al-P sehingga Al-dd meningkat. Sedangkan pada perlakuan Pd+P, peningkatan Al-dd disebabkan karena P yang awalnya dijerap oleh Al dalam bentuk Al-P menjadi dijerap oleh Fe. Hal ini dapat dilihat dengan menurunnya kadar Fe-tersedia pada perlakuan Pd+P. Al-dd tanah Podsolik pada perlakuan Pd+J+P dan Pd+KS+P meningkat dengan meningkatnya masa inkubasi.

Secara umum P-tersedia tanah Podsolik setelah perlakuan lebih tinggi dibanding sebelum perlakuan. P-tersedia pada perlakuan Pd+J+P dan Pd+P lebih rendah dibanding sebelum perlakuan, menurunnya P-tersedia pada perlakuan Pd+J+P dan Pd+P mungkin disebabkan karena P

Perlakuan yang memberikan pengaruh yang paling besar dalam meningkatkan pH dan P-tersedia tanah serta menurunkan Al-dd dan Fe-tersedia pada tanah Podsolik sama dengan pada tanah Andosol dan Latosol yaitu perlakuan yang ditambahkan kompos kotoran sapi dan pupuk P (Pd+KS+P dan Pd+P+KS).

Pengaruh Penambahan Bahan Organik Setelah maupun Sebelum Penambahan Pupuk P pada Tanah Andosol, Latosol, dan Podsolik

Penambahan bahan organik (kompos) pada penelitian ini ada yang dilakukan sebelum dan ada yang dilakukan setelah penambahan pupuk P. Hal ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari penambahan bahan organik dalam meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa pada tanah Andosol, Latosol, Podsolik, kompos yang memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam meningkatkan kadar P-tersedia tanah yaitu kompos kotoran sapi.

Berdasarkan Tabel 1, penambahan kompos jerami setelah penambahan pupuk P (A+P+J) memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam meningkatkan pH dan P-tersedia tanah Andosol. Namun dalam menurunkan Al-dd dan Fe-tersedia, penambahan kompos sebelum penambahan pupuk P (A+J+P) yang lebih. Pada kompos kotoran sapi, penambahan kompos sebelum penambahan pupuk P (A+KS+P) lebih efektif dalam meningkatkan P-tersedia, tetapi dalam meningkatkan pH dan menurunkan

Fe-tersedia, penambahan kompos setelah penambahan pupuk P (A+P+KS) lebih efektif.

Penambahan kompos yang lebih berpengaruh dalam meningkatkan ketersediaan P tanah Latosol berdasarkan Tabel 2 berbeda pada masing-masing jenis kompos. Pada perlakuan yang ditambahkan kompos jerami, penambahan kompos setelah penambahan pupuk P (L+P+J) memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam meningkatkan P-tersedia tanah Latosol. Namun dalam meningkatkan pH serta menurunkan Al-dd dan Fe-tersedia, penambahan kompos sebelum penambahan pupuk P (L+J+P) lebih efektif dibandingkan dengan penambahan kompos setelah penambahan pupuk P (L+P+J). Penambahan kompos kotoran sapi setelah penambahan pupuk P (L+P+KS) lebih efektif dalam meningkatkan P-tersedia, meningkatkan pH, menurunkan Al-dd dan Fe-tersedia pada tanah Latosol.

Berdasarkan Tabel 3, penambahan kompos jerami dan kotoran sapi setelah penambahan pupuk P (Pd+P+J dan Pd+P+KS) memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam meningkatkan P-tersedia dan pH tanah serta menurunkan Fe-tersedia tanah Podsolik. Namun dalam menurunkan Al-dd, penambahan kompos setelah penambahan pupuk P (Pd+P+J) lebih efektif dibandingkan dengan penambahan kompos sebelum penambahan pupuk P (Pd+J+P). Penambahan kompos kotoran sapi sebelum penambahan pupuk P (Pd+KS+P) lebih efektif dalam menurunkan Al-dd pada tanah Podsolik.

SIMPULAN

1. pH dan P-tersedia tanah Andosol, Latosol, Podsolik setelah perlakuan dan inkubasi secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan sebelum perlakuan. Sedangkan Al-dd dan Fe-tersedia pada tanah Latosol dan Podsolik setelah perlakuan dan inkubasi lebih rendah dibandingkan sebelum perlakuan (tanah awal). Namun pada tanah Andosol, kadar Fe-tersedia mengalami peningkatan dibanding tanah awal.
2. Penambahan bahan organik dan pupuk P pada perlakuan lebih berpengaruh dalam meningkatkan pH dan P-tersedia serta menurunkan Al-dd dan Fe-tersedia pada tanah Andosol, Latosol, dan Podsolik dibanding perlakuan yang hanya ditambahkan pupuk P.
3. Kompos yang lebih berpengaruh dalam meningkatkan pH dan P-tersedia serta menurunkan Al-dd dan Fe-tersedia pada ketiga tanah yaitu kompos kotoran sapi.
4. Respon masing-masing tanah terhadap waktu pemberian kompos berbeda-beda. Pada tanah Podsolik, pemberian kompos setelah penambahan pupuk P (Pd+P+KS dan Pd+P+J) lebih berpengaruh dalam meningkatkan pH, P-tersedia, menurunkan Al-dd dan Fe-tersedia. Pada tanah Latosol, penambahan kompos kotoran sapi setelah penambahan pupuk P (L+P+KS) dan penambahan kompos jerami sebelum penambahan pupuk P (L+J+P) lebih berpengaruh meningkatkan pH, menurunkan Al-dd dan Fe-tersedia, namun L+P+J lebih berpengaruh dalam meningkatkan P-tersedia. Penambahan kompos kotoran sapi setelah penambahan pupuk P pada tanah Andosol (A+P+KS) yang lebih berpengaruh. Sedangkan pada kompos jerami penambahan kompos setelah penambahan pupuk P (A+P+J) lebih berpengaruh dalam meningkatkan pH

dan P-tersedia tanah dan penambahan kompos sebelum pupuk P (A+J+P) lebih berpengaruh dalam menurunkan Al-dd dan Fe-tersedia tanah Andosol.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrow NJ. 1972. Influence of solution concentration of calcium on the adsorption of phosphate, sulphate, and molybdate by soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 113:175-180.
- Bhatti JS, Comerford NB, Johnston CT. 1998. Influence of oxalate and soil organic matter on sorption and desorption of phosphate onto a Spodic horizon. *Soil Science Society of America*, 62: 1089-1095.
- Buckman HO, Brady NC. 1974. *The Nature and Properties of Soil*. McMillan Pub, Inc. Ney York. 639 p.
- Dierolf T, Fairhutst, Mutert E. 2001. *Soil Fertility Kit. A Toolkit for Acid Upland Soil Fertility Management in Southeast Asia*. Handbook Series. GT2GmbH, Food and Agriculture Organization, P. T. Jasa Katon and Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC). First Edition. Printed by Oxford Graphic Printer, 150 pp.
- Fox TR, Commerford NB, McFee WW. 1990. Phosphorus and aluminium release from spodic horizon mediated by organic acids. *Soil Sci. soc. Am. J.*, 54:1763-1767.
- Nurhayati H, Nyakpa MY, Lubis AM, Nugroho SS, Saul MR, Diah MA, Go Ban Hong, Bailey HH. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Badan Kerja Sama Ilmu Tanah. BKS-PTN/USAID (*University of Kentucky*) W. U. A. E. Hal. 144-145.
- Nuryani S, Noohadiningrat T, Susanto R, Radjaguguk B. 1993. *Faktor Jerapan dan Pelepasan Fosfat di Tanah Andosol dan Latosol*. BPPS UGM., 6 (4B), November 1993: 1-11.
- Rajan SSS, Watkinson JH, Sinclair AG. 1996. Phosphate rock for direct application to soil. *Ad. In agron.*, 57:77-159.