

**PERUBAHAN JERAPAN P PADA ULTISOL AKIBAT PEMBERIAN CAMPURAN
ABU TERBANG BATUBARA-KOTORAN AYAM**
(Changes of P Sorption on Ultisol due to Addition of Coal Fly Ash-Chicken Manure Mixture)

Agus Hermawan^{1*)}, Sabaruddin¹⁾, Marsi¹⁾, Renih Hayati¹⁾, Warsito²⁾

¹⁾ Program Pascasarjana, ²⁾ Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya

^{*)} Contact Author : agush_unsri@yahoo.co.id.

ABSTRACT

High soil P sorption which result in low P availability for plants is one of important constraints in Ultisols. The objective of current research was to study the effect of coal fly ash-chicken manure mixture (FA-CM) on the changes in P sorption and availability in Ultisols. Two treatments - FA-CM mixture (w/w of 1:1) at the rate of 0, 15, 30, 45 and 60 ton ha⁻¹, and P fertilization at the rate of 0, 87, 174, 261 and 348 kg P₂O₅ ha⁻¹ - were tested. These treatments were arranged according to Factorial Completely Random Design with three replicates. Results of current research showed that FA-CM and P rates and their interaction significantly affected the values of point of zero charge (PZC), pH and soil negative charges. FA-CM mixture as a soil ameliorant decreased P sorption but it increased available P in Ultisols by increasing both soil pH and negative charges. The application of FA-CM at 30 tons ha⁻¹ and P at 174 kg P₂O₅ ha⁻¹ resulted in better increases in soil charges than any other combinations. However, the lowest P sorption (127.07 mg kg⁻¹) and the highest available P (102.21 mg kg⁻¹) was resulted in by the applications of 42.64 tons of FA-CM ha⁻¹ and 261 kg P₂O₅ ha⁻¹.

Keywords : Coal fly ash, chicken manure, P sorption, Ultisol

PENDAHULUAN

Ultisol merupakan tanah mineral masam yang potensial untuk pengembangan tanaman pertanian, dengan luas mencapai 45,8 juta hektar atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia. Di Sumatera Selatan sebaran luasnya mencapai 1,27 juta hektar (Subagyo *et al.*, 2004). Salah satu kendala utama dalam pemanfaatan Ultisol untuk pertanian adalah rendahnya ketersediaan dan efisiensi P akibat tingginya jerapan P (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Tingginya jerapan P pada Ultisol antara lain disebabkan karena rendahnya muatan negatif pada permukaan koloid tanah (MarcanoMartinez dan McBride, 1989; Tan, 2008). Ultisol umumnya mempunyai kandungan

bahan organik yang rendah dan fraksi liatnya didominasi oleh liat aktivitas rendah (*low activity clay*) seperti kaolinit, haloisit, serta oksida-hidrus Al dan Fe. Oleh karena itu, Ultisol umumnya mempunyai muatan negatif yang rendah dan titik muatan nol (TMN) yang tinggi atau mendekati nilai pH aktualnya (Uehara dan Gilman, 1981; Su dan Harsh, 1996).

Tanah yang didominasi oleh liat aktifitas rendah umumnya mempunyai muatan terubahkan (*variable charge*), dimana koloid tanah dapat bermuatan positif, nol, atau negatif tergantung pada perubahan pH tanah. Peningkatan pH akan menyebabkan terjadinya peningkatan muatan negatif atau TMN tanah akan menurun. Dengan demikian,

jerapan P tanah akan turun dan ketersediaan P akan meningkat (Uehara dan Gilman, 1981; Shamshuddin dan Anda, 2008).

Bahan-bahan yang potensial untuk digunakan dalam upaya untuk menurunkan jerapan P melalui peningkatan muatan negatif tanah, diantaranya adalah abu terbang batubara dan bahan organik. Abu batubara merupakan produk samping pembakaran batubara yang jumlahnya melimpah dan akan semakin meningkat dengan meningkatnya konsumsi batubara sebagai sumber energi. Laju daur-ulang global produk samping pembakaran batubara, termasuk abu terbang batubara sekitar 50% dan sisanya ditimbun pada lahan urug (*landfill*) yang justru berpotensi untuk mencemari lingkungan di sekitarnya (Heidrich *et al.*, 2013). Abu terbang batubara diketahui dapat meningkatkan pH pada tanah masam karena kaya akan Ca dan Mg silikat, aluminosilikat dan oksida Ca dan Mg, (Brouwers dan Van Eijk, 2003; Yunusa *et al.*, 2006; Murugan dan Vijayarangam, 2013). Reaksi hidrolisis senyawa oksida dan aluminosilikat pada abu terbang batubara yang menghasilkan muatan negatif (Brouwers dan Van Eijk, 2003), diduga akan dapat mempengaruhi status jerapan dan ketersediaan P tanah melalui perubahan nilai pH dan TMN tanah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis optimum untuk aplikasi abu terbang batubara pada tanah pertanian relatif sangat besar, yaitu 5 sampai 20 % berat tanah, sehingga

muncul masalah transportasi dan metode pemberian yang membutuhkan biaya tinggi (Pathan *et al.*, 2003; Elliot dan Zhang, 2005). Pencampuran abu terbang batubara dengan bahan organik merupakan alternatif yang dapat diterapkan untuk menurunkan dosis yang diberikan, selain juga akan dapat meningkatkan kualitas campuran yang dihasilkan. Asam-asam organik mempunyai gugus fungsional seperti –COOH, –OH (fenolik, alkoholik) yang sangat reaktif dan melalui reaksi protonasi-deprotonasi akan menghasilkan muatan negatif yang akan mempengaruhi jerapan dan ketersediaan P (Haynes dan Mokolobate, 2001; Yang *et al.*, 2013).

Hasil penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa pencampuran abu terbang batubara dan kotoran ayam pada komposisi 1:1 (b/b) dengan waktu inkubasi selama 45 hari dapat menurunkan jerapan dan meningkatkan ketersediaan P pada campuran yang dihasilkan (Hermawan *et al.*, 2013). Penelitian mengenai pengaruh pemberian campuran abu terbang batubara dan kotoran ayam terhadap karakteristik fisikokimia tanah, khususnya perubahan status jerapan dan ketersediaan P pada tanah bermuatan terubahkan, seperti Ultisol, relatif masih sedikit. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pemberian campuran abu terbang batubara-kotoran ayam terhadap perubahan status jerapan dan ketersediaan P pada Ultisol.

BAHAN DAN METODE

Tanah Ultisol yang digunakan pada penelitian ini diambil secara komposit dari lahan Arboretum Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Unsri, Inderalaya, pada kedalaman 0-20 cm. Contoh tanah tersebut terlebih dahulu dikering-anginkan, kemudian digerus dan disaring dengan ayakan berdiameter lubang 2,0 mm. Tanah yang digunakan pada penelitian (Tabek 1) merupakan tanah masam ($\text{pH H}_2\text{O} = 4,54$), dengan nilai titik muatan nol (TMN) sebesar 4,25, kapasitas Tukar Kation (KTK) tergolong sedang, kandungan C-organik dan N-total tergolong sangat rendah, dan Aluminium dapat ditukar (Al-dd) sebesar $1,88 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$. Kadar P-tersedia tanah tergolong rendah dengan kapasitas jerapan P maksimum sebesar $846,94 \text{ mg kg}^{-1}$. Kandungan basa dapat ditukar, seperti K dan Na tanah ini tergolong rendah, serta kandungan Ca dan Mg yang tergolong sangat rendah. Tekstur tanah tergolong liat dengan kandungan liat sebesar $512,9 \text{ g kg}^{-1}$. Rendahnya ketersediaan hara tanaman, khususnya P, pada tanah ini diduga disebabkan oleh tingginya jerapan P akibat rendahnya muatan negatif tanah atau tingginya nilai TMN tanah.

Abu terbang batubara diperoleh dari PLTU di Muara Enim, Sumatera Selatan. Kotoran ayam diambil dari tempat peternakan ayam di Inderalaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Abu terbang batubara dan kotoran ayam terlebih dahulu dikering-anginkan, kemudian digerus dan disaring masing-masing dengan ayakan berdiameter lubang 0,05 mm dan 2,0 mm. Hasil penelitian

Tabel 1. Beberapa karakteristik tanah awal

Peubah	Satuan	Hasil Analisis ^{*)}
pH H ₂ O	-	4,54 (m)
pH KCl	-	3,93
TMN	-	4,25
C-Organik	g kg^{-1}	1,70 (sr)
N-total	g kg^{-1}	0,20 (sr)
P ₂ O ₅ -Bray I	mg kg^{-1}	6,60 (r)
K-dd	$\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$	0,35 (r)
Na-dd	$\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$	0,22 (r)
Ca-dd	$\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$	0,80 (sr)
Mg-dd	$\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$	0,13 (sr)
KTK	$\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$	17,40 (s)
Al-dd	$\text{cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$	1,88
Jerapan P	mg kg^{-1}	846,94
Tekstur		Liat
Pasir	g kg^{-1}	415,60
Debu	g kg^{-1}	71,50
Liat	g kg^{-1}	512,90

Ket: ^{*)} Kriteria menurut Soeprapto-hardjo *et al.* (1983): m = masam; sr = sangat rendah; r = rendah, s = sedang

sebelumnya Hermawan *et al.* (2013) menunjukkan bahwa pencampuran kedua bahan ini dengan perbandingan 1:1 (b/b) dan diinkubasi selama 45 hari memberikan karakteristik terbaik, yaitu $\text{pH H}_2\text{O} = 7,77$, kapasitas jerapan P sebesar $570,55 \text{ mg kg}^{-1}$, dan kandungan P-tersedia sebesar $94,80 \text{ mg kg}^{-1}$

Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan 3 ulangan. Perlakuan yang diuji adalah pemberian campuran abu terbang batubara-kotoran ayam (ATB-KA) dan pemupukan P. Karena pencampuran ATB-KA dengan rasio 1: 1 memberikan hasil terbaik (Hermawan *et al.*, 2013), maka komposisi tersebut digunakan dalam penelitian ini dengan takaran 0, 15, 30, 45, dan 60 ton ha^{-1} . Pupuk P diberikan dengan takaran 0, 87, 174, 261, dan 348 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$. Dosis pupuk P sebesar 174 $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ merupakan kebutuhan P baku tanaman yang ditetapkan berdasarkan jumlah P yang dibutuhkan

untuk mencapai konsentrasi $0.2 \mu\text{g P mL}^{-1}$ dalam larutan keseimbangan (Fox dan Kamprath, 1970; Sanchez dan Uehara, 1980). Pupuk P yang digunakan adalah pupuk TSP (46% P_2O_5).

Tanah Ultisol yang digunakan adalah sebanyak 10 kg pot^{-1} , dicampur merata dengan perlakuan yang diterapkan dan kemudian ditanami jagung sebagai tanaman indikator. Pada saat fase anthesis tanaman jagung (52 hari) dilakukan analisis contoh tanah yang diambil dari setiap perlakuan meliputi: pH H_2O dan pH KCl (1:1), titik muatan nol (TMN), C-organik, jerapan P dan P tersedia. pH H_2O dan pH KCl (1:1) ditetapkan dengan menggunakan pH meter, status TMN ditetapkan menggunakan metode titrasi garam (Sakurai *et al.*, 1988). C-organik dengan metode Walkley dan Black dan P-tersedia ditetapkan dengan menggunakan pengekstrak Bray I (Sulaeman *et al.*, 2005). Jerapan P tanah dianalisis dengan metode indeks jerapan P yang dimodifikasi (Sims, 2009).

Analisis secara statistik dilakukan terhadap data pada setiap peubah yang diamati melalui analisis keragaman (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji BNJ pada taraf uji $P < 0,05$. Selain itu, juga dilakukan uji regresi dan korelasi untuk mengetahui keeratan hubungan perlakuan dan peubah yang diamati..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Status Muatan Negatif Tanah

Perlakuan dosis ATB-KA, perlakuan dosis pupuk P, serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap nilai pH, TMN dan muatan negatif tanah ($P < 0,001$). Pada tanah yang didominasi oleh muatan terubahkan seperti Ultisol, perubahan pH akan menyebabkan terjadinya perubahan muatan negatif dan selanjutnya akan mempengaruhi nilai TMN tanah (Uehara dan Gilman, 1981; Shamsuddin dan Anda, 2008).

Hasil uji BNJ (Tabel 2) menunjukkan bahwa diantara kombinasi perlakuan ATB-KA dosis 45 dan 60 ton ha^{-1} pada setiap dosis pupuk P mempunyai nilai TMN yang tidak berbeda nyata, dan mempunyai nilai TMN yang nyata lebih tinggi dibanding nilai TMN pada kombinasi perlakuan yang lain. Kecenderungan yang sama juga terlihat pada nilai pH H_2O , dimana nilai pH H_2O di antara kombinasi perlakuan ATB-KA dosis 45 dan 60 ton ha^{-1} dengan semua dosis pupuk P tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, tetapi nyata lebih tinggi dibanding nilai pH H_2O pada kombinasi dengan dosis ATB-KA yang lebih rendah (Tabel 2). Kondisi ini menunjukkan adanya pengaruh interaksi antara perlakuan pupuk P dan ATB-KA dalam mempengaruhi status TMN tanah.

Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai pH dan TMN tanah meningkat secara linier dengan meningkatnya dosis ATB-KA, masing-masing dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,95 dan 0,93. Terdapat kecenderungan bahwa nilai TMN menjadi semakin lebih rendah dari nilai pH atau ΔpH menjadi lebih besar dan mencerminkan terjadinya peningkatan muatan negatif (ΔpH) tanah. Sposito (2008) mengemukakan bahwa nilai TMN yang lebih rendah dari pH aktualnya mencirikan besarnya muatan negatif pada permukaan koloid tanah. Gambar 1 juga menunjukkan bahwa muatan negatif (ΔpH) tanah cenderung mengalami peningkatan secara linier ($R^2 = 0,55$).

Tabel 2. Pengaruh pemberian campuran abu terbang batubara-kotoran ayam dan pupuk P terhadap perubahan nilai TMN, pH H₂O dan ΔpH tanah

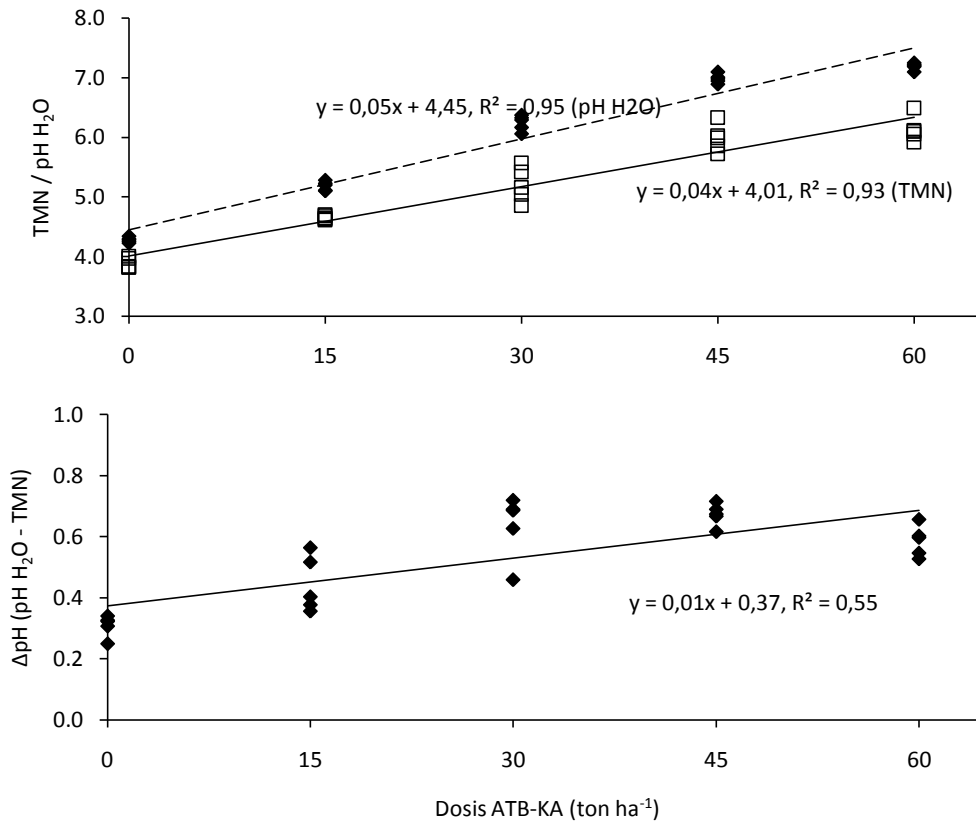
Dosis ATB-KA	Dosis Pupuk P (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)				
	P0 (0)	P1 (87)	P2 (174)	P3 (261)	P4 (348)
Titik Muatan Nol (TMN)					
A0 (0 ton ha ⁻¹)	4,00 ab	3,97 a	3,83 a	3,82 a	3,81 a
A1 (15 ton ha ⁻¹)	4,70 c	4,63 c	4,68 c	4,65 c	4,61 bc
A2 (30 ton ha ⁻¹)	5,57 e-h	5,41 dg	4,86 cd	5,15 c-f	5,04 cde
A3 (45 ton ha ⁻¹)	6,33 ij	6,02 g-j	5,99 g-j	5,85 ghi	5,72 f-i
A4 (60 ton ha ⁻¹)	6,49 j	6,12 hij	6,09 hij	6,05 hij	5,92 g-j
BNJ _(0,05) = 0,62					
pH H ₂ O (1:1)					
A0 (0 ton ha ⁻¹)	4,28 a	4,30 a	4,34 a	4,25 a	4,23 a
A1 (15 ton ha ⁻¹)	5,12 b	5,10 b	5,20 b	5,23 b	5,29 b
A2 (30 ton ha ⁻¹)	6,06 c	6,33 c	6,17 c	6,38 c	6,29 c
A3 (45 ton ha ⁻¹)	6,98 d	7,10 d	7,01 d	6,94 d	6,90 d
A4 (60 ton ha ⁻¹)	7,19 d	7,10 d	7,25 d	7,23 d	7,21 d
BNJ _(0,05) = 0,47					
ΔpH (pH H ₂ O – TMN)					
A0 (0 ton ha ⁻¹)	0,27 a	0,33 ab	0,51 a-f	0,43 a-d	0,42 a-d
A1 (15 ton ha ⁻¹)	0,41 abc	0,47 a-e	0,52 a-f	0,58 a-f	0,68 a-f
A2 (30 ton ha ⁻¹)	0,49 a-f	0,91 a-f	1,28 f	1,22 def	1,26 ef
A3 (45 ton ha ⁻¹)	0,66 a-f	1,07 a-f	1,02 a-f	1,09 b-f	1,18 def
A4 (60 ton ha ⁻¹)	0,70 a-f	0,99 a-f	1,16 c-f	1,17 c-f	1,29 f
BNJ _(0,05) = 0,80					

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti berbeda tidak nyata (P<0,05)

Tabel 2 menunjukkan bahwa muatan negatif (ΔpH) tanah cenderung meningkat dengan meningkatnya dosis ATB-KA dan pupuk P yang diberikan. Interaksi perlakuan ATB-KA dosis 30 ton ha⁻¹ dan pupuk P dosis 174 kg P₂O₅ ha⁻¹ memberikan muatan negatif (ΔpH) yang berbeda tidak nyata dibandingkan dengan nilai ΔpH pada semua kombinasi perlakuan yang lain, dan nyata lebih tinggi dibanding nilai ΔpH pada kombinasi perlakuan ATB-KA dosis 15 ton ha⁻¹ dan pupuk P dosis 0 dan 87 kg P₂O₅ ha⁻¹, serta kombinasi perlakuan tanpa ATB-KA dan pupuk P dosis 0, 87, 261 dan 348 kg P₂O₅ ha⁻¹. Peningkatan muatan negatif tanah ini antara lain dapat disebabkan oleh reaksi disosiasi senyawa aluminosilikat dan oksida-

oksida basa pada abu terbang batubara yang menghasilkan muatan negatif (Brouwers dan Van Eijk, 2003; Yunusa *et al.*, 2006), menyebabkan pH dan muatan negatif (ΔpH) menjadi meningkat, dan mengakibatkan nilai TMN tanah menjadi semakin lebih rendah dari pH aktualnya.

Disamping itu, bahan organik dari kotoran ayam pada campuran ATB-KA juga memberikan pengaruh terhadap status pH, TMN dan muatan negatif (ΔpH) tanah. Hal ini ditunjukkan dengan adanya hubungan positif yang sangat erat antara kandungan C-organik tanah dengan status pH, TMN dan muatan negatif (ΔpH) tanah, masing-masing dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,88^{**}, 0,85^{**} dan 0,71^{**} (P<0,01). Peningkatan pH dan muatan



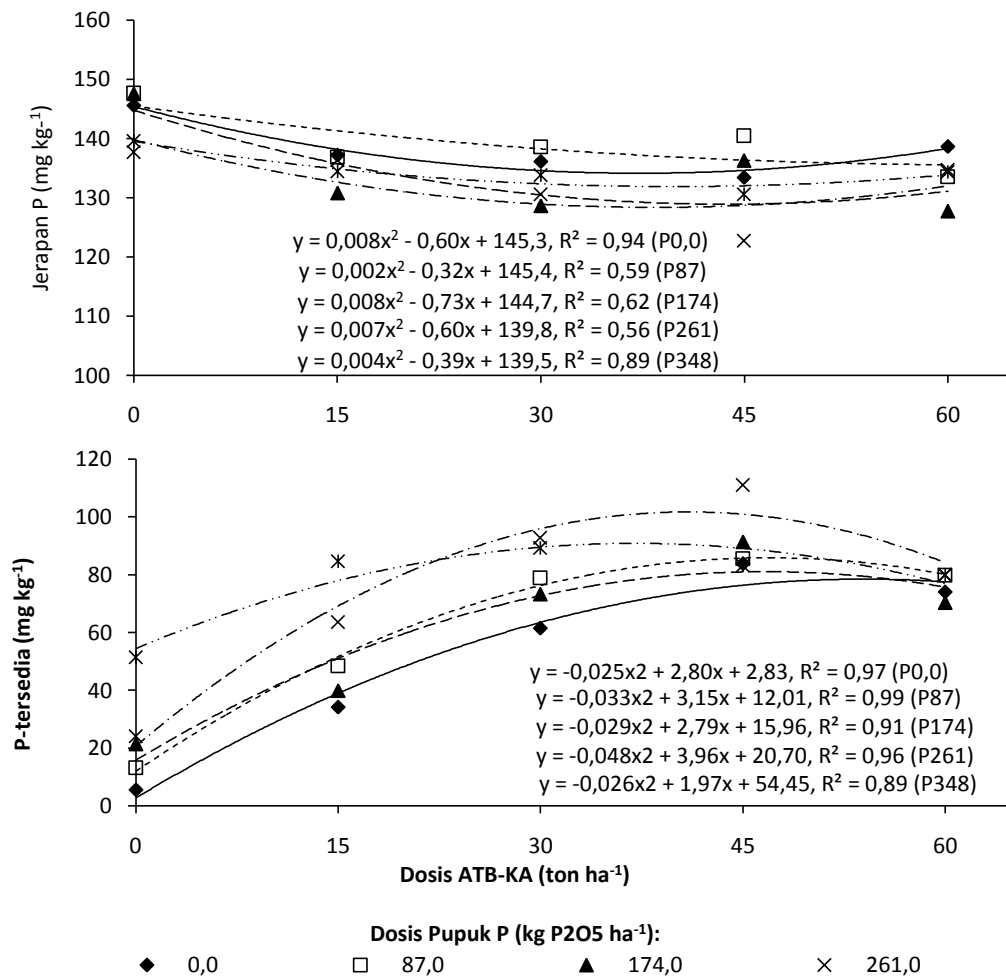
Gambar 1. Hubungan antara dosis ATB-KA dengan pH H₂O, TMN dan ΔpH tanah pada berbagai dosis pupuk TSP

negatif tanah ini dapat terjadi melalui reaksi netralisasi muatan positif tanah oleh gugus fungsional asam organik, seperti -COOH, -OH (fenolik, alkoholik), baik melalui kompleksasinya dengan ion logam seperti Al dan Fe, melalui reaksi protonasi gugus fungsional asam organik, maupun jerapan spesifik asam organik pada permukaan hidrus-oksida Al atau Fe (Haynes dan Mokolobate, 2001; Ano dan Ubochi, 2007; Sukla et al., 2011).

Perubahan Status Jerapan dan Ketersediaan P Tanah

Perlakuan dosis ATB-KA secara nyata menurunkan jerapan P dan meningkatkan P-tersedia tanah, masing-masing dengan nilai koefisien korelasi (r) sebesar -0,54^{**} dan 0,71^{**} (P<0,01).

Meningkatnya pH dan menurunnya TMN tanah (Tabel 2) menjadi lebih rendah dari pH larutan, sehingga muatan koloid tanah menjadi lebih negatif diduga menjadi penyebab menurunnya jerapan P tanah. Hal ini ditunjukkan dengan adanya hubungan negatif yang sangat erat antara jerapan P tanah dengan pH H₂O, TMN, dan muatan negatif tanah, masing-masing dengan nilai r sebesar 0,59^{**}, 0,51^{**}, dan 0,67^{**} (P<0,01). Salah satu dampak penurunan jerapan P tanah ini adalah peningkatan ketersediaan P tanah. Jerapan P tanah ini mempunyai hubungan negatif sangat erat dengan P tersedia tanah (r = -0,68^{**}, P<0,01). Selain itu, kandungan P-tersedia tanah mempunyai hubungan positif sangat erat dengan pH H₂O, TMN, dan muatan



Gambar 2. Hubungan antara dosis ATB-KA dan jerapan P tanah pada berbagai dosis pupuk P

negatif (Δ pH) tanah, dengan nilai r berturut-turut sebesar 0,81^{**}, 0,73^{**}, dan 0,93^{**}, ($P < 0,01$). Peningkatan pH pada tanah yang didominasi muatan terubahkan, seperti Ultisol akan menyebabkan terjadinya peningkatan muatan negatif dan penurunan TMN tanah menjadi semakin lebih rendah dari pH larutan (Sollins *et al.*, 1988; Shamshuddin dan Anda, 2008).

Gambar 2 menunjukkan bahwa pemberian campuran ATB-KA, pupuk P dan kombinasi keduanya hingga dosis 45 ton ha⁻¹ dan dosis 261 kg P₂O₅ ha⁻¹ cenderung menurunkan jerapan P dan meningkatkan P-tersedia tanah.

Meningkatnya dosis yang diberikan cenderung tidak lagi menurunkan jerapan P atau meningkatkan P-tersedia tanah. Koloid liat maupun organik yang bermuatan negatif juga dapat menjerap P melalui mekanisme reaksi pertukaran ligan atau jembatan kation (*cation bridging*) (Sollins, 1991; Tan, 1998; Djuniwati *et al.*, 2012). Mekanisme reaksi ini diduga menyebabkan jerapan P tanah cenderung tidak menurun pada dosis campuran ATB-KA dan dosis pupuk P yang tinggi. Jerapan P terendah sebesar 127,07 mg kg⁻¹ dan P-tersedia maksimum, yaitu sebesar 102,21 mg kg⁻¹ diperoleh pada dosis ATB-KA sebesar

42,64 ton ha⁻¹ dan pupuk P dosis 261 kg P₂O₅ ha⁻¹ (Gambar 2).

Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian campuran abu terbang batubara-kotoran ayam dapat menurunkan jerapan P dan meningkatkan ketersediaan P tanah. Hidrolisis senyawa oksida seperti CaO, MgO, Na₂O, K₂O, serta senyawa silanol (Si-OH) pada abu terbang batubara yang menghasilkan muatan negatif (Brouwers dan Van Eijk, 2003) dapat menetralkan muatan positif pada permukaan koloid tanah sehingga jerapan P tanah menjadi berkurang. Penurunan jerapan P dengan pemberian bahan organik disebabkan oleh terbentuknya senyawa kompleks organo-metal antara asam organik dengan ion logam seperti Al, Fe dan Mn yang menjerap P atau dapat pula disebabkan oleh proses pertukaran anion atau terjadinya kompetisi antara asam organik dengan P dalam memperebutkan tapak pertukaran (Djuniwati *et al.*, 2012; Marsi dan Sabaruddin, 2012; Yang *et al.*, 2013). Penurunan jerapan P akibat perlakuan pupuk P dapat terjadi melalui pelepasan ion hidroksil (OH⁻) dari pupuk yang dapat bersenyawa dengan kation Al dan Fe atau melalui mekanisme jerapan H₂PO₄⁻ oleh hidrus oksida Al dan Fe (Tan, 1998).

KESIMPULAN

Campuran abu terbang batubara-kotoran ayam (ATB-KA) dapat digunakan sebagai amelioran untuk menurunkan jerapan P dan meningkatkan ketersediaan P pada Ultisol melalui peningkatan pH dan muatan negatif

tanah. Interaksi perlakuan ATB-KA dosis 30 ton ha⁻¹ dan pupuk TSP dosis 174 kg P₂O₅ ha⁻¹ dapat meningkatkan muatan negatif tanah yang nyata lebih tinggi dibanding pada kombinasi dengan dosis yang lebih rendah, tetapi berbeda tidak nyata dibanding pada kombinasi dengan dosis yang lebih tinggi. Jerapan P minimum sebesar 127,07 mg kg⁻¹ dan P-tersedia maksimum sebesar 102,21 mg kg⁻¹ diperoleh pada dosis ATB-KA sebesar 42,64 ton ha⁻¹ dan pupuk P dosis 261 kg P₂O₅ ha⁻¹. Interaksi perlakuan ATB-KA dosis 30 ton ha⁻¹ dan pupuk TSP dosis 174 kg P₂O₅ ha⁻¹ merupakan kombinasi perlakuan terbaik dalam meningkatkan muatan negatif tanah, dan kombinasi perlakuan terbaik untuk mencapai jerapan P minimum dan P-tersedia maksimum diperoleh pada dosis yang lebih tinggi, yaitu pada dosis ATB-KA sebesar 42,64 ton ha⁻¹ dan pupuk P dosis 261 kg P₂O₅ ha⁻¹.

UCAPAN TERIMA KASIH

Data yang disajikan pada makalah ini merupakan sebagian data dari kegiatan penelitian yang didanai melalui Program Penelitian Unggulan Kompetitif Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2013, untuk itu kami ucapkan terimakasih. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Sdr. Yuda Nopriandi dan Ricky F Sembiring, mahasiswa tingkat akhir pada Jurusan Tanah FP Unsri yang telah membantu dan terlibat langsung dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ano, A.O. and C.I. Ubochi. 2007. Neutralization of soil acidity by animal manures: mechanism of reaction. *Afr. J. Biotechnol* 6(4): 364-368
- Brouwers, H.J.H. and R.J. Van Eijk. 2003. Chemical reaction of fly ash. *Proceedings of the 11th International Congress on the Chemistry of Cement (ICCC)*. The Cement and Concrete Institute of South Africa, p.791-800. Durban, South Africa
- Djuniwati, S., B. Nugroho, and H.B. Pulunggono. 2012. The changes of P-fractions and solubility of phosphate rock in Ultisol treated by organic matter and phosphate rock. *J Trop Soils*, 17(3): 203-210
- Elliot, A.D and D. Zhang. 2005. Controlled Release Zeolite Fertilisers: A Value Added Product Produced from Fly Ash. 2005 World of Coal Ash (WOCA) Conference. Lexington, KY, USA.
- Fox, R. L. and Kamprath, E. J. 1970. Phosphate sorption isotherm for evaluating the phosphate requirements of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34: 902-907
- Haynes, R.J., and M.S. Mokolobate. 2001. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutr. Cycl Agroecosyst* 59: 47-63
- Heidrich, C., H. Feuerborn, and A. Weir. 2013. Coal combustion products: a global perspective. 2013 World of Coal Ash (WOCA) Conference. Lexington, KY
- Hermawan, A., Sabaruddin, Marsi, and R. Hayati. 2013. Status jerapan dan ketersediaan P abu terbang batubara akibat penambahan kotoran ayam. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. Hal 245-255. Palembang.
- MarcanoMartinez, E., and M.B. McBride. 1989. Comparison of the titration and ion adsorption methods for surface charge measurements in Oxisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 1040-1045
- Marsi and Sabaruddin. 2011. Phosphate adsorption *capacity* and organic matter effect on dynamics of P availability in upland Ultisol and lowland Inceptisol. *J Trop Soils* 16(2): 107-114
- Murugan, S and M.Vijayarangam. 2013. Effect Of Fly Ash In Agricultural Field On Soil Properties And Crop Productivity-A Review. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2(12): 54-60
- Pathan, S. M., L. A. G. Aylmore, and T. D. Colmer. 2003. Properties of several fly ash materials in relation to use as soil amendments. *J. Environ. Qual.* 32: 687-693
- Prasetyo, B.H. dan D.A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk *pengembangan* pertanian lahan kering di Indonesia. *J. Litbang Pertanian*, 25(2):39-46.
- Sakurai, K., Y. Ohdate, and K. Kyuma. 1988. Comparison of salt titration and potentiometric titration *methods* for the determination of zero point of charge (ZPC). *Soil Sci. Plant Nutr.*, 34(2): 171-182
- Sanchez, P. A. and Uehara. G. 1980. Management considerations for acid soils with phosphorus fixation capacity. *In. The Role of Phosphorus in Agriculture*. ASA-CSSA-SSSA. Madison.

- Shamshuddin, J. and M. Anda. 2008. Charge properties of soils in Malaysia dominated by kaolinite, gibbsite, goethite and hematite. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia* 54: 27-31
- Sims, J.T. 2009. A phosphorus sorption index. p. 20-21. In: Kovar, J.L., and G.M. Pierzynski (eds). *Methods for Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters – 2nd Edition*. Southern Cooperative Series Bulletin No. 408. Virginia Tech University.
- Soepraptohardjo, M., Subagjo, H. Suhardjo, Ismangun, Marsoedi, DS, A. Hidayat, Yunus, D, Abdurachman, A., S. Abujamin, M. Supartini, Mursidi, dan J.S. Adiningsih. 1983. *Survai kapabilitas tanah. P3MT*. Pusat Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Sollins, P., G. P. Robertson, and G. Uehara. 1988. Nutrient mobility in variable- and permanent-charge soils. *Biogeochemistry* 6: 181-199
- Sollins, P. 1991. Effects of phosphorus sorption on soil microstructure in soils of the humid tropics. *Proc. of Phosphorus Cycles Terrestrial And Aquatic Ecosystems Workshop*. H. Tiessen, D. Lopez-Hernandez and I.H. Salcedo (Eds), pp: 168-176. SCOPE and UNEP, Maracay, Venezuela
- Sposito, G. 2008. *The chemistry of soils*. Second Edition. Oxford University Press, Inc. New York.
- Su, C. and J.B. Harsh. 1996. Alteration of imogolite, allophane and acidic soil clays by chemical extractants. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 77-85
- Subagyo, H., N. Suharta, dan A.B. Siswanto. 2004. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. *Dalam A. Adimihardja, L.I. Amien, F. Agus, D. Djaenudin (Eds.)*. Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Sukla, K.P., S. Sharma, N.K. Singh, V. Singh, K. Tiwari, and S. Singh. 2011. Nature and role of root exudates: Efficacy in bioremediation. *Afr. J. Biotechnol.* 10(48): 9717-9724
- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian..
- Tan, K.H. 1998. *Principles of Soil Chemistry*. Third Edition. Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Tan, K.H. 2008. *Soils in the Humid Tropics and Monsoon Region of Indonesia*. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton, New York.
- Uehara, G and G.P. Gillman. 1981. *The mineralogy, chemistry and physics of tropical soils with variable charge clays*. Westview Press. Colorado.
- Yang, S., Z. Zhang, L. Cong, X. Wang, and S. Shi. 2013. Effect of fulvic acid on the phosphorus availability in acid soil. *J. Soil Sci and Plant Nutr.* 13(3): 526-533
- Yunusa, I. A. M., Eamus, D., DeSilva, D.L., Murray, B.R., Burchett, M.D., Skilbeck, G. C, and C. Heidrich. 2006. Fly-ash: An exploitable resource for management of Australian agricultural soil. *Fuel.* 85: 2337-2344