

# MODIFIKASI TITIK MUATAN NOL TANAH BERMUATAN TERUBAHKAN MELALUI PEMBERIAN CAMPURAN ABU TERBANG BATUBARA-KOTORAN AYAM

## Modification of PZS of Soil With Variable Charge by Application of Coal Fly Ash- Chicken Manure Mixture

Agus Hermawan<sup>1)</sup>, Sabaruddin<sup>1)</sup>, Marsi<sup>1)</sup>, Renih Hayati<sup>1)</sup>, dan Warsito<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya, Palembang

<sup>2)</sup>Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Palembang

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian campuran abu terbang-kotoran ayam (ATB-KA) terhadap perubahan titik muatan nol (TMN) tanah dan dampaknya terhadap jerapan dan ketersediaan P pada Ultisol. Dua perlakuan yang diuji adalah ATB-KA (w/w 1:1) pada dosis 0, 15, 30, 45 dan 60 ton ha<sup>-1</sup>, dan pemupukan P pada dosis 0, 87, 174, 261 dan 348 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Perlakuan ini ditata dalam Rancangan Acak Lengkap yang diulang sebanyak tiga kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi CATK untuk setiap dosis pemupukan P berkorelasi secara nyata dengan status tanah TMN, pH, muatan negatif, jerapan dan ketersediaan P. TMN berkorelasi positif dengan pH dan muatan negatif. Muatan negatif secara nyata berkorelasi negatif dengan jerapan P, dan berkorelasi positif dengan P tersedia.

**Kata kunci:** kotoran ayam, abu terbang, perubahan titik nol, Ultisols

### ABSTRACT

The objective of current research was to study the effect of coal fly ash-chicken manure mixture (FA-CM) on the changes on the soil PZC status and its impact on 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<sup>-1</sup>, and P fertilization at the rate of 0, 87, 174, 261 and 348 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> were tested. These treatments were arranged according to Factorial Completely Random Design with three replicates. The results showed that the application of FA-CM for each dosages of P fertilizer correlated significantly with the status of soils PZC, pH, negative charge, P sorption and P-available. PZC has positive correlation with pH and negative charge. Negative charge has a significantly negative correlation with P sorption, and positively correlation with P-available.

**Keywords:** chicken manure, coal fly ash, point of zero charge(PZC), Ultisols

### PENDAHULUAN

Tanah bermuatan terubahkan, seperti Ultisol, merupakan tanah yang telah mengalami pelapukan lanjut. Intensitas pelapukan dan pencucian yang tinggi menyebabkan komponen penyusun tanah didominasi oleh mineral bermuatan terubahkan, seperti liat tipe 1:1 (Kaolinit, Haloisit), aluminosilikat amorf dan oksida-hidrus Al dan Fe (Uehara & Gillman 1981, Sakurai *et al.* 1989, Sposito 2008). Muatan terubahkan ini muncul karena fraksi-fraksi tanah tersebut bersifat amfoter yang menyebabkan muatan bersih (neto) pada koloid tanah dapat berubah-ubah. Muatan

koloid tanah dapat menjadi negatif, positif atau nol, tergantung pada perubahan pH larutan (Shamshuddin & Anda 2008).

Fenomena muatan terubahkan tersebut, memunculkan istilah titik muatan nol (TMN) atau *point zero of charge* (PZC) atau pH<sub>0</sub>. TMN didefinisikan sebagai nilai pH larutan tanah dimana muatan positif dan negatif pada koloid tanah adalah sama, atau pada kondisi pH dimana muatan bersih (netto) pada koloid tanah sama dengan nol (Van Raij & Peech 1972, Sakurai *et al.* 1988, Sposito 2008). TMN mencerminkan besarnya muatan bersih sistem koloid tanah pada pH tertentu atau besarnya muatan koloid ditentukan oleh

hubungan pH dan TMN. Jika nilai TMN mendekati atau lebih tinggi dari nilai pH aktual tanah, maka permukaan koloid cenderung bermuatan positif dan sebaliknya (Sakurai *et al.* 1988, Shamshuddin & Anda 2008, Sposito 2008).

TMN merupakan peubah yang penting dalam sistem pengelolaan tanah bermuatan terubahkan, seperti Ultisol, karena berhubungan erat dengan ketersediaan hara tanaman. Ultisol umumnya mempunyai TMN yang lebih tinggi atau mendekati nilai pH aktualnya (Uehara & Gilman 1981, Shamshuddin & Anda 2012). Fenomena ini dipengaruhi oleh tingginya kandungan hidrus-oksida Al dan Fe serta rendahnya kandungan bahan organik tanah (Sakurai *et al.* 1989, Sakurai *et al.* 1996). Sabaruddin *et al.* (2001) melaporkan bahwa Ultisol dengan tutupan lahan berupa hutan konservasi, hutan pinus, dan akasia di Sumatera Selatan mempunyai TMN sebesar 3,57 – 4,23 dengan pH H<sub>2</sub>O sebesar 4,18 – 5,73 pada lapisan atas (0-17 cm), dan nilai TMN cenderung lebih tinggi dan pH H<sub>2</sub>O cenderung lebih rendah pada lapisan yang lebih bawah. Kandungan hidrus-oksida Al dan Fe yang tinggi pada Ultisol serta kandungan bahan organik yang lebih rendah pada lapisan bawah menyebabkan nilai TMN cenderung lebih tinggi dan pH H<sub>2</sub>O cenderung lebih rendah. Nilai TMN yang lebih tinggi atau mendekati nilai pH aktualnya mencerminkan rendahnya muatan negatif tanah (Uehara & Gilman 1981, Shamshuddin & Anda 2012).

Kandungan unsur hara dalam bentuk kation, seperti basa-basa dapat ditukar, dan dalam bentuk anion, seperti ion fosfat, pada Ultisol umumnya rendah. Hal ini terutama disebabkan oleh tingginya nilai TMN atau rendahnya muatan negatif tanah sehingga koloid tanah cenderung bermuatan positif. Muatan negatif tanah yang rendah menyebabkan kation-kation hara menjadi lebih mudah mengalami pencucian. Sementara itu, anion-anion hara menjadi tidak tersedia bagi tanaman karena dijerap koloid tanah yang

bermuatan positif (Sollins *et al.* 1988, Shamshuddin & Anda 2012).

Upaya untuk meningkatkan muatan negatif pada tanah bermuatan terubahkan, seperti Ultisol, dapat dilakukan dengan meningkatkan pH atau menurunkan TMN tanah (Shamshuddin & Anda 2008). Pengapuran pada Ultisol dapat meningkatkan pH tanah dan secara tidak langsung akan meningkatkan muatan negatif tanah. Namun demikian, peningkatan pH akibat pengapuran bersifat sementara dan dengan waktu pH akan kembali asal. Selain itu, besarnya kapasitas sangga tanah bermuatan terubahkan menyebabkan praktik pengapuran menjadi tidak ekonomis. Pada kondisi tersebut, penurunan TMN akan meningkatkan muatan negatif tanah, tanpa harus meningkatkan pH sampai tingkat yang tidak ekonomis (Uehara & Gillman 1981). Oleh karena itu, peningkatan muatan negatif tanah dapat dilakukan dengan menurunkan TMN tanah menjadi lebih rendah dari pH aktualnya. Selain kapur, bahan potensial yang dapat digunakan untuk meningkatkan muatan negatif tanah antara lain adalah abu terbang batubara dan bahan organik.

Abu terbang batubara sebagai produk samping pembakaran batubara mempunyai kandungan Ca dan Mg silikat, aluminosilikat dan oksida Ca dan Mg, sehingga potensial untuk digunakan sebagai bahan pengganti kapur untuk menurunkan kemasaman tanah (Brouwers & Van Eijk 2003, Yunusa *et al.* 2006, Murugan & Vijayarangam 2013). Karakteristik mineralogi abu terbang batubara lebih kompleks dibanding bahan kapur dimana reaksi netralisasinya juga melibatkan mineral lain, seperti Ca dan Mg silikat dan aluminosilikat, disamping oksida Ca dan Mg (Brouwers & Van Eijk 2003). Sementara itu, bahan organik diketahui juga dapat meningkatkan jumlah muatan negatif dan menurunkan TMN tanah (Tan 2003). Asam-asam organik hasil proses dekomposisi bahan organik seperti asam humat dan asam fulvat mempunyai gugus fungsional yang sangat reaktif dan melalui

reaksi deprotonasi akan menghasilkan muatan negatif. Gugus fungsional asam organik mempunyai afinitas yang tinggi terhadap Al dan Fe, sehingga berperan penting dalam pengikatan Al dan Fe dan selanjutnya akan mempengaruhi pH, TMN dan muatan negatif tanah (Haynes & Mokolobate 2001, Tan 2003).

Berbagai peneliti sebelumnya mengungkapkan bahwa pemberian campuran abu terbang batubara-bahan organik pada tanah masam memberikan respon positif terhadap pH tanah, ketersediaan hara serta pertumbuhan dan produksi tanaman (Sajwan *et al.* 2006, Kishor *et al.* 2010). Meskipun demikian, informasi mengenai pengaruh pemberian campuran abu terbang batubara-bahan organik terhadap perubahan muatan negatif tanah melalui penurunan TMN pada Ultisol, relatif masih sedikit. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pemberian campuran abu terbang batubara-kotoran ayam terhadap status TMN, muatan negatif, jerapan P dan ketersediaan P tanah.

## METODE PENELITIAN

### Tanah dan Campuran Abu Terbang Batubara-Kotoran Ayam

Contoh tanah Ultisol untuk penelitian ini diperoleh dari lahan Arboretum Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Unsri, Inderalaya pada kedalaman 0-20 cm. Contoh tanah tersebut kemudian dikering-anginkan, lalu ditumbuk dan disaring dengan ayakan berdiameter lubang 2,0 mm. Tanah yang digunakan pada penelitian ini tergolong masam (pH H<sub>2</sub>O = 4,54), dengan nilai titik muatan nol (TMN) sebesar 4,25. Muatan negatif yang rendah atau nilai TMN yang mendekati nilai pH aktualnya ini antara lain disebabkan oleh kandungan C-organik tanah ini yang tergolong sangat rendah (1,70 g kg<sup>-1</sup>). Rendahnya muatan negatif menyebabkan kapasitas jerapan P pada tanah ini menjadi tinggi (846,94 mg kg<sup>-1</sup>). Disamping itu, kandungan P tersedia tanah ini juga tergolong rendah, yaitu sebesar 6,60 mg kg<sup>-1</sup>. Kandungan basa dapat

ditukar, seperti K dan Na tanah ini tergolong rendah, yaitu berturut-turut sebesar 0,35 cmol<sub>(+)</sub> kg<sup>-1</sup> dan 0,22 cmol<sub>(+)</sub> kg<sup>-1</sup>, serta kandungan Ca dan Mg yang tergolong sangat rendah, yaitu sebesar 0,80 cmol<sub>(+)</sub> kg<sup>-1</sup> dan 0,13 cmol<sub>(+)</sub> kg<sup>-1</sup>. Tekstur tanah tergolong liat dengan kandungan liat sebesar 512,9 g kg<sup>-1</sup> (Hermawan *et al.* 2014).

Abu terbang batubara diperoleh dari PLTU di Muara Enim, Sumatera Selatan. Kotoran ayam diambil dari tempat peternakan ayam di Inderalaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan. Kedua bahan ini terlebih dahulu dikering-anginkan, kemudian digerus dan disaring masing-masing dengan ayakan berdiameter lubang 0,05 mm dan 2,0 mm. Selanjutnya kedua bahan tersebut diaduk hingga bercampur merata dengan perbandingan 1:1 (b/b). Campuran kemudian diinkubasi selama 45 hari pada temperatur ruangan. Penambahan air bebas ion dan pengadukan dilakukan setiap hari untuk mempertahankan kadar air campuran pada keadaan kapasitas lapang. Hasil penelitian sebelumnya (Hermawan *et al.* 2013) mengungkapkan bahwa campuran abu terbang batubara dengan perbandingan 1:1 (b/b) dan waktu inkubasi selama 45 hari memberikan karakteristik terbaik, yaitu pH H<sub>2</sub>O = 7,77, kapasitas jerapan P sebesar 570,55 mg kg<sup>-1</sup>, dan kandungan P-tersedia sebesar 94,80 mg kg<sup>-1</sup>.

Perlakuan yang diterapkan pada penelitian ini adalah dosis campuran ATB-KA (1:1, (b/b) yaitu : 0, 15, 30, 45, dan 60 ton ha<sup>-1</sup> dan dosis pupuk P yang meliputi: 0, 87, 174, 261, dan 348 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Percobaan disusun menurut Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan 3 ulangan. Dosis pupuk P ditentukan berdasarkan jumlah P yang dibutuhkan untuk mencapai konsentrasi 0.2 µg P mL<sup>-1</sup> dalam larutan keseimbangan yang merupakan kebutuhan P baku tanaman (Fox & Kamprath 1970, Sanchez & Uehara 1980). Berdasarkan kurva jerapan P maksimum diperoleh kebutuhan P sebesar 174 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Tanah yang digunakan sebanyak 2 kg pot<sup>-1</sup>

setara berat kering mutlak, dicampur merata dengan perlakuan yang diterapkan, dan kemudian diinkubasi selama 52 hari. Contoh tanah untuk analisis laboratorium diambil pada akhir inkubasi. Peubah yang dianalisis meliputi: pH H<sub>2</sub>O (1:1), titik muatan nol (TMN), C-organik, jerapan P, dan P-tersedia tanah.

Peubah pH H<sub>2</sub>O ditetapkan dengan menggunakan pH meter, status TMN ditetapkan menggunakan metode titrasi garam (Sakurai *et al.* 1988). Kadar C-organik dilakukan dengan metode Walkley dan Black, dan P-tersedia menggunakan pengekstrak Bray I (Sulaeman *et al.* 2005), sedangkan jerapan P tanah ditetapkan dengan menggunakan metode Indeks Jerapan P yang dimodifikasi (Sims 2009).

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis melalui 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 Titik Muatan Nol (TMN) Tanah

Status pH dan titik muatan nol (TMN) tanah cenderung mengalami perubahan akibat perlakuan dosis campuran abu terbang batubara-kotoran ayam (ATB-KA) dan pupuk P yang diberikan (Tabel 1). Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan ATB-KA mempunyai korelasi positif sangat erat dengan nilai pH ( $r = 0,99^{**}$ ,  $P < 0,01$ ) dan TMN ( $r = 0,98^{**}$ ,  $P < 0,01$ ) tanah, sementara perlakuan dosis pupuk P mempunyai korelasi negatif yang tidak erat dengan nilai pH ( $r = -0,03^{tn}$ ,  $P > 0,05$ ) dan TMN ( $r = -0,15^{tn}$ ,  $P > 0,05$ ) tanah. Meningkatnya dosis ATB-KA pada setiap dosis pupuk P cenderung meningkatkan pH dan TMN tanah (Gambar 1). Hasil yang

Tabel 1. Beberapa karakteristik kimia tanah akibat pemberian campuran ATB-KA dan Pupuk P

Kombinasi Perlakuan		Peubah					
Dosis ATB – KA (ton ha <sup>-1</sup> )	Dosis P (kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> )	pH H <sub>2</sub> O	TMN	ΔpH (pH H <sub>2</sub> O – TMN)	C-organik (g kg <sup>-1</sup> )	Jerapan P (mg kg <sup>-1</sup> )	P-tersedia (mg kg <sup>-1</sup> )
0	0	4,13	3,90	0,23	1,10	153,46	3,75
	87	4,10	3,85	0,25	1,00	122,91	14,40
	174	3,99	3,72	0,27	1,00	141,57	24,75
	261	3,98	3,72	0,26	0,80	143,52	29,55
	348	3,99	3,74	0,25	0,40	143,58	48,60
15	0	4,57	4,21	0,36	1,40	142,48	26,40
	87	4,73	4,42	0,31	1,70	140,14	38,85
	174	4,79	4,35	0,44	1,40	138,38	64,80
	261	4,73	4,45	0,28	1,20	117,71	72,45
	348	4,84	4,30	0,54	1,40	139,29	79,80
30	0	5,88	5,50	0,38	2,40	125,58	54,00
	87	5,65	5,27	0,38	2,20	137,67	70,50
	174	5,76	5,15	0,61	2,30	117,45	79,80
	261	5,65	4,95	0,70	1,80	110,17	89,25
	348	5,70	4,93	0,77	1,60	115,11	94,95
45	0	6,44	6,15	0,29	2,60	119,92	72,45
	87	6,48	6,12	0,36	3,00	116,54	83,40
	174	6,42	5,61	0,81	2,50	111,86	94,20
	261	6,51	5,68	0,83	2,50	116,54	105,30
	348	6,50	5,60	0,90	2,70	100,55	107,40
60	0	7,40	6,75	0,65	2,80	106,99	96,60
	87	7,05	6,39	0,66	3,50	111,28	91,50
	174	6,87	6,20	0,67	2,40	124,60	98,25
	261	6,97	6,07	0,90	2,90	111,34	106,50
	348	6,88	6,03	0,85	3,30	100,88	97,95

senada juga diungkapkan oleh penelitian sebelumnya dimana pemberian abu terbang batubara dan kombinasinya dengan bahan organik dapat meningkatkan pH tanah masam (Kishor *et al.* 2010).

Campuran abu terbang batubara-kotoran ayam (ATB-KA) dengan yang tergolong basa (pH = 7,77) berperan dalam mempengaruhi nilai muatan negatif tanah melalui perubahan pH dan TMN tanah. Tabel 1 menunjukkan bahwa peningkatan nilai pH tanah cenderung diikuti oleh meningkatnya nilai TMN tanah. Terdapat kecenderungan bahwa peningkatan nilai pH lebih besar dibanding peningkatan nilai TMN atau dapat dikatakan bahwa nilai TMN menjadi semakin lebih rendah dari nilai pH tanah. Sposito (2008) mengemukakan bahwa nilai TMN yang lebih rendah dari pH aktualnya mencirikan besarnya muatan negatif pada permukaan koloid tanah. Pada tanah bermuatan terubahkan, seperti Ultisol, meningkatnya pH akan meningkatkan muatan negatif tanah dan selanjutnya status TMN tanah akan menurun (Uehara & Gilman 1981, Shamshuddin & Anda 2008).

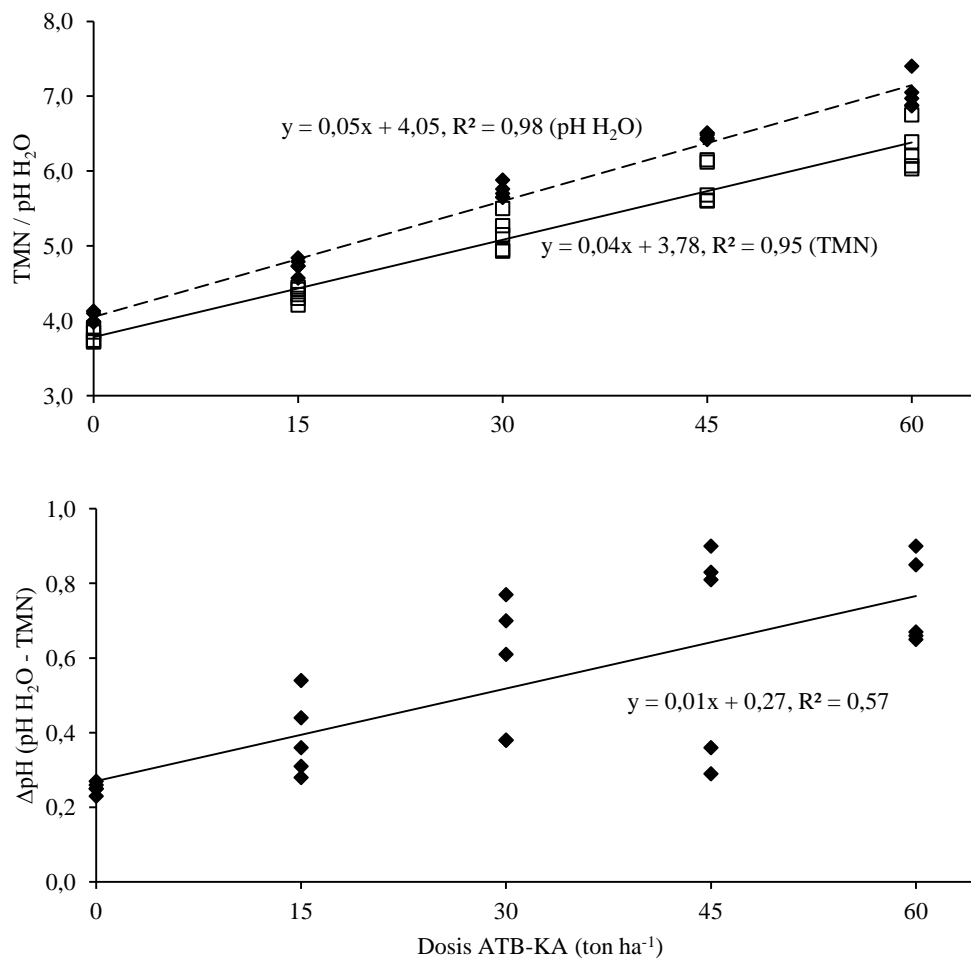
Muatan negatif tanah mempunyai hu-

ubungan positif yang sangat erat dengan perlakuan dosis ATB-KA ( $r = 0,75^{**}$ ,  $P < 0,01$ ) (Tabel 2). Tabel 2 juga menunjukkan bahwa perlakuan ATB-KA mempunyai hubungan positif yang erat dengan kapasitas tukar kation (KTK) tanah ( $r = 0,46^*$ ,  $P < 0,05$ ). Muatan negatif ( $\Delta pH$ ) tanah mempunyai hubungan positif yang sangat erat dengan pH ( $r = 0,78^{**}$ ,  $P < 0,001$ ), TMN ( $r = 0,63^{**}$ ,  $P < 0,001$ ) dan KTK ( $r = 0,53^{**}$ ,  $P < 0,001$ ) tanah (Tabel 5). Abu terbang batubara bersifat alkalin dan didominasi oleh senyawa aluminosilikat serta senyawa oksida seperti CaO, MgO, dan K<sub>2</sub>O, sehingga dapat berfungsi sebagai bahan kapur yang dapat meningkatkan pH tanah (Stevens dan Dunn, 2004; Yunusa *et al.* 2006), dan selanjutnya akan mempengaruhi status TMN tanah. Sementara itu, bahan organik dapat mempengaruhi status pH dan TMN tanah melalui ionisasi gugus fungsional senyawa organik. Gugus fungsional asam organik dapat bereaksi dengan oksida-hidrus Al dan Fe yang akan memunculkan muatan negatif dan juga reaksi protonasi-deprotonasi asam-asam organik dapat meningkatnya muatan negatif pada permukaan koloid (Haynes & Mokolobate 2001, Huang *et al.* 2005).

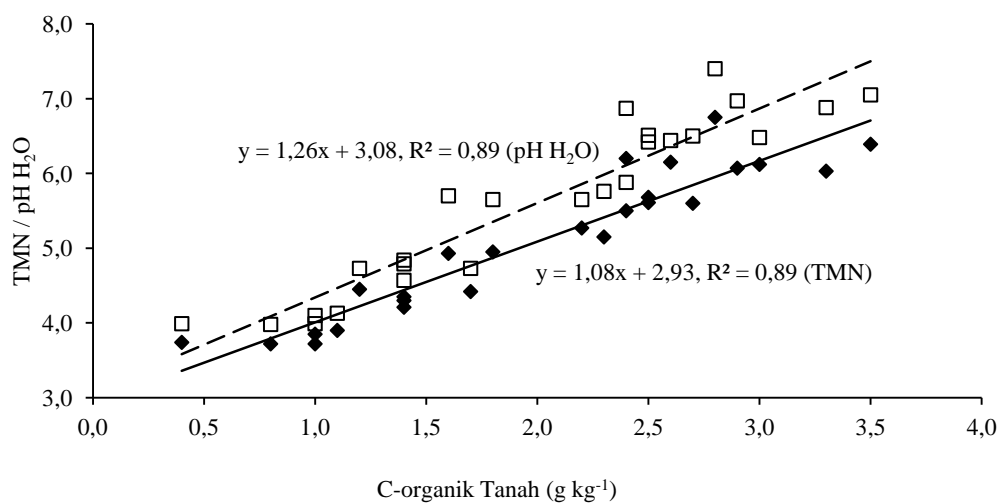
Tabel 2. Hasil uji regresi korelasi perlakuan ATB-KA dan pupuk P dengan berbagai peubah yang diamati

Peubah yang diamati	Dosis ATB-KA			Dosis pupuk P		
	Persamaan Regresi		r	Persamaan Regresi		r
	a	bx		a	bx	
TMN	3,78	0,04	0,98 <sup>**</sup>	5,28	-0,001	-0,15 <sup>tn</sup>
pH H <sub>2</sub> O	4,05	0,05	0,99 <sup>**</sup>	5,65	-0,0003	-0,03 <sup>tn</sup>
$\Delta pH$ (pH H <sub>2</sub> O – TMN)	0,27	0,01	0,75 <sup>**</sup>	0,37	0,001	0,46 <sup>*</sup>
C-Organik	0,90	0,04	0,94 <sup>**</sup>	2,16	-0,001	-0,14 <sup>tn</sup>
KTK	19,25	0,03	0,46 <sup>*</sup>	19,30	0,005	0,43 <sup>*</sup>
P-tersedia	33,02	1,23	0,85 <sup>**</sup>	51,60	0,11	0,42 <sup>*</sup>
Jerapan P	140,89	-0,55	-0,79 <sup>**</sup>	129,47	-0,03	-0,24 <sup>tn</sup>

Keterangan : tn / \* / \*\* = berhubungan tidak erat / erat / sangat erat;  $r_{(0,05;23)} = 0,40$ ;  $r_{(0,01;23)} = 0,51$



Gambar 1. Hubungan antara dosis ATB-KA dan pH H<sub>2</sub>O, TMN dan ΔpH tanah pada berbagai dosis pupuk P



Gambar 2. Hubungan antara kandungan C-organik tanah dengan pH H<sub>2</sub>O dan TMN pada berbagai perlakuan dosis ATB-KA dan dosis pupuk P

Tabel 3. Koefisien korelasi (r) antar berbagai peubah yang diamati pada perlakuan ATB-KA dan pupuk P

Peubah	TMN	pH H <sub>2</sub> O	ΔpH	C-organik	KTK	Jerapan P
pH H <sub>2</sub> O	0,99**					
ΔpH	0,63**	0,78**				
C-organik	0,94**	0,94**	0,65**			
KTK	0,35 <sup>tn</sup>	0,41*	0,53**	0,39 <sup>tn</sup>		
Jerapan P	-0,76**	-0,80**	-0,75**	-0,75**	-0,41*	
P-tersedia	0,79**	0,85**	0,85**	0,73**	0,61**	-0,80**

Keterangan : tn / \* / \*\* = berhubungan tidak erat / erat / sangat erat;  $r_{(0,05;23)} = 0,40$ ;  $r_{(0,01;23)} = 0,51$

Gambar 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat hubungan positif yang sangat erat antara kandungan C-organik tanah dengan status pH dan TMN tanah, masing-masing dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,89 dan koefisien korelasi (r) sebesar 0,94\*\*,  $P < 0,01$ . Ionisasi gugus fungsional asam organik akan menghasilkan sejumlah muatan negatif. Reaksi netralisasi muatan positif tanah oleh gugus fungsional asam organik, dapat terjadi melalui melalui kompleksasi ion logam seperti Al dan Fe, protonasi gugus fungsional asam organik, dan juga melalui jerapan spesifik asam organik pada permukaan hidrus-oksida Al atau Fe (Haynes & Mokolobate 2001, Ano & Ubochi 2007).

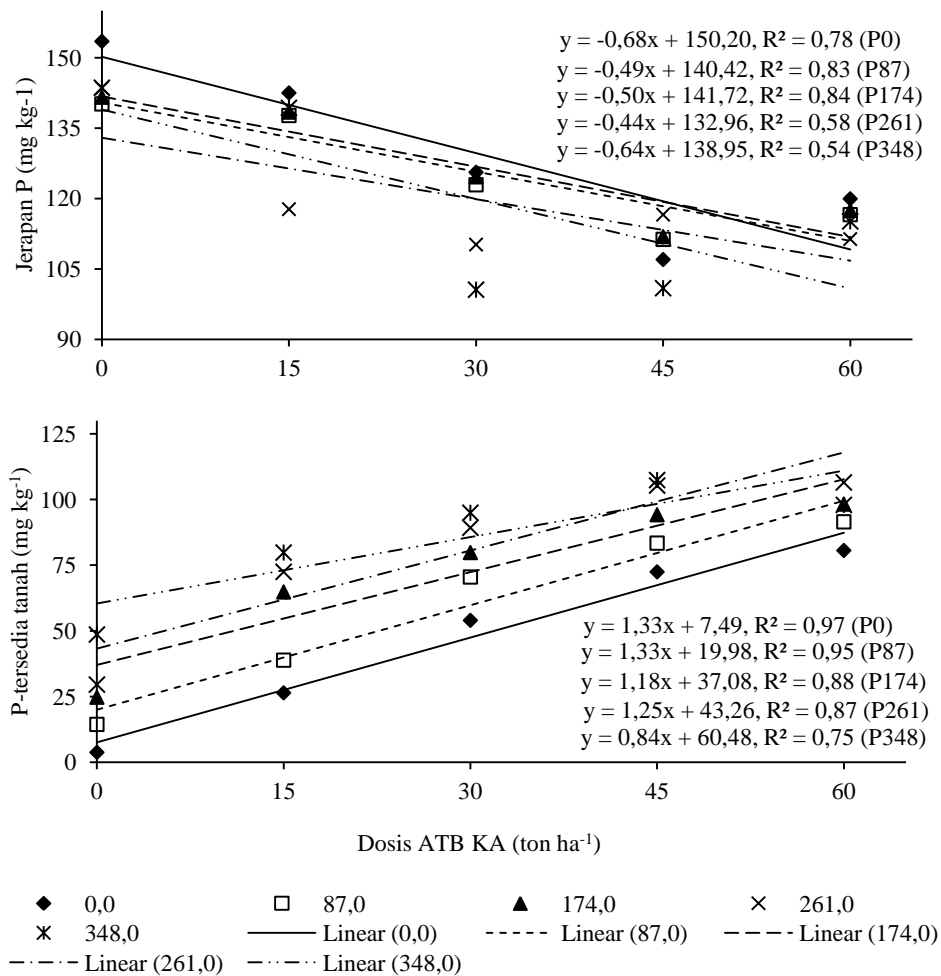
Sementara itu, perlakuan dosis pupuk P mempunyai hubungan negatif yang tidak erat dengan pH dan TMN, tetapi mempunyai hubungan positif yang erat dengan muatan negatif (ΔpH) tanah (Tabel 4). Tabel 3 juga menunjukkan bahwa nilai pH dan TMN tanah cenderung menurun dengan meningkatnya dosis pupuk P, sedangkan muatan negatif tanah cenderung meningkat. Nilai TMN tanah yang cenderung menurun akibat pemupukan P dapat disebabkan oleh meningkatnya muatan negatif akibat pemberian pupuk P, dengan nilai r sebesar 0,46\*,  $P < 0,05$  (Tabel 4). Peningkatan muatan negatif tanah akibat perlakuan pupuk P selanjutnya juga menyebabkan terjadinya peningkatan kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Tabel 4 menunjukkan bahwa pemupukan P mempunyai korelasi positif yang erat

dengan status KTK tanah ( $r = 0,43^*$ ,  $P < 0,05$ ). Pupuk P diketahui dapat meningkatkan muatan negatif tanah melalui pelepasan ion hidroksil (OH<sup>-</sup>) yang dapat bersenyawa dengan kation Al dan Fe atau melalui mekanisme jerapan  $H_2PO_4^-$  oleh hidrus oksida Al dan Fe (Havlin *et al.* 1999).

#### Perubahan Jerapan P dan P-tersedia Tanah

Selanjutnya, perlakuan ATB-KA mempunyai korelasi negatif yang sangat erat dengan jerapan P ( $r = -0,79^{**}$ ,  $P < 0,01$ ) dan berkorelasi positif sangat erat dengan kadar P-tersedia ( $r = 0,85^{**}$ ,  $P < 0,01$ ) tanah (Tabel 4). Gambar 3 menunjukkan bahwa meningkatnya dosis campuran ATB-KA dan dosis pupuk P cenderung menurunkan jerapan P. Sementara, kadar P-tersedia tanah cenderung semakin meningkat dengan meningkatnya dosis ATB-KA dan pupuk P yang diberikan (Gambar 3).

Meningkatnya pH dan menurunnya TMN tanah menjadi lebih rendah dari pH larutan atau muatan koloid tanah menjadi lebih negatif akibat perlakuan yang diterapkan (Gambar 1) diduga menjadi penyebab menurunnya jerapan P. Tabel 5 menunjukkan bahwa jerapan P tanah mempunyai hubungan negatif sangat erat dengan pH ( $r = 0,80^{**}$ ,  $P < 0,01$ ), TMN ( $r = 0,76^{**}$ ,  $P < 0,01$ ), dan muatan negatif ( $r = 0,75^{**}$ ,  $P < 0,01$ ) tanah. Selanjutnya, penurunan jerapan P tanah ini memberikan pengaruh dan berhubungan sangat erat dengan peningkatan kandungan P-tersedia tanah ( $r = -0,80^{**}$ ,  $P < 0,01$ ) (Tabel 5).



Gambar 3. Hubungan antara dosis ATB-KA dengan Jerapan P dan P-tersedia tanah pada setiap perlakuan dosis pupuk P

Hasil ini menunjukkan bahwa baik abu terbang batubara maupun kotoran ayam pada campuran ATB-KA mempunyai peranan dalam menurunkan jerapan P dan meningkatkan ketersediaan P pada Ultisol. Muatan negatif yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis senyawa-senyawa oksida serta senyawa Ca dan Mg silikat pada abu terbang batubara (Ricou *et al.* 2001, Brouwers & Van Eijk 2003) dapat menetralkan muatan positif pada permukaan koloid tanah sehingga jerapan P tanah menjadi menurun. Sementara itu, reaksi asam-asam organik dengan ion logam seperti Al, Fe dan Mn yang menyerap P atau melalui proses pertukaran anion atau terjadinya kompetisi antara asam organik dengan P dalam membutuhkan tapak pertukaran menyebabkan

menurunnya jerapan P dan P menjadi lebih tersedia (Tan 1998, Djuniwati *et al.* 2012, Marsi & Sabaruddin 2012). Sementara itu, pemberian pupuk P akan meningkatkan kandungan ion fosfat dalam tanah dan ion hidroksil (OH<sup>-</sup>) yang dihasilkan dari reaksi fosfat tersebut dapat bersenyawa dengan kation Al dan Fe atau melalui mekanisme jerapan H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> oleh hidrus oksida Al dan Fe (Tan 1998, Havlin *et al.* 1999).

## SIMPULAN DAN SARAN

Campuran ATB-KA mempunyai potensi sebagai amelioran untuk meningkatkan muatan negatif pada tanah bermuatan terubahkan melalui peningkatan pH H<sub>2</sub>O dan menurunkan TMN tanah menjadi lebih rendah dari nilai pH H<sub>2</sub>O. Status pH H<sub>2</sub>O,



TMN, dan muatan negatif tanah dipengaruhi dan mempunyai hubungan positif sangat erat dengan perlakuan campuran ATB-KA. Status TMN mempunyai hubungan positif sangat erat dengan muatan negatif tanah. Muatan negatif tanah berkorelasi negatif sangat erat dengan jerapan P dan berkorelasi positif sangat erat dengan kandungan P tersedia tanah.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Data yang disajikan pada naskah 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. & 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. & R.J. Van Eijk. 2003. Chemical reaction of fly ash. p.791-800. *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Congress on the Chemistry of Cement (ICCC). The Cement and Concrete Institute of South Africa, Durban, South Africa.*
- Djuniwati, S., B. Nugroho, & 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.
- Fox, R. L. & Kamprath, E. J. 1970. Phosphate sorption isotherm for evaluating the phosphate requirements of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34: 902-907.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale & W.L. Nelson. 1999. *Soil fertility and fertilizers an introduction to nutrient management.* 6<sup>th</sup> ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Haynes, R.J., & 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.
- Hermawan, A., Sabaruddin, Marsi, & R. Hayati. 2013. Status jerapan dan ketersediaan P abu terbang batubara akibat penambahan kotoran ayam. Hal 245-255 *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal.* Palembang.
- Huang, P.M., M. Wang & C. Chiu. 2005. Soil mineral-organic matter-microbe interactions: Impacts on biogeochemical processes and biodiversity in soils. *Pedobiologia* 49: 609-635.
- Kishor P, A.K. Ghosh & D. Kumar. 2010. Use of fly ash in agriculture: A way to improve soil fertility and its productivity. *Asian J. of Agric. Res* 4(1): 1-14
- Marsi & 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
- Ricou, P.H, I. Lecuyer & P. Le Cloirec. 2001. Experimental design methodology applied to adsorption of metallic ions onto fly ash. *Wat. Res.* 35(4): 965-976.
- Sabaruddin, K., S. Ishizuka, K. Sakurai, S. Tanaka, S. Kubota, M. Hirota, S.J. Priatna, & Juairiah. 2001. Characteristics of Ultisols under different wildfire history in South Sumatra, Indonesia: I. Physico-chemical properties. *Tropics* 10(4): 565 – 580
- Sajwan, K.S, S. Paramasivam, A.K. Alva & S.V. Sahi. 2006. Fly ash-organic byproduct mixture as soil amendment. *Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation*, 3–23.
- Sakurai, K., Nakayama, A., Watanabe, T., & Kyuma, K. 1989. Influences of aluminum

- ions on the determination of ZPC (zero point of charge) of variable charge soils. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 35(4): 623-633
- Sakurai, K., Y. Ohdate, & 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
- Sakurai, K., S. Kozasa, B. Puriyakorn, P. Preechapanaya, V. Tanpibal, K. Muangnil, & B. Prachaiyo. 1996. Mineralogical and physico-chemical properties of four Thai soils with special reference to specific surface area (SSA) and zero point of charge (ZPC). *Soil Sci. Plant Nutr.*, 42(1): 93-103
- Sanchez, P. A. & 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. & 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
- Shamshuddin, J. & M. Anda. 2012. Enhancing the productivity of Ultisols and Oxisols in Malaysia using Basalt and/or Compost. *Pedologist* 382-391
- 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.
- Sposito, G. 2008. *The chemistry of soils*. 2<sup>nd</sup> Ed. Oxford University Press, Inc. New York.
- Stevens, G & D. Dunn. 2004. Fly ash as a liming material for Cotton. *J. Environ. Qual.* 33:343–348
- Sulaeman, Suparto, & Eviati. 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah, Balitbangtan, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Tan, K.H. 1998. *Principles of Soil Chemistry*. Third Edition. Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Tan, K.H. 2003. *Humic Matter in the soil and the environment: Principles and Controversies*. Marcel Dekker, Inc. new York. USA.
- Uehara, G & G.P. Gillman. 1981. *The mineralogy, chemistry and physics of tropical soils with variable charge clays*. Westview Press. Colorado.
- Yunusa, I. A. M., Eamus, D., DeSilva, D.L., Murray, B.R., Burchett, M.D., Skilbeck, G. C, & C. Heidrich. 2006. Fly-ash: An exploitable resource for management of Australian agricultural soil. *Fuel*. 85: 2337-2344.