

**KAJIAN PERUBAHAN JERAPAN DAN KETERSEDIAAN P PADA TANAH  
ULTISOL DENGAN PEMBERIAN LIMBAH KELAPA SAWIT**  
(*The Study of P Adsorption and Availability Changes on  
Ultisols with the Granting of Oil Palm Wastes*)

Pertiwi, D.<sup>1)</sup>, Sulistiyanto, Y.<sup>1)</sup>, Damanik, Z.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya  
Telp: 085752996475; e-mail: [dianpertiwi220@gmail.com](mailto:dianpertiwi220@gmail.com)

Diterima : 07/03/2017

Disetujui : 30/04/2017

**ABSTRACT**

The purpose of this research is to know the influence of the incorporation TKKS and boiler ashes best doses in lowering adsorption P and increase the availability of P and pH on Ultisols. This study used a Randomized Complete Design (RAL) consisting of 2 factorial factor treatments. First factor was TKKS (T) consists of three doses of treatment i.e: T0 : 0 ton.ha<sup>-1</sup>, T1 : 20 ton.ha<sup>-1</sup> dan T2 : 40 ton.ha<sup>-1</sup>. Second Factor was Boiler Ash (A) consists of three doses of treatment i.e: A0 : 0 ton.ha<sup>-1</sup>, A1 : 11,6 ton.ha<sup>-1</sup> dan A2 : 23,2 ton.ha<sup>-1</sup>. The results showed that combination treatment of empty oil palm bunches (TKKS) and boiler ashes on ultisols has raised pH H<sub>2</sub>O, raised and lowered pH when the dose increased, and lowered exchangeable Al. Whereas single TKKS factor treatment and boiler ash raise pH KCl. Single factor Treatment of boiler ash increases P-available with the best dose treatment i.e. A2 (23,2 ton ha<sup>-1</sup>), it also increases the coefficient of bonding energy and lowering the site adsorption namely treatment A1 (11,6 ton.ha<sup>-1</sup>) and A2 (23,2 ton.ha<sup>-1</sup>), while the single factor treatment of TKKS improves P adsorption maximum i.e. treatment T1 (20 ton.ha<sup>-1</sup>), but lose the P adsorption maximum i.e. treatment T2 (40 ton.ha<sup>-1</sup>).

Keywords : P adsorption, P availability, Oil Palm Waste, Ultisols.

**ABSTRAK**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian TKKS dan abu boiler dan dosis terbaik dalam menurunkan jerapan P dan meningkatkan ketersediaan P serta pH pada tanah Ultisol. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari 2 faktor perlakuan. Faktor pertama TKKS (T) terdiri dari 3 perlakuan dosis yaitu: T0 : 0 ton.ha<sup>-1</sup>, T1 : 20 ton.ha<sup>-1</sup> dan T2 : 40 ton.ha<sup>-1</sup>. Faktor kedua Abu Boiler (A) terdiri dari 3 perlakuan dosis yaitu: A0 : 0 ton.ha<sup>-1</sup>, A1 : 11,6 ton.ha<sup>-1</sup> dan A2 : 23,2 ton.ha<sup>-1</sup>. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan TKKS dan abu boiler pada tanah ultisol meningkatkan pH. Sedangkan perlakuan faktor tunggal TKKS dan abu boiler meningkatkan pH KCl. Perlakuan faktor tunggal abu boiler meningkatkan P-Tersedia dengan dosis terbaik yaitu perlakuan A2(23,2 ton.ha<sup>-1</sup>), juga meningkatkan koefisien energi ikatan dan menurunkan Tapak Jerapan yaitu perlakuan A1(11,6 ton.ha<sup>-1</sup>) dan A2(23,2 ton.ha<sup>-1</sup>), sedangkan perlakuan faktor tunggal TKKS meningkatkan Jerapan P maksimal yaitu perlakuan T1(20 ton.ha<sup>-1</sup>), namun menurunkan Jerapan P maksimal yaitu perlakuan T2(40 ton.ha<sup>-1</sup>).

Kata Kunci : Jerapan P, Ketersediaan P, Limbah Kelapa Sawit, Tanah Ultisol

**PENDAHULUAN**

Indonesia saat ini merupakan negara produsen CPO (*crude palm oil*) terbesar di dunia, setiap ton tandan buah segar (TBS) akan menghasilkan rata-rata 120-200 kg minyak kelapa sawit mentah

(CPO), 230-250 kg tandan kosong kelapa sawit (TKKS), 130-150 kg serat, 60-65 kg cangkang, 55-60 kg kernel, dan 0,7 m<sup>3</sup> air limbah serta abu boiler sebanyak 5% dari TBS (Mahajoeno dkk, 2008).

TKKS mengandung selulosa 45%, hemiselulosa 22,84% dan lignin 16,45% dari berat kering. Selain itu juga mengandung 0,22 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,30% MgO, 42,8% C, 2,90% K<sub>2</sub>O dan 0,80% N. (Said, 1996; Darnoko dkk, 1993 dalam Harbianto dkk, 2015).

Setiap 100 ton TBS yang diolah oleh pabrik kelapa sawit dapat menghasilkan 250 kg s/d 400 kg abu boiler kelapa sawit, sehingga dari setiap 30 ton TBS akan menghasilkan 82 kg s/d 149 kg abu boiler kelapa sawit. Unsur hara yang terkandung di dalam abu boiler kelapa sawit antara lain P 2,67%, K 3,89%, Mg 1,89%, Ca 38,06%, dan juga mengandung senyawa basa-basa yang tinggi dan unsur mikro sehingga dapat meningkatkan pH tanah (Astianto, 2011 dan Wahid, 2009 dalam Harbianto dkk, 2015).

Tanah Ultisol adalah satu lahan kering marginal dengan luas mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia (Subagyo dkk, 2002). Sebaran tanah ultisol di Kalimantan sebesar 21.938.000 ha (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006) dan di Kalimantan Tengah luasnya sebesar 4.829.040 ha (Hidayat dan Mulyani, 2005).

Tanah ultisol memiliki kendala seperti kemasaman tanah yang tinggi, kejenuhan Al tinggi, kandungan hara makro terutama P, K, Ca, Mg, dan kandungan bahan organik yang rendah, kelarutan Fe dan Mn yang cukup tinggi yang akan bersifat racun. Di tanah ultisol unsur Fosfor (P) kurang tersedia bagi tanaman karena terfiksasi atau terjerap oleh ion Al dan Fe (Nyakpa dkk, 1988 dalam Paiman dan Armando, 2010). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber hara untuk meningkatkan kesuburan tanah ultisol khususnya mengenai ketersediaan dan jerapan P.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dan dosis terbaik pemberian TKKS dan abu boiler dalam menurunkan jerapan P dan meningkatkan ketersediaan P serta pH pada tanah Ultisol.

Manfaat penelitian ini adalah mengurangi pencemaran lingkungan terutama di sekitar pabrik, serta untuk

meningkatkan kualitas tanah ultisol terutama dapat menurunkan jerapan P, Al-dd dan meningkatkan kandungan P-Tersedia, pH, KTK, kandungan bahan organik sehingga dapat digunakan untuk pengembangan dalam usaha pertanian.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Sub Laboratorium Analitik Universitas Palangka Raya pada bulan Mei-Agustus 2016. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari 2 faktor perlakuan. Faktor pertama tandan kosong kelapa sawit (T) terdiri dari 3 taraf perlakuan dosis yaitu: T0 : 0 ton.ha<sup>-1</sup>, T1 : 20 ton.ha<sup>-1</sup>, T2 : 40 ton.ha<sup>-1</sup>. Faktor kedua Abu Boiler (A) terdiri dari 3 taraf perlakuan dosis yaitu: A0 : 0 ton.ha<sup>-1</sup>, A1 : 11,6 ton.ha<sup>-1</sup>, A2 : 23,2 ton.ha<sup>-1</sup>. Dari kedua faktor perlakuan tersebut diperoleh 9 kombinasi perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali dan diperoleh 27 satuan percobaan.

### Pelaksanaan Percobaan

1. Pengambilan Limbah Kelapa Sawit dan Tanah Ultisol
2. Penyiapan dan Analisis Awal Sifat Kimia Tanah Ultisol
3. Penyiapan, Analisis dan Pengaplikasian Limbah
4. Inkubasi
5. Analisis pH, Al-dd, P-Tersedia dan Jerapan P
6. Isoterm Jerapan P

Jumlah P yang terjerap per gram tanah (x/m) dihitung dari selisih antara jumlah P yang ditambahkan dengan konsentrasi P dalam larutan setelah setimbang. Data jerapan P oleh tanah diplotkan menurut persamaan jerapan :

Persamaan Langmuir :

$$x = \frac{(ax_m c)}{(1+ac)} \quad (1)$$

dimana c adalah konsentrasi P di dalam larutan equilibrium (mg P.L<sup>-1</sup>), x adalah jumlah P yang dijerap (mg P.kg<sup>-1</sup>), x<sub>m</sub> adalah jerapan maksimal (mg P.kg<sup>-1</sup>) dan a adalah koefisien terkait dengan energi ikatan (*bonding energy*).

Transformasi ke bentuk linear menjadi :

$$\frac{c}{x} = \frac{1}{ax_m} + \frac{c}{x_m} \quad (2)$$

Plot  $c/x$  dengan  $c$  akan menghasilkan garis lurus dengan kemiringan (*slope*)  $1/x_m$  dan intersept  $1/ax_m$ . Kelebihan utama dari persamaan ini adalah kapasitas retensi maksimal ( $x_m$ ) dapat dihitung (Olsen and Watanabe, 1957 dalam Damanik, 2012).

Persamaan Freundlich :

$$x = k c^b \quad (3)$$

dimana  $x$  adalah jumlah P yang dijerap ( $\text{mg P.kg}^{-1}$ ),  $c$  adalah konsentrasi P di dalam larutan equilibrium ( $\text{mg P.L}^{-1}$ ),  $k$  adalah tapak jerapan, dan  $b$  adalah konstanta berhubungan dengan “bonding energy”

Transformasi ke bentuk linear :

$$\log x = \log k + b \log c \quad (4)$$

Plotting  $x$  dengan  $c$  akan memberikan garis lurus dengan kemiringan (*slope*)  $b$  dan intercept  $\log k$ .

**Peubah Pengamatan**

Peubah pengamatan yang diamati adalah:

- a. pH ( $\text{H}_2\text{O}$  dan KCl 1:2,5) (Metode elektrode gelas)
- b. Al-dd (Titrasi KCl 1 N)
- c. P-Tersedia (Metode Bray 1)
- d. Jerapan P (Metode Fox dan Kamprath, 1970 dalam Eviati dan Sulaeman, 2009)

**Analisis Data**

Data dianalisis menggunakan uji Fisher (F) dan apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf  $\alpha = 5 \%$ . Analisis statistik dilakukan dengan perangkat lunak Costat versi 6.11.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Analisis Awal Bahan Penelitian**  
**a. Karakteristik Sifat Kimia Awal Tanah Ultisol**

Sifat kimia tanah ultisol yang digunakan disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis awal tersebut menunjukkan bahwa derajat kemasaman tanah ultisol tergolong masam dan ketersediaan P 17,9 ppm yang tergolong sedang. Pada kondisi masam tanah didominasi oleh ion Hidrogen ( $\text{H}^+$ ),

dan kejenuhan Al (28,89%) yang tergolong sedang, hal ini mengakibatkan terikatnya unsur P oleh Al sehingga ketersediaan P rendah (Hardjowigeno, 1995).

Kapasitas Tukar Kation (KTK) sebesar 27,08  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  tergolong tinggi dengan KTK efektif sebesar 4,52  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$ . KTK pada tanah ultisol ini dipengaruhi oleh kandungan bahan organik dan mineral liat. C-Organik yang terkandung di tanah ultisol yang digunakan adalah sebesar 2,55% yang tergolong rendah. Sedangkan untuk mineral liat pada tanah ultisol didominasi oleh kaolinit dan oksida besi Fe dan Al, yang biasanya kaolinit memiliki KTK 3-15  $\text{cmol (+) kg}^{-1}$  (Konta, 1995 dalam Sunardi dkk, 2011).

Tabel 1. Hasil Analisis Sifat Kimia Awal Tanah Ultisol

Parameter	Metode	Nilai	Kriteria
pH $\text{H}_2\text{O}$	Elektrode Gelas(1,2,5)	5,0	Masam
pH KCl	Elektrode Gelas(1,2,5)	4,0	Masam
$\Delta\text{pH}$		1,0	
P-Tersedia (ppm)	Bray 1	17,9	Sedang
Al-dd (me Al/100 g)	Titrasi KCl 1 N	1,27	
Kejenuhan Al (%)		28,89	Sedang
H-dd (me/100g)	Titrasi KCl 1 N	1,58	
N Total (%)	Kjeldahl	0,75	Tinggi
KTK (cmol (-) $\text{kg}^{-1}$ )	Ekstraksi Ammonium Asetat pH 7,00	27,08	Tinggi
KTK Efektif (cmol (-) $\text{kg}^{-1}$ )		4,52	Rendah
C-Organik (%)	Komais	2,55	Sedang
Ca-dd (me/100g)	Ekstraksi Ammonium Asetat pH 7,00	0,93	Sangat Rendah
K-dd (me/100g)	Ekstraksi Ammonium Asetat pH 7,00	0,32	Sedang
Mg-dd (me/100g)	Ekstraksi Ammonium Asetat pH 7,00	0,40	Rendah
Na-dd (me/100g)	Ekstraksi Ammonium Asetat pH 7,00	0,02	Sangat Rendah
KB (%)	Ekstraksi Ammonium Asetat pH 7,00	6,1	Sangat Rendah

Keterangan: Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah Menurut Lembaga Penelitian Tanah, (1983)

Kejenuhan Basa (KB) tanah ultisol yang digunakan sebesar 6,1% tergolong sangat rendah. KB yang rendah disebabkan karena pelindian kation basa berlangsung secara intensif karena curah hujan dan temperatur yang tinggi serta bergantung juga kepada bahan induk tanah tersebut. Selain itu, Hardjowigeno (1995) dan Sutedjo dan Kartasapoetra (1991) menyatakan bahwa pada kondisi pH rendah, kompleks jerapan lebih banyak diisi oleh kation-kation asam seperti  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{H}^+$ .

Ketersediaan unsur hara makro N-Total 0,75% tergolong tinggi, Ca-dd 0,93% tergolong sangat rendah, K-dd 0,32% tergolong sedang, Mg-dd 0,40% tergolong rendah, Na-dd 0,02% tergolong sangat rendah, karena pada pH rendah unsur hara

mudah larut di dalam air (Hardjowigeno, 1995).

Berdasarkan survey yang dilakukan, tanah yang digunakan termasuk ke dalam jenis tanah Ultisol dengan Great-Group Paleudults, dan Sub-Group Typic Paleudults (Soil Survey Staff, 2014) dan Nitosol Kromik (Subardja, dkk, 2014).

**b. Karakteristik Limbah Kelapa Sawit**

Karakteristik kandungan limbah kelapa sawit disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Derajat Kemasaman (pH) dan Kandungan Unsur Hara Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Abu Boiler

Limbah	pH H <sub>2</sub> O <sup>1)</sup>	pH KCl <sup>2)</sup>	ΔpH <sup>b</sup>	P Total (ppm) <sup>2)</sup>	K Total (ppm) <sup>2)</sup>	Ca Total (ppm) <sup>2)</sup>	Mg Total (ppm) <sup>2)</sup>
TKKS	9,3	9,0	0,3	125	61.145,99	1.062,62	1.443,56
Abu Boiler	10,1	9,3	0,8	6.485,44	85.566,12	41.202,87	5.070,54

Keterangan : <sup>1)</sup> Hasil Analisis Penelitian ini  
<sup>2)</sup> Rasyiid, 2014

**2. Perubahan Parameter Derajat Kemasaman (pH)**

Hasil analisis ragam terhadap parameter pH H<sub>2</sub>O dengan penambahan limbah TKKS dan Abu Boiler menunjukkan terdapat interaksi kombinasi perlakuan TKKS dan Abu boiler yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata pH H<sub>2</sub>O Tanah Ultisol dengan Pemberian TKKS dan Abu Boiler

TKKS/ABU	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
T <sub>0</sub>	4.9f	5.4d	5.7ab
T <sub>1</sub>	5.2e	5.4cd	5.7a
T <sub>2</sub>	5.4d	5.5bc	5.8a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%

Data Tabel 3 menunjukkan bahwa TKKS bersinergi dengan abu boiler untuk meningkatkan pH H<sub>2</sub>O tanah. Hal ini terbukti dari semakin tinggi dosis TKKS dan Abu boiler yang diberikan akan meningkatkan pH H<sub>2</sub>O seperti pada rata-rata kombinasi perlakuan T1A2 dengan pH 5,7 dan T2A2 dengan pH 5,8. Hal ini

menunjukkan semakin tinggi kombinasi perlakuan TKKS dan abu boiler dapat meningkatkan pH H<sub>2</sub>O. Berdasarkan hasil analisis pH yang tergolong alkalis dan kandungan unsur hara limbah TKKS dan abu boiler (Tabel 2). Ningtyas dan Lia (2010 dalam Alfian dkk, 2015) menyatakan bahwa kompos TKKS mengandung C-Organik sebesar 14,5%. TKKS yang tergolong bahan organik menghasilkan asam-asam organik yang bermuatan negatif. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hastuti (2003 dalam Irawan dkk, 2016) dan Elia dkk, (2015) yang menyatakan bahwa bahan organik akan menghasilkan asam-asam organik seperti asam humat dan asam fulvat. Asam-asam organik ini akan mengikat logam Al dan Fe dan membentuk senyawa kompleks/khelat sehingga Al dan Fe menjadi tidak larut dan pH tanah meningkat. Selain itu, Hanafiah (2010 dalam Alfian dkk, 2015) juga menyatakan bahwa bahan organik dapat meningkatkan pH tanah melalui kemampuannya dalam mengikat mineral oksida bermuatan positif dan kation-kation terutama Al dan Fe yang reaktif. Sedangkan abu boiler yang banyak mengandung kation basa Ca dan Mg. Senyawa MgO dan CaO dapat mengusir Al sehingga pH tanah akan meningkat Panjaitan dkk, (2003 dalam Ramadhani 2015). Penambahan asam-asam organik oleh TKKS dan senyawa MgO dan CaO pada abu boiler akan bersinergi dalam mengikat dan mengusir Al yang berperan sebagai sumber kemasaman tanah, sehingga pH tanah akan meningkat.

Hasil analisis ragam terhadap parameter pH KCl dengan penambahan limbah TKKS dan Abu Boiler menunjukkan tidak terdapat interaksi pada kombinasi perlakuan TKKS dan Abu boiler, namun berpengaruh nyata pada faktor perlakuan faktor tunggal TKKS dan Abu Boiler yang disajikan pada Tabel 4.

Data Tabel 4 menunjukkan bahwa faktor perlakuan faktor tunggal TKKS dan abu boiler memberikan pengaruh nyata terhadap parameter pH KCl, pada rata-rata TKKS perlakuan T2 (40 ton.ha<sup>-1</sup>) menunjukkan perlakuan yang terbaik dengan rata-rata pH KCl 4,7 dan berbeda nyata dengan perlakuan T1 (20 ton.ha<sup>-1</sup>)

dengan rata-rata 4,6 dan T0 (0 ton.ha<sup>-1</sup>) dengan rata-rata 4,5. Pada rata-rata abu boiler perlakuan A2 (23,2 ton.ha<sup>-1</sup>) menunjukkan hal yang serupa dengan rata-rata pH KCl 5,0 dan berbeda nyata dengan perlakuan A1 (11,6 ton.ha<sup>-1</sup>) dengan rata-rata 4,6 dan A0 (0 ton.ha<sup>-1</sup>) dengan rata-rata 4,2. pH KCl semakin meningkat seiring dengan penambahan dosis perlakuan TKKS dan abu boiler.

Tabel 4. Rata-rata pH KCl Tanah Ultisol dengan Pemberian TKKS dan Abu Boiler

TKKS /ABU	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Rata-rata
T <sub>0</sub>	4.1	4.5	4.9	4.5c
T <sub>1</sub>	4.2	4.5	5.0	4.6b
T <sub>2</sub>	4.3	4.7	5.1	4.7a
Rata-rata	4.2c	4.6b	5.0a	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%

Data yang diperoleh dari analisis parameter pH H<sub>2</sub>O dan pH KCl, maka dapat dihitung pH. Selisih antara pH H<sub>2</sub>O dan pH KCl adalah pH. Hasil analisis ragam terhadap parameter pH dengan penambahan limbah TKKS dan Abu Boiler menunjukkan terdapat interaksi antara kombinasi perlakuan TKKS dan Abu boiler yang disajikan pada Tabel 5.

Data Tabel 5 menunjukkan bahwa faktor kombinasi perlakuan TKKS dan Abu boiler dapat meningkatkan pH namun kembali menurunkan parameter pH apabila dosis limbah ditingkatkan, dimana TKKS bersinergi dengan abu boiler untuk menurunkan pH tanah. Hal ini terbukti dari semakin tinggi dosis TKKS dan abu boiler yang diberikan akan menurunkan pH seperti pada rata-rata kombinasi perlakuan T1A2 dengan rata-rata pH 0,7 dan T2A2 dengan rata-rata pH 0,7 yang tidak berbeda nyata dengan kombinasi perlakuan T0A2 dengan rata-rata 0,8 dan kombinasi perlakuan kontrol T0A0 dengan rata-rata 0,8.

Tabel 5. Rata-rata pH Tanah Ultisol dengan Pemberian TKKS dan Abu Boiler

TKKS /ABU	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
T <sub>0</sub>	0.8de	0.9bcd	0.8cde
T <sub>1</sub>	1.0ab	0.9bc	0.7e
T <sub>2</sub>	1.1a	0.9bcd	0.7e

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%

Hal ini menunjukkan kombinasi perlakuan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan abu boiler dapat menurunkan pH. pH bermuatan positif menandakan dominasi koloid tanah yang bermuatan negatif dan banyak mengandung ion-ion positif (Tan, 1995). Penurunan pH menunjukkan terjadi peningkatan muatan positif di dalam larutan tanah atau penurunan muatan negatif pada koloid tanah. Hal ini diduga karena sumbangan basa-basa yang dapat dipertukarkan dari TKKS dan abu boiler seperti Ca dan Mg dapat terjerap di Lapisan Stern Ganda Baur (*Diffusi Double Layer*) permukaan koloid tanah ultisol. Ali dan Supardi (1999 dalam Damanik 2001) menyatakan bahwa penyerapan Ca<sup>2+</sup> pada lapisan stern menyebabkan perubahan muatan pada tanah dan meningkatkan muatan titik nol (pH<sub>o</sub>) tanah.

### 3. Perubahan Parameter Al-dd

Hasil analisis ragam terhadap parameter Al-dd dengan penambahan limbah TKKS dan Abu Boiler menunjukkan terdapat interaksi antara kombinasi perlakuan TKKS dan abu boiler yang disajikan pada Tabel 6.

Data Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan TKKS bersinergi dengan Abu boiler untuk menurunkan parameter Al-dd. Hal ini terbukti pada rata-rata kombinasi kontrol T0A0 tidak berbeda nyata dengan T1A0 dengan rata-rata Al-dd masing-masing 1,15 me/100g dan 0,89 me/100g, seiring dengan penambahan dosis kombinasi perlakuan akan menurunkan Al-dd seperti pada kombinasi perlakuan T2A0 dengan rata-rata 0,57 me/100g, T0A1

dengan rata-rata 0,25 me/100g, hingga penambahan dosis tertinggi yaitu T2A2 dengan rata-rata 0,24 me/100g. Al-dd menurun seiring dengan penambahan dosis limbah yang diberikan.

Tabel 6. Rata-rata Al-dd (me/100 g) Tanah Ultisol dengan Pemberian TKKS dan Abu Boiler

TKKS /ABU	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
T <sub>0</sub>	1.15a	0.25c	0.10c
T <sub>1</sub>	0.89a	0.22c	0.20c
T <sub>2</sub>	0.57b	0.20c	0.24c

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%

Al-dd menurun seiring dengan penambahan kombinasi perlakuan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan abu boiler. Hal ini diduga karena TKKS dan abu boiler memiliki kandungan kation-kation basa dan pH alkalis yang ditampilkan pada Tabel 2. Yuan (2011) melaporkan bahwa komponen kation basa yang terkandung akan terlepas ke larutan tanah dan menurunkan kemasaman tanah sehingga akan meningkatkan pH. Peningkatan pH tanah juga mempercepat hidrolisis Al-dd dan membantu Al<sup>3+</sup> berubah menjadi Al-OH dan terpresipitasi dari Al-hidroksida. Al-dd adalah spesies aktif dari Al tanah dan penurunan Al-dd tanah akan mengurangi keracunan Al pada tanah masam.

#### 4. Perubahan Parameter P-Tersedia

Hasil analisis ragam terhadap parameter P-Tersedia dengan penambahan limbah TKKS dan Abu Boiler menunjukkan tidak terdapat interaksi antara kombinasi perlakuan TKKS dan abu boiler, namun berpengaruh nyata pada faktor perlakuan abu boiler yang disajikan pada Tabel 7.

Data Tabel 7 menunjukkan bahwa faktor perlakuan abu boiler memberikan pengaruh nyata terhadap parameter P-Tersedia, pada dosis tertinggi A2 (23,2 ton.ha<sup>-1</sup>), abu boiler mampu menaikkan P-Tersedia dengan rata-rata 54,1 ppm jika dibandingkan dengan perlakuan A1 (11,6

ton.ha<sup>-1</sup>) dan A0 (0 ton.ha<sup>-1</sup>) dengan masing-masing P-Tersedia 39,1 ppm dan 20,7 ppm.

Tabel 7. Rata-rata P-tersedia (ppm) Tanah Ultisol dengan Pemberian TKKS dan Abu Boiler

TKKS /ABU	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Rata-rata
T <sub>0</sub>	23.0	46.3	64.2	44.5
T <sub>1</sub>	18.0	36.3	51.4	35.2
T <sub>2</sub>	21.2	34.7	46.6	34.2
Rata-rata	20.7c	39.1b	54.1a	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%

P-Tersedia semakin rendah seiring dengan pengurangan dosis perlakuan abu boiler. Hal ini disebabkan karena dipengaruhi oleh pH dan Al-dd. Seiring dengan peningkatan pH, kandungan Al-P dapat terlepas dan menjadi bentuk yang tersedia bagi tanah (Sutanto, 2005 dalam Ramadhani dkk, 2015). Selain itu, berdasarkan kandungan P-Total yang disajikan pada Tabel 2, abu boiler jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan TKKS yaitu 6.495,44 : 125. Oleh karena itu, abu boiler lebih memberikan sumbangan P-Tersedia bagi tanah ultisol.

### 5. Perubahan Parameter Jerapan P

#### a. Persamaan Langmuir

Hubungan antara P di dalam larutan kesetimbangan (*equilibrium solution*) dan yang terjerap dari bahan tanah ultisol yang diberi limbah tandan kosong kelapa sawit dan abu boiler diplotkan mengikuti persamaan Langmuir. Dari persamaan Langmuir diperoleh Koefisien *Bonding Energi*/Koefisien Energi Ikatan dan Jerapan Maksimal. Hasil analisis ragam terhadap parameter Koefisien Energi Ikatan pada tanah ultisol dengan penambahan limbah TKKS dan Abu Boiler menunjukkan tidak terdapat interaksi pada kombinasi perlakuan TKKS dan abu boiler, namun berbeda nyata pada perlakuan faktor tunggal TKKS dan Abu boiler yang disajikan pada Tabel 8.

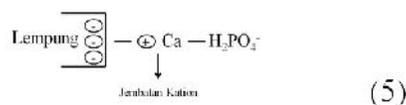
Tabel 8. Rata-rata Koefisien Energi Ikatan ( $\text{mL} \cdot \mu\text{gP}^{-1}$ ) Tanah Ultisol dengan Pemberian TKKS dan Abu Boiler

TKKS /ABU	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Rata-rata
T <sub>0</sub>	0.107	0.635	0.842	0.528a
T <sub>1</sub>	0.079	0.093	0.150	0.107b
T <sub>2</sub>	0.179	0.837	0.485	0.501a
Rata-rata	0.122b	0.521a	0.439a	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%

Data Tabel 8 menunjukkan bahwa penambahan faktor perlakuan TKKS berpengaruh terhadap koefisien energi ikatan, dimana pada perlakuan T1 (20 ton.ha<sup>-1</sup>) mampu menurunkan koefisien energi ikatan yaitu 0,107 mL.μgP<sup>-1</sup> jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol T0 (0 ton.ha<sup>-1</sup>) yaitu 0,521 mL.μgP<sup>-1</sup>. Namun koefisien energi ikatan kembali mengalami peningkatan ketika dosis perlakuan ditingkatkan menjadi T2 (40 ton.ha<sup>-1</sup>) yaitu 0,501 mL.μgP<sup>-1</sup>. Sedangkan pada faktor perlakuan abu boiler menunjukkan peningkatan koefisien energi ikatan. Hal ini terbukti pada perlakuan kontrol A0 (0 ton.ha<sup>-1</sup>) koefisien energi ikatan lebih rendah yaitu 0,122 mL.μgP<sup>-1</sup> jika dibandingkan dengan perlakuan A1 (11,6 ton.ha<sup>-1</sup>) dan A2 (23,2 ton.ha<sup>-1</sup>) dengan nilai masing-masing 0,521 mL.μgP<sup>-1</sup> dan 0,493 mL.μgP<sup>-1</sup>. Hal ini menandakan penambahan TKKS dan abu boiler menaikkan kekuatan energi ikatan. Semakin tinggi energi ikatan, semakin kuat pula P dijerap.

Peningkatan koefisien energi ikatan diduga karena terjadinya peningkatan Muatan Titik Nol (pHo) akibat rusaknya lapisan Ganda Baur dengan adanya sumbangan kation-kation basa Ca dan Mg dari TKKS dan abu boiler. Appel dkk, (2002 dalam Hartati dkk, 2013) menyatakan bahwa apabila pH tanah di bawah pHo, maka menandakan tanah bermuatan positif dan mempunyai kemampuan mengikat anion (secara elektrostatik). Pengikatan anion fosfat diduga terjadi dengan mekanisme jembatan kation (Tan, 1995) yang dapat digambarkan pada Persamaan 5 berikut.



Hasil analisis ragam terhadap parameter Jerapan P Maksimal pada tanah ultisol dengan penambahan limbah TKKS dan Abu Boiler menunjukkan tidak terdapat interaksi antara kombinasi perlakuan TKKS dan abu boiler, namun berpengaruh nyata pada perlakuan faktor tunggal TKKS yang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rata-rata Jerapan P Maksimal ( $\text{mL} \cdot \mu\text{gP} \cdot \text{g}^{-1}$ ) Tanah Ultisol dengan Pemberian TKKS dan Abu Boiler

TKKS /ABU	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Rata-rata
T <sub>0</sub>	0.0019	0.0015	0.0014	0.0016b
T <sub>1</sub>	0.0019	0.0020	0.0019	0.0019a
T <sub>2</sub>	0.0018	0.0013	0.0017	0.0016b
Rata-rata	0.0019	0.0016	0.0017	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%

Data Tabel 9. menunjukkan bahwa penambahan perlakuan TKKS berpengaruh nyata terhadap jerapan P maksimal. Hal ini terbukti pada dosis T1 (20 ton.ha<sup>-1</sup>) meningkatkan jerapan P maksimal yaitu 0,0019 μgP.g<sup>-1</sup> jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol T0 (0 ton.ha<sup>-1</sup>), namun perlakuan TKKS juga dapat menurunkan kembali jerapan P maksimal apabila dosis ditingkatkan yaitu pada perlakuan T2 (40 ton.ha<sup>-1</sup>) yaitu 0,0016 μgP.g<sup>-1</sup>.

Peningkatan jerapan p maksimal pada perlakuan T1 diduga karena terjadinya peningkatan Muatan Titik Nol (pHo) akibat rusaknya lapisan Ganda Baur dengan adanya sumbangan kation-kation basa Ca dan Mg dari TKKS. Appel dkk, (2002 dalam Hartati dkk, 2013) menyatakan bahwa apabila pH tanah di bawah pHo, maka menandakan tanah bermuatan positif dan mempunyai kemampuan mengikat anion (secara elektrostatik).

### b. Persamaan Freundlich

Dari persamaan Freundlich diperoleh data tapak jerapan dan konstanta *bonding energi*/konstanta energi ikatan.

Berdasarkan hasil analisis ragam terhadap parameter Tapak Jerapan pada tanah ultisol dengan penambahan limbah TKKS dan Abu Boiler menunjukkan tidak terdapat interaksi antara kombinasi perlakuan TKKS dan abu boiler, namun berpengaruh nyata pada perlakuan faktor tunggal Abu Boiler yang disajikan pada Tabel 10.

Tabel 9. Rata-rata Tapak Jerapan Tanah Ultisol dengan Pemberian TKKS dan Abu Boiler

TKKS /ABU	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	Rata-rata
T <sub>0</sub>	843.72	444.44	386.22	558.13
T <sub>1</sub>	961.52	611.07	507.23	693.27
T <sub>2</sub>	720.55	566.95	433.74	573.75
Rata-rata	841.93a	540.95b	442.39b	

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%

Data Tabel 10 menunjukkan bahwa faktor perlakuan abu boiler dapat menurunkan jumlah tapak jerapan di tanah ultisol. Hal tersebut terbukti pada perlakuan A1 (11,6 ton.ha<sup>-1</sup>) dan A2 (23,2 ton.ha<sup>-1</sup>) dengan masing-masing tapak jerapan yaitu 540,82 dan 422,39 lebih rendah jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol A0 (0 ton.ha<sup>-1</sup>) yaitu 841,93. Semakin rendah tapak jerapan menunjukkan menurunnya koloid tanah yang mengikat P. Hal ini diduga karena abu boiler memiliki kandungan dan pH alkalis (Tabel 2). Abu boiler dapat meningkatkan pH tanah karena abu boiler mengalami pembakaran di dalam insenerator dan sisa pembakaran menghasilkan basa-basa kation dalam jumlah besar seperti Ca, Mg, K, Na dan senyawa tersebut banyak menyumbangkan ion OH<sup>-</sup> dan dapat mengusir Al yang berperan sebagai bahan penjerap/tapak jerapan (Panjaitan dkk, 2003 dalam Ramadhani dkk, 2015). Rizou (2001; Brouwers dan Van Eijk, 2003 dalam Hermawan, 2013) menyatakan bahwa muatan negatif yang dihasilkan dari reaksi hidrolisis senyawa-senyawa oksida serta senyawa Ca dan Mg silikat pada abu dapat menetralkan muatan positif pada permukaan koloid tanah sehingga jumlah tapak jerapan menurun.

Hasil analisis ragam terhadap parameter Konstanta *Bonding energi*/energi ikatan pada tanah ultisol dengan penambahan limbah TKKS dan Abu Boiler menunjukkan tidak adanya interaksi kombinasi perlakuan TKKS dan abu boiler, dan tidak berpengaruh nyata pada faktor perlakuan TKKS dan faktor perlakuan Abu boiler. Hal ini menandakan kekuatan energi ikatan hampir sama besar pada setiap perlakuan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kombinasi perlakuan TKKS dan abu boiler pada tanah ultisol meningkatkan pH H<sub>2</sub>O, meningkatkan pH dan menurunkan pH ketika dosis ditingkatkan, dan menurunkan Al-dd. Sedangkan perlakuan faktor tunggal TKKS dan abu boiler meningkatkan pH KCl. Perlakuan faktor tunggal abu boiler meningkatkan P-Tersedia dengan dosis terbaik yaitu perlakuan A2(23,2 ton.ha<sup>-1</sup>), juga meningkatkan koefisien energi ikatan dan menurunkan Tapak Jerapan yaitu perlakuan A1(11,6 ton.ha<sup>-1</sup>) dan A2(23,2 ton.ha<sup>-1</sup>), sedangkan perlakuan faktor tunggal TKKS meningkatkan Jerapan P maksimal yaitu perlakuan T1(20 ton.ha<sup>-1</sup>), namun menurunkan Jerapan P maksimal yaitu perlakuan T2(40 ton.ha<sup>-1</sup>).

### Saran

Berdasarkan penelitian ini, dapat disarankan bahwa perlu penelitian lanjutan dengan dosis lebih rendah (1/2 dosis anjuran), dengan rentang inkubasi lebih lama, pengaruhnya terhadap karakteristik muatan di tanah ultisol, dan penelitian dengan menggunakan limbah pabrik kelapa sawit yang lain juga diaplikasikan ke tanah histosol (gambut) serta perlu analisis mengenai faktor parameter tanah lain berkaitan langsung dengan erapan P.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak BDPDKS (Badan Pengelola Dana Perusahaan Kelapa Sawit) yang telah memberikan kesempatan dan dana untuk

penelitian ini sekaligus lomba Riset Sawit dan juga pihak PT. Windu Nabatindo Lestari BGA yang membantu menyediakan tanah dan limbah untuk keperluan penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, Dian Fikri., Nelvia dan Yetti, Husna. 2015. *Pengaruh Pemberian Pupuk Kalium dan Campuran Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Abu Boiler Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Merah (Allium asacalonicum L.)* Jurnal Agroteknologi, Vol. 5. No. 2 : 1-6.
- Damanik, Z. 2001. *Pengaruh Zeolit Alam yang Diaktivasi Dengan Campuran Garam Kalium, Kalsium dan Magnesium terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Ultisol Krumpit*. Skripsi Universitas Jenderal Soedirman: Purwokerto.
- Damanik, Z. 2012. *Kajian Karakteristik Jerapan Fosfat Tanah Gambut yang Ditambah Kompos Purun Tikus (Eleocharis dulcis) dan Pertumbuhan Tanaman Jagung*. (Suwarto., Hariyadi, Purwiyatno., dan Rochdianto, syaiful). Prosiding Seminar Nasional “Peran Pertanian dalam Menunjang Ketahanan Pangan dan Energi untuk Memperkuat Ekonomi Nasional Berbasis Sumber Daya Lokal”. Hal: 226-232.
- Elia, Irma., Mukhlis, dan Razali. 2015. *Kajian Pemanfaatan Konsentrat Limbah Cair dan Abu boiler Pabrik Kelapa Sawit sebagai Sumber Unsur Hara tanah Ultisol*. Jurnal Agroteknologi. Vol. 3. No. 4 : 1525-1530.
- Fox, R. L. dan E. J. Kamprath. 1970. *Phosphate Sorption Isotherms for Evaluating the Phosphate Requirement of Soils*. Dalam Eviati dan Sulaeman. (Edp.) 2009. *Petunjuk Teknis Edisi 2 Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah : Bogor.
- Harbianto, G., Armaini., dan Idwar. 2015. *Pengaruh Kompos TKKS dan Abu Boiler Kelapa Sawit Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bawang Merah (Allium ascalpnicum L.)*. JOM Faperta Vol.2 No.2 : 1-14.
- Hardjowigeno, Sarwono. 1995. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo: Jakarta.
- Hartati, Sri., Minardi, Slamet dan Ariyanto, Dwi Priya. 2013. *Muatan Titik Nol Berbagai Bahan Organik, Pengaruhnya Terhadap Kapasitas Tukar Kation di Lahan Terdegradasi*. Jurnal Ilmu Kimia dan Agroteknologi Vol. 10 (1) : 27-37.
- Hermawan, Agus., Sabaruddin., Marsi., Hayati, Renih dan Warsito. 2013. *Modifikasi Titik Muatan Nol Tanah Bermuatan Terubahkan Melalui Pemberian Campuran Abu Terbang Batu Bara –Kotoran Ayam*. Jurnal Agrista. Vol. 17. No. 3 (93-103).
- Hidayat, A. dan Mulyani, A. 2005. *Lahan Kering Untuk Pertanian*. Dalam Adimiharja, A. dan Mappaona (Edp.) : *Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian: Bogor.
- Irawan, Ahmad., Jufri, Yadi dan Zuraida. 2016. *Pengaruh Pemberian Bahan Organik Terhadap Perubahan Sifat Kimia Andosol, Pertumbuhan dan Produksi Gandum (Triticum easticum L.)*. Jurnal Kawista 1(1):1-9.
- Mahajoeno, E.; Lay, B. W.; Sutjahjo, S.H.; Siswanto. 2008. *Potensi Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit untuk Produksi Biogas*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Paiman, A., dan Armando, G. 2010. *Potensi Fisk dan Kimia Lahan Marjinal untuk Pengembangan Pengusahaan tanaman Melinjo dan Karet di Provinsi Jambi*. Akta Agrosia Vol.13 No.1 : 89-97.

- Prasetyo, B.H dan Suriadikarta, D.A. 2006. *Karakteristik, Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia*. Jurnal Litbang Pertanian. Vol. 25.No.2. : 39-48.
- Ramadhani, F., Aryanti, E., dan Saragih, R. 2015. *Pemanfaatan Beberapa Jenis dan Dosis Limbah Kelapa Sawit (Elaeis guinensis Jacq) Terhadap Perubahan pH, N, P, K Tanah Podsolik Merah Kuning (PMK)*. Jurnal Agroteknologi, Vol. 6. No.1: 9-16.
- Soil Survey Staff, 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. Natural Resources Conservation Service, USDA: United States.
- Subagyo, H., Suharta, N., dan Siswanto, A.B. 2004. *Tanah-Tanah Pertanian Indonesia dalam Sumberdaya Lahan di Indonesia dan Pengelolaannya*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat : 58.
- Subardja, S. D., Ritung, S., Anda, M., Sukarman., Suyarni, E., dan Subandiono, R. E. 2014. *Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian: Bogor.
- Sunardi., Irawati, Utami., dan Wianto, Totok. 2011. *Karakterisasi Kaolin Lokal Kalimantan Selatan Hasil Kalsinasi*. Jurnal Fisika FLUX, Vol. 8. No. 1 (59-65).
- Sutedjo, Mul Mulyani dan Kartasapoetra, A. G. 1991. *Pengantar Ilmu Tanah*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Tan, K.H. 1995. *Dasar-dasar Kimia Tanah (Terjemahan) Edisi Keempat*. Universitas Gajah Mada Press. Jogjakarta.
- Yuan, H. 2011. *The Amelioration Effects of Low Temperature Biochar Generated From Nine Crop Residues on an Acidic Ultisol*. Soil Use Management 27 : 110-115.