

## **Pengaruh Aplikasi Limbah Lumpur Padat (*Sludge*) Pabrik Kelapa Sawit terhadap Sifat Kimia Tanah Podsolik Merah Kuning di Kotawaringin Barat**

**Ilham Setiawan<sup>1\*</sup>, Meldia Septiana<sup>2</sup>, Ratna<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Department of Agroecotechnology, Universitas Lambung Mangkurat.

<sup>2</sup> Department of Soil Science, Universitas Lambung Mangkurat.

<sup>3</sup> Department of Soil Science, Universitas Lambung Mangkurat.

\*Corresponding author's email: [ilhamocozsetiawan@gmail.com](mailto:ilhamocozsetiawan@gmail.com)

Received: 3 Maret 2020; Revised: 21 Mei 2020; Approved: 15 Juli 2020

**How to Cite:** Setiawan, I., Septiana, M., & Ratna. (2020). Pengaruh Aplikasi Limbah Lumpur Padat (*Sludge*) Pabrik Kelapa Sawit terhadap Sifat Kimia Tanah Podsolik Merah Kuning di Kotawaringin Barat. *Agroekotek View*, Vol3(2), 28-36.

### **ABSTRACT**

*Red Yellow Podsollic soil is one type of land that is widespread in Indonesia and can be developed as agricultural or plantation land. Problems that exist in Red Yellow Podsollic soil include low organic matter, infiltration and slow pre-labeling, low porosity which makes the soil tend to be solid, acidic pH, high Al and Fe content and phosphorus deficiency (P). Solid waste (sludge) from a palm oil mill is a suspended sediment from liquid waste and microorganisms from the Wastewater Treatment Plant (WWTP), which can improve soil chemical properties. This study aims to determine the effect application of sludge waste from palm oil mills on decreasing Al-dd and increasing pH in Red Yellow Podsollic soil. The method used is a completely randomized design (CRD) of one factor, the observed factor is the sludge of the palm oil mill which consists of 5 levels of treatment, repeated 4 times so as to obtain 20 experimental units, namely: S0 control, S1 15 tons / ha (5.55 g / polybag), S2 25 tons / ha (9.26 g / polybag), S3 35 tons / ha (12.96 g / polybag) and S4 45 tons / ha (16.66 g / polybag). The results showed that the application of oil palm sludge solid sludge on the soil chemical properties of Red Yellow Podsollic soil significantly affected the increase in pH, P-available and CEC and reduced Al-dd.*

**Copyright © 2020 Agroekotek View. All rights reserved.**

### **Keywords:**

*Red Yellow Podsollic Soil; Sludge; soil chemical properties*

### **Pendahuluan**

Tanah Podsolik Merah Kuning adalah tanah yang mengalami pencucian dari curah hujan yang tinggi dan suhu yang rendah, berwarna abu-abu hingga kekuningan pada lapisan atas, lapisan bawah kuning hingga merah, terdapat akumulasi liat menjadikan tekstur relatif berat dan struktur gumpal. Bahan induk adalah batuan endapan bersilika, napal, batu pasir dan batu liat, mempunyai karatan kuning, merah dan abu-abu. Permasalahan yang sering dijumpai pada tanah Podsolik Merah Kuning adalah sifat fisik dan kimia tanah seperti infiltrasi dan permeabilitas rendah,

bahan organik rendah, pH masam berkisar 4,2-4,8. Horizon eluviasi tidak selalu jelas, diketinggian antara 50-350 m dan beriklim basah dengan curah hujan berkisar 2500-3500 mm (Hardjowigeno, 2003).

Limbah padat dan cair yang dihasilkan mencapai 75% dari proses olah buah sawit sampai menjadi *Crude Palm Oil* (CPO). Tandan kosong, cangkang, serat dan (*sludge*), merupakan jenis dari limbah padat dan air limbah merupakan hasil dari limbah cair. Kepedulian terhadap lingkungan serta berkembangnya teknologi merupakan salah satu alasan untuk mencegah kerusakan lingkungan dan melestarikan lingkungan dengan memanfaatkan pengolahan limbah (Jenny dan Suwadi, 1999).

Limbah lumpur padat (*sludge*) adalah endapan suspensi dari limbah cair, yang berasal dari instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Limbah lumpur padat (*sludge*) bisa dimanfaatkan sebagai kompos karena mengandung hara (Wahyono, dkk, 2008).

Kabupaten Kotawaringin Barat merupakan sentra produksi kelapa sawit (produktivitas tertinggi dibandingkan kabupaten/kota se-Kalimantan Tengah), dengan kontribusi produksi sebesar 65,44% dari total produksi kelapa sawit Kalimantan Tengah (Pusdatin Ditjenbun, 2014). Tingginya produktivitas produksi kelapa sawit di Kabupaten Kotawaringin Barat akan berbanding lurus dengan jumlah limbah yang dihasilkan, khususnya limbah (*sludge*) yang mana limbah ini belum dimanfaatkan oleh perusahaan kelapa sawit.

Pengaplikasian limbah lumpur padat (*sludge*) pabrik kelapa sawit pada tanah Podsolik Merah Kuning bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi terhadap penurunan Al-dd dan peningkatan pH di tanah Podsolik Merah Kuning.

### **Bahan dan Metode**

Pelaksanaan penelitian bertempat di Rumah Kaca Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, pada bulan Juli-Agustus 2019. Adapun bahan yang digunakan adalah tanah Podsolik Merah Kuning dari desa Pangkut, Kecamatan Arut Utara, Kabupaten Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah, limbah lumpur padat (*sludge*) pabrik kelapa sawit dari PT. Kalimantan Sawit Abadi, bahan-bahan kimia di laboratorium, cangkul, timbangan analitik, polybag dan ayakan 2 mm serta alat-alat laboratorium.

Rancangan penelitian adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor, faktor yang diamati adalah Limbah lumpur padat (*sludge*) pabrik kelapa sawit dengan 5 taraf perlakuan dan 4 kali pengulangan maka diperoleh 20 satuan percobaan. Adapun taraf perlakuan limbah lumpur padat (*sludge*) yaitu :  $S_0$  = Tanah Podsolik Merah Kuning tanpa pemberian (*sludge*),  $S_1$  = 15 ton/ha (setara 5,55 g/polybag),  $S_2$  = 25 ton/ha (setara 9,26 g/polybag),  $S_3$  = 35 ton/ha (setara 12,96 g/polybag),  $S_4$  = 45 ton/ha (setara 16,66 g/polybag).

Pada penelitian ini, parameter yang dianalisis adalah pH ( $H_2O$ ), Al-dd dengan metode titrasi, P-tersedia dengan ekstrak Bray-I dan KTK. Hasil dari analisis ini dilanjutkan dengan uji Bartlett untuk mengetahui kehomogenannya, kemudian data yang homogen dilanjutkan dengan uji Anova (analisis ragam), apabila data menunjukkan pengaruh nyata akan diuji kembali dengan uji LSD 5%.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Rekapitulasi Sidik Ragam

Hasil rekapitulasi sidik ragam pengaruh aplikasi limbah limbah padat (*sludge*) pabrik kelapa sawit terhadap sifat kimia tanah Podsolik Merah Kuning (Tabel 1).

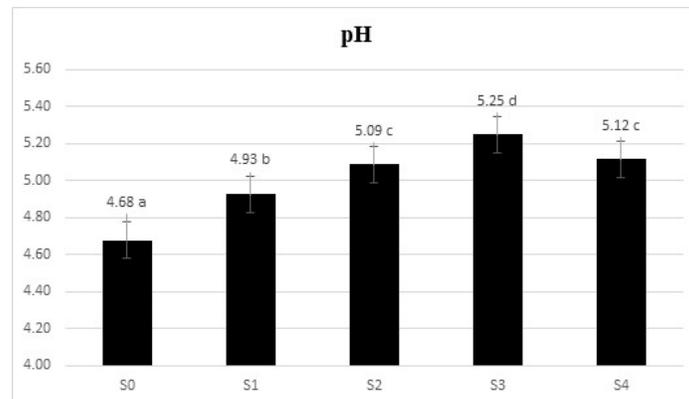
Tabel 1. Rekapitulasi Sidik Ragam

Variabel Pengamatan	Perlakuan					KK (%)
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	
pH	tn	**	**	**	**	1.05
P-Tersedia	tn	tn	**	*	**	3.19
Al-dd	tn	*	**	**	**	9.37
KTK	tn	tn	**	**	**	13,12

Keterangan: \*\* = nyata pada taraf 1%, \* = nyata pada taraf 5%, tn= tidak nyata

### pH (H<sub>2</sub>O)

Hasil Analisis pH (H<sub>2</sub>O) pada tanah Podsolik Merah Kuning yang diaplikasikan dengan limbah (*sludge*) pabrik kelapa sawit berpengaruh nyata pada perlakuan S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> dan S<sub>4</sub>. Berdasarkan Gambar 6 memperlihatkan perlakuan S<sub>3</sub> berbeda nyata terhadap perlakuan S<sub>0</sub> (kontrol), S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> dan S<sub>4</sub>. Rata-rata hasil analisis pH (H<sub>2</sub>O) pada perlakuan tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hasil uji beda Nilai Tengah pH

Analisis ragam pada parameter pengamatan pH (H<sub>2</sub>O) menunjukkan aplikasi limbah berpengaruh nyata meningkatkan pH (H<sub>2</sub>O). Hasil analisis menunjukkan peningkatan pada perlakuan S<sub>1</sub> 15 ton/ha dengan pH 4,93 yang mana awal pH tanah tanpa S<sub>0</sub> (kontrol) adalah 4,68, begitu pula pada perlakuan S<sub>2</sub> 25 ton/ha menunjukkan

peningkatan pH 5,09 dan perlakuan  $S_3$  35 ton/ha dengan pH 5,25, namun terjadi penurunan pH pada perlakuan  $S_4$  45 ton/ha yaitu 5,12. Menurut Pandapotan (2017), peningkatan hara di dalam tanah seperti pH, P-tersedia dan C-organik, disebabkan aplikasi dari limbah (*sludge*) ini.

Berdasarkan hasil analisis pada perlakuan  $S_0$  (kontrol),  $S_1$  15 ton/ha,  $S_2$  25 ton/ha,  $S_3$  35 ton/ha dan  $S_4$  45 ton/ha menunjukkan pH berturut yaitu 4,68; 4,93; 5,09; 5,25 dan 5,12. Perlakuan  $S_1$  15 ton/ha,  $S_2$  25 ton/ha,  $S_3$  35 ton/ha dan  $S_4$  45 ton/ha menunjukkan peningkatan pH terhadap  $S_0$  (kontrol), namun semua perlakuan memiliki nilai pH yang berada pada katagori masam yaitu berkisar antara 4,5-5,5.

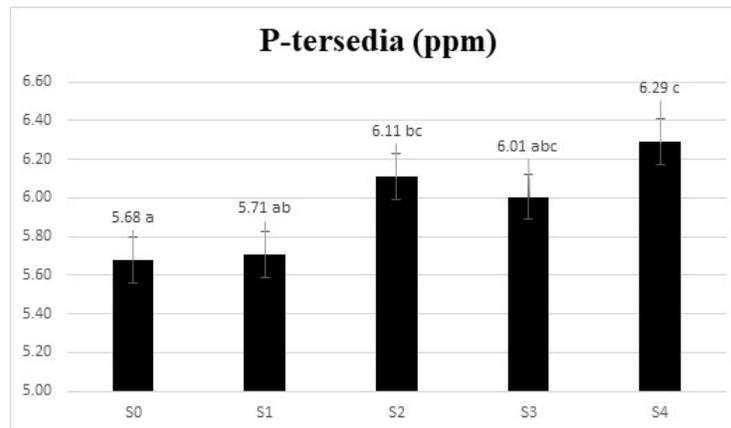
Peningkatan pH pada tanah Podsolik Merah Kuning karena pemberian limbah (*sludge*) dari pabrik kelapa sawit, yang mana limbah ini terlebih dahulu dianalisis pH nya yang berkisar 8,39. Perlakuan  $S_3$  35 ton/ha menunjukkan rata-rata peningkatan pH terbaik yaitu 5,25, hal ini didukung oleh penelitian Pandapotan (2017), mengenai aplikasi *sludge* pabrik kelapa sawit sebagai penyedia unsur hara pada tanah Ultisol memperlihatkan dosis terbaik untuk meningkatkan pH tanah Ultisol adalah 34 ton/ha yang menunjukkan pH 5,33. Perlakuan  $S_4$  45 ton/ha menunjukkan penurunan pH menjadi 5,12, hal ini diduga karena kapasitas atau kemampuan dari limbah lumpur padat (*sludge*) dalam meningkatkan pH pada tanah mineral khususnya Podsolik Merah Kuning berkisar pada dosis 34-35 ton/ha merupakan dosis terbaik.

pH sangat erat hubungannya dengan dengan Al-dd dan P-tersedia tanah. pH tanah yang masam cenderung memiliki kandungan Al-dd yang lebih besar dibandingkan P-tersedia. Menurut Hakim, dkk, (1986), menjelaskan bahwa tanah yang bereaksi masam terjadi karena Al yang terhidrolisis menyumbangkan banyak ion  $H^+$ , ion  $H^+$  yang disumbangkan kedalam tanah mengakibatkan pH tanah menjadi turun.

### **P- Tersedia**

Hasil analisis P-tersedia pada tanah Podsolik Merah Kuning berpengaruh nyata pada perlakuan  $S_2$ ,  $S_3$  dan  $S_4$ . Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa perlakuan  $S_4$  berbeda nyata terhadap perlakuan  $S_0$  (kontrol) dan  $S_1$ , namun tidak beda nyata terhadap perlakuan  $S_2$  dan  $S_3$ . Rata-rata hasil analisis P-tersedia pada perlakuan disajikan pada Gambar 2.

Analisis ragam pada parameter pengamatan P-tersedia menunjukkan aplikasi dari limbah ini berpengaruh nyata meningkatkan P-tersedia pada tanah Podsolik Merah Kuning. Hasil analisis pada perlakuan  $S_1$  15 ton/ha menunjukkan hasil rata-rata P-tersedia 5,71, namun tidak berbeda nyata untuk meningkatkan P-tersedia pada tanah Podsolik Merah Kuning, yang mana tanah tanpa perlakuan menunjukkan hasil rata-rata P-tersedia 5,68. Hasil analisis pada perlakuan  $S_2$  25 ton/ha menunjukkan hasil rata-rata P-tersedia 6,11, peningkatan yang berbeda nyata jika dibandingkan perlakuan  $S_0$  (kontrol) namun tidak beda nyata dibandingkan perlakuan  $S_1$  15 ton/ha. Hasil analisis pada perlakuan  $S_3$  35 ton/ha menunjukkan hasil rata-rata P-tersedia 6,01, perlakuan ini tidak berbeda nyata terhadap  $S_0$  (kontrol),  $S_1$  15 ton/ha dan  $S_2$  25 ton/ha. Hasil analisis pada perlakuan  $S_4$  45 ton/ha menunjukkan hasil rata-rata P-tersedia 6,33, peningkatan yang berbeda nyata terhadap perlakuan  $S_0$  (kontrol),  $S_1$  15 ton/ha, namun beda tidak nyata pada  $S_2$  25 ton/ha dan  $S_3$  35 ton/ha.



Gambar 2. Grafik hasil uji beda Nilai Tengah P-tersedia

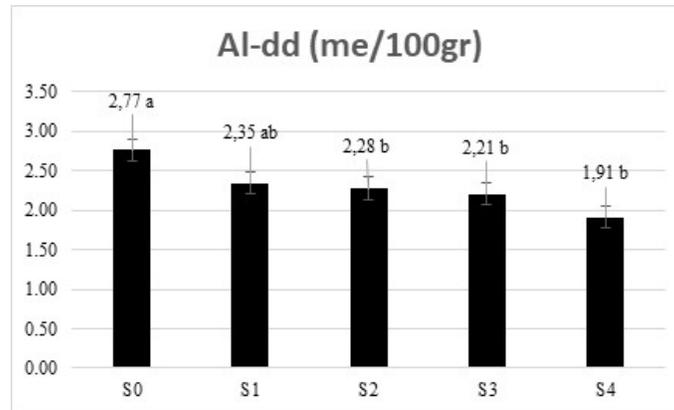
Berdasarkan hasil analisis pada perlakuan S<sub>0</sub> (kontrol), S<sub>1</sub> 15 ton/ha, S<sub>2</sub> 25 ton/ha, S<sub>3</sub> 35 ton/ha dan S<sub>4</sub> 45 ton/ha menunjukkan P-tersedia berturut yaitu 5,68 ppm, 5,71 ppm, 6,11 ppm, 6,01 ppm dan 6,33 ppm. Perlakuan S<sub>1</sub> 15 ton/ha, S<sub>2</sub> 25 ton/ha, S<sub>3</sub> 35 ton/ha dan S<sub>4</sub> 45 ton/ha menunjukkan peningkatan pH terhadap S<sub>0</sub> kontrol, namun semua perlakuan termasuk S<sub>0</sub> (kontrol) termasuk kedalam katagori rendah yang berkisar antara 5-7 ppm, hal ini dikarenakan kandungan P dari bahan organik yang rendah.

Aplikasi limbah lumpur padat (*sludge*) pabrik kelapa sawit dapat meningkatkan P-tersedia yang cukup signifikan, hal ini disebabkan pengaruh kenaikan pH dan menurunnya Al-dd tanah. Menurut Adiningsih, dkk, (1988), berpendapat bahwa pemberian bahan organik pada tanah bisa menjadikan pH dan P-tersedia meningkat. Peningkatan P-tersedia terjadi di setiap perlakuan namun pada perlakuan S<sub>3</sub> 35 ton/ha terjadi penurunan, berdasarkan hasil analisis rata-rata P-tersedia pada perlakuan S<sub>3</sub> 35 ton/ha yaitu 6,01 mengalami penurunan dibandingkan perlakuan S<sub>2</sub> 25 ton/ha yaitu 6,11 hal ini terjadi karena keberadaan Al yang masih mengikat P dan menyebabkan P tidak tersedia. Fosfat menjadi sukar larut di dalam tanah sehingga P sukar tersedia, hal ini terjadi karena liat oksida Fe dan Al pada keadaan besar, khususnya tanah-tanah berpelapukan lanjut seperti Ultisol dan Oxisol di daerah tropik, liat tersebut bereaksi cepat dengan fosfat membentuk sederetan fosfat hidroksi yang sukar larut (Tan, 1991).

Meningkatnya P-tersedia pada tanah diduga karena penambahan bahan limbah lumpur padat (*sludge*) pabrik kelapa sawit. Menurut Nurhayati, dkk, (1986), pemberian bahan organik langsung ke tanah dengan proses mineralisasi dan tidak secara langsung dengan cara pelepasan P yang terfiksasi, hal ini akan mempengaruhi ketersediaan P. Hal ini diperkuat oleh Fox, dkk, (1990), menyatakan bahwa dekomposisi dari bahan organik mengeluarkan asam-asam organik dimana dapat menghelat ion Al dan Fe, dengan demikian kandungan Al dan Fe tanah berkurang, menjadikan P-tersedia meningkat.

## Al-dd

Hasil analisis Al-dd pada tanah Podsolik Merah Kuning berpengaruh nyata terhadap perlakuan S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> dan S<sub>4</sub>. Gambar 8 menunjukkan bahwa perlakuan S<sub>4</sub> berbeda nyata terhadap perlakuan S<sub>0</sub> (kontrol), namun tidak beda nyata terhadap perlakuan S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, dan S<sub>3</sub>. Rata-rata hasil analisis Al-dd pada perlakuan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hasil uji beda Nilai Tengah Al-dd

Analisis ragam pada parameter pengamatan Al-dd menunjukkan bahwa pemberian limbah lumpur padat (*sludge*) pada tanah Podsolik Merah Kuning berpengaruh nyata menurunkan Al-dd pada tanah. Hasil analisis menunjukkan penurunan Al-dd pada perlakuan S<sub>1</sub> 15 ton/ha dari S<sub>0</sub> (kontrol) sebesar 2,77 mg/100g menjadi 2,35 mg/100g, namun penurunan ini tidak berbeda nyata. Perlakuan S<sub>2</sub> 25 ton/ha rata-rata analisis Al-dd 2,28 mg/100g menunjukkan beda nyata terhadap S<sub>0</sub> (kontrol) dengan rata-rata 2,77 mg/100g. Perlakuan S<sub>3</sub> 35 ton/ha rata-rata analisis Al-dd 2,21 mg/100g menunjukkan beda nyata terhadap S<sub>0</sub> (kontrol), namun penurunan Al-dd tidak berbeda nyata terhadap perlakuan S<sub>2</sub> 25 ton/ha dengan rata-rata Al-dd 2,28 mg/100g dan S<sub>4</sub> 45 ton/ha dengan rata-rata Al-dd 1,91 mg/100g. Perlakuan S<sub>4</sub> 45 ton/ha menunjukkan rata-rata Al-dd 1,91 mg/100g penurunan yang berbeda nyata terhadap S<sub>0</sub> (kontrol) dengan rerata Al-dd 2,77 mg/100g namun, tidak berbeda nyata pada perlakuan S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> dan S<sub>3</sub>.

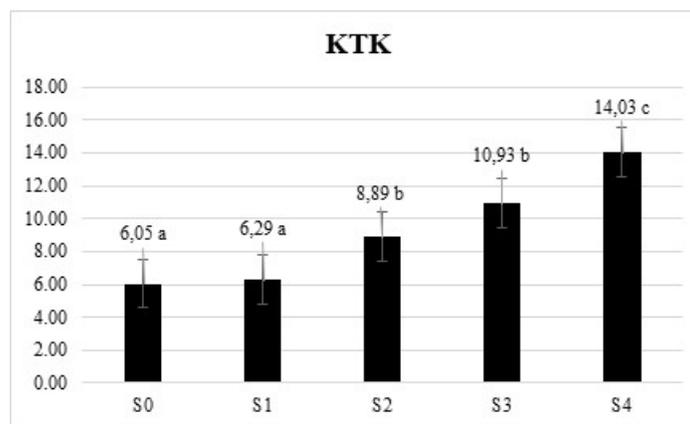
Perlakuan S<sub>4</sub> 45 ton/ha menunjukkan rata-rata Al-dd 1,91 mg/100g termasuk dalam katagori rendah, perlakuan S<sub>0</sub> (kontrol), S<sub>1</sub> 15 ton/ha, S<sub>2</sub> 25 ton/ha dan S<sub>3</sub> 35 ton/ha menunjukkan rata-rata Al-dd berturut 2,77 me/100gr, 2,35 me/100gr, 2,28 me/100gr dan 2,21 me/100gr termasuk dalam katagori sedang. Berdasarkan Kajian Balai Penelitian Tanah (2009), kandungan Al-dd dalam tanah termasuk katagori rendah apabila hasil analisis menunjukkan Al-dd < 2 mg/100g dan termasuk dalam katagori sedang pada angka 2-8 mg/100g, termasuk tinggi di angka 9-13 mg/100g dan sangat tinggi bila > 13 mg/100g.

Penurunan Al-dd pada tanah Podsolik Merah Kuning yang diaplikasikan limbah lumpur padat (*sludge*) dari pabrik kelapa sawit terjadi karena reaksi kimia antara limbah dan tanah, hal ini juga berpengaruh karena peningkatan pH. Menurut Siregar (2017), dalam penelitiannya menyatakan bahwa asam-asam organik dapat mengkkelat Al<sup>3+</sup>

bebas di tanah, dengan demikian  $Al^{3+}$  yang dipertukarkan turun, dikarenakan bahan organik yang diaplikasikan ke tanah. Terdapat interaksi antara Al-dd dengan pH dan P-tersedia tanah, dengan peningkatan pH tanah mengakibatkan Al-dd menjadi turun sehingga P-tersedia naik.

### Kapasitas Tukar Kation

Hasil analisis Kapasitas Tukar Kation (KTK) pada tanah Podsolik Merah Kuning berpengaruh nyata pada perlakuan  $S_2$ ,  $S_3$  dan  $S_4$ . Gambar 9 menunjukkan perlakuan  $S_4$  berbeda nyata terhadap perlakuan  $S_0$ ,  $S_1$ ,  $S_2$ , dan  $S_3$ . Rata-rata hasil analisis kapasitas tukar kation (KTK) pada perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hasil uji beda Nilai Tengah KTK

Analisis ragam pada parameter pengamatan KTK menunjukkan aplikasi limbah pada tanah Podsolik Merah Kuning berpengaruh nyata untuk meningkatkan KTK tanah. Hasil analisis menunjukkan peningkatan terbaik pada  $S_4$  45 ton/ha dengan rata-rata KTK 14,03 mg/100g, hasil ini berbeda nyata terhadap perlakuan  $S_0$  (kontrol) dengan rata-rata KTK 6,05 mg/100g,  $S_1$  15 ton/ha dengan rata-rata KTK 6,29 mg/100g,  $S_2$  25 ton/ha dengan rata-rata KTK 8,89 mg/100g dan  $S_3$  35 ton/ha dengan rata-rata KTK 10,93 ton/ha. Perlakuan  $S_1$  15 ton/ha menunjukkan KTK yang tidak berbeda nyata terhadap  $S_0$  (kontrol), sementara itu pada perlakuan  $S_2$  25 ton/ha menunjukkan peningkatan yang berbeda nyata dibandingkan  $S_0$  (kontrol) dan  $S_1$  15 ton/ha namun tidak berbeda nyata terhadap  $S_3$  25 ton/ha. Perlakuan  $S_2$  25 ton/ha menunjukkan peningkatan yang berbeda nyata terhadap  $S_0$  kontrol dan  $S_1$  15 ton/ha namun tidak menunjukkan beda nyata terhadap  $S_3$  35 ton/ha.

Hasil analisis KTK pada tanah yang diaplikasikan limbah lumpur padat (*sludge*) menunjukkan rata-rata KTK 6,05 me/100g pada  $S_0$  dan rata-rata KTK tertinggi pada  $S_4$  45 ton/ha sebesar 14,03 me/100g dan dikategorikan semua KTK perlakuan termasuk dalam katagori rendah, walaupun termasuk dalam katagori rendah pengaplikasian limbah lumpur padat (*sludge*) pada tanah Podsolik Merah Kuning sudah bisa meningkatkan KTK tanah.

Kapasitas Tukar Kation (KTK) adalah parameter yang bisa digunakan dalam menduga kesuburan tanah, kemampuan tanah menyerap unsur hara, bahkan

kemampuan tanah untuk mencegah kontaminasi dan polusi air tanah (Yusran, 2011). Pengaplikasian limbah lumpur padat (*sludge*) pabrik kelapa sawit di tanah Podsolik Merah Kuning terbukti bisa meningkatkan KTK pada tanah, walaupun peningkatan KTK tidak berbeda nyata dari setiap perlakuan. Meningkatnya KTK ini dipengaruhi oleh aplikasi bahan organik di tanah. Foth (1984), menyatakan bahwa bahan-bahan organik merupakan komponen dengan KTK paling besar dalam tanah sehingga jumlah dan macam bahan organik yang ditambahkan akan mempengaruhi besar atau kecilnya KTK.

## Kesimpulan

Aplikasi limbah lumpur padat (*sludge*) pabrik kelapa sawit dengan berbagai dosis dapat meningkatkan pH dan menurunkan Al-dd pada tanah Podsolik Merah Kuning. Dosis terbaik untuk meningkatkan pH tanah adalah 35 ton/ha limbah lumpur padat (*sludge*) pabrik kelapa sawit. Dosis terbaik untuk peningkatan P-tersedia dan KTK adalah 45 ton/ha, dan dosis terbaik untuk menurunkan Al-dd adalah 25 ton/ha.

## Daftar Pustaka

- Adiningsih, J.S., M. Sudjadi & D. Setyorini. (1988). *Evercoming Soil Fertility Constraints in Acid Soil for Food Crop Based Farming in Indonesia*. Indonesia Agric.
- Balai Penelitian Tanah. (2009). Petunjuk Teknis Edisi 2 Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2015). Rencana Strategis Direktorat Jenderal Perkebunan Tahun 2015-2019. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Jakarta.
- Fox, T.R., N.B. Commerford & W.W. McFee. (1990). Phosphorus and Aluminium Release From Spodic Horizon Mediated by Organic Acids. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54:1763-1767.
- Hakim, N., M.Y. Nyakpa, A.M. Lubis, S.G. Nugroho, M.R. Saul, M.A. Diha, G.B. Hong, & H.H. Bailey. (1986). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Unila, Lampung.
- Hardjowigeno, S. (2003). *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Henry, D.F. (1984). *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Universitas Gajah Mada Press.
- Jenny, M.U. & E. Suwadi. (1999). *Pemanfaatan Limbah Minyak Sawit (Sludge) sebagai Pupuk Tanaman dan Media Jamur Kayu*. Batan, Bogor.
- Kementerian Pertanian. (2014). Pusat data dan sistem informasi pertanian. Jakarta. <http://pusdatin.setjen.pertanian.go.id/>. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (diakses 29 januari, 2019).
- Nurhayati, H., M.Y. Nyakpa, A.M. Lubis, S.S. Nugroho, M.R. Saul, M.A. Diha, Go Ban Hong & H.H. Bailey. (1986). *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Badan Kerja Sama Ilmu Tanah BKS-PTN/USAID (*University of Kentucky*) W.U.A.E. Hal. 144-145.
- Pandapotan. (2017). Pemanfaatan Limbah Lumpur Padat (*Sludge*) Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit Sebagai Alternatif Penyediaan Unsur Hara Di Tanah Ultisol. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Siregar, P. (2017). Pengaruh Pemberian Beberapa Sumber Bahan Organik dan Masa Inkubasi Terhadap Beberapa Aspek Kimia Kesuburan Tanah Ultisol. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, USU, Medan.

- Syahputra, D. (2014). Pengaruh Kompos dan Dolomit Terhadap Beberapa Sifat Kimia Ultisol dan Hasil Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) pada lahan berteras. Fakultas Pertanian Unsyiah. Aceh.
- Tan, K.H. (1991). *Dasar Kimia Tanah*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Wahyono, T. & E. Luqman. (2008). Industri Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) di Indonesia dari Sisi Ekonomi Makro serta Kaitannya dengan Program Penelitian dan Pengembangan. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit PPKS*, Medan.
- Widhiastuti, r., D. Suryanto, Mukhlis & H. Wahyuningsih. (2006). Pengaruh Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit Sebagai Pupuk Terhadap Biodiversitas Tanah. *Jurnal Ilmiah Pertanian Kultura*. Medan.
- Yusran, F.H. (2011). *Tanah Sumberdaya Utama Pertanian*. Fakultas Pertanian. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.