

APLIKASI KOMPOS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN PUPUK NPKMg TERHADAP SIFAT KIMIA TANAH ULTISOL DAN KADAR HARA DAUN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq)

Ahmad Syukri^{1*}, Nelvia Nelvia², Adiwirman Adiwirman²

¹Mahasiswa Magister Ilmu Pertanian Universitas Riau

²Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Riau

Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Panam, Pekanbaru, Indonesia 28293

*Email : syukri_hs@yahoo.co.id ; Mobile; +62811757952

Abstract

Low productivity of oil palm in Ultisol need to resolve by utilizing appropriate input and efficient soil management. Utilization of organic waste materials such as oil palm empty bunches (OPEB) is one of way for that. This research was conducted in Kuantan Singingi, Riau from September 2017 to February 2018. The aim of this research is to having dose of OPEB compost and NPKMg fertilizer that can optimize the value of soil chemical characters and nutrient content in leaves. The study determined the effect of composite oil palm empty bunches with cow manure (2:1(w/w)) and NPKMg (13:6:27:4) fertilizer. The study used a completely randomized design consisting of 6 levels :{(2,25 kg NPKMg), (10 kg OPEB compost + 1,75 kg NPKMg), (20 kg OPEBcompost + 1,5 kg NPKMg), (30 kg OPEBcompost+ 1,25 kg NPKMg), (40 kg OPEBcompost + 1,00 kg NPKMg), (50 kg OPEB compost) per tree}, each treatment was repeated 3 times. Parameters measured include soil chemical characters and nutrient content in leaves. The results of study showed, aplication 50 kg per tree TKKS compost was able to increase soil pH. Aplications (2.25 kg NPKMg, 50 kg TKKS compost, 20 kg compost TKKS + 1.50 kg NPKMg and 30 kg compost TKKS + 1.25 kg NPKMg) per tree can increase base saturation. Each treatment application for fertilization has been tested, given the same effect in all soil chemical characters tested beside pH and KB, and same effect in all leaf nutrient contents tested beside Zn.

Key words : *Palm Oil, Compost, OilPalmEmptyBunches, NPKMg*

© 2019 Ahmad Syukri, Nelvia, Adiwirman

PENDAHULUAN

Permasalahan umum yang dihadapi saat ini dalam budidaya kelapa sawit di Indonesia, antara lain produktivitas yang rendah. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2015) rata-rata produktivitas minyak kelapa sawit/ CPO dan minyak inti sawit/ PKO tahun 2015 pada perkebunan rakyat hanya pada angka 2,31 ton CPO per ha/th dan 0,46 ton PKO per ha/th, sedangkan pada perkebunan besar negara hanya 3,06 ton CPO/ha/th dan 0,61 ton PKO/ha/th, dan perkebunan besar swasta yaitu 3,01 ton rata-

rata CPO/ha/th dan 0,60 ton PKO/ha/th. Pencapaian produktivitas CPO pada perkebunan kelapa sawit rakyat hanya 28,88%, perusahaan besar negara hanya 38,25% dan perusahaan besar swasta hanya 37,63% dari potensi produktivitas CPO. Menurut Siahaan (2017) tingkat produktivitas CPO tertinggi berdasarkan skala komersial adalah sebesar 8 CPO/ha/th.

Penyebab rendahnya produktivitas kelapa sawit di Indonesia, salah satunya karena kelapa sawit sebagian besar ditanam di lahan mineral Ultisol yang memiliki kesuburan

rendah. Salah satu penyebab rendahnya kesuburan tanah Ultisol karena proses pembentukan tanah pada daerah tropika dengan suhu panas serta curah hujan tinggi, sehingga terjadi proses pelapukan yang berlangsung sangat intensif dan mengakibatkan terjadi pencucian unsur hara terutama basa-basa. Menurut Koedadiri *et al.* (1999) karakteristik tanah masam dan miskinnya unsur hara, salah satunya merupakan dampak dari intensifnya pencucian basa-basa pada rezim suhu tanah mesik dan isomesik.

Salah satu usaha dalam rangka peningkatan kesuburan tanah di lahan mineral Ultisol adalah dengan melakukan aplikasi pemupukan. Secara umum aplikasi pemupukan dilakukan saat ini dengan menggunakan pupuk anorganik dalam jumlah banyak dan dilakukan secara terus menerus. Menggunakan pupuk anorganik secara berulang-ulang pada jangka waktu yang panjang tanpa pertimbangan penambahan bahan organik memiliki dampak rusaknya kondisi fisik tanah. Bahan kimia yang terkandung pada pupuk anorganik akan terkumpul dan menyatu dengan komponen-komponen tanah dan berakibat struktur tanah lebih cepat mengeras. Struktur tanah yang keras menyebabkan kurangnya kemampuan dalam menyimpan air, pH tanah menurun dan berdampak pada penurunan kesuburan tanah. Herdiyanto dan Setiawan (2015) mengemukakan bahwa aplikasi pupuk anorganik yang berlebihan mengakibatkan menurunnya kadar organik, berkurangnya populasi mikroorganisme, permeabilitas menurun dan mudah terjadi erosi.

Untuk meningkatkan kesuburan tanah Ultisol dalam rangka perbaikan sifat-sifat tanah (fisik, kimia dan biologi) dibutuhkan teknik pengelolaan tanah yang tepat dan efisien. Salah satunya adalah dengan melakukan pemupukan yang memanfaatkan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang dijadikan kompos sebagai sumber bahan organik. Kompos TKKS adalah salah satu upaya pemanfaatan hasil akhir dari pabrik pengolahan minyak kelapa sawit yang telah mengalami dekomposisi dan mengandung banyak jenis unsur hara. Kompos TKKS mengandung nutrisi C, N, C/N, P, K, Ca dan

Mg dengan nilai secara berturut-turut adalah 35%, 2,34%, 15, 0,31%, 5,53%, 1,46% dan 0,96% (Widiastuti dan Panji, 2007).

Penggunaan kompos TKKS secara tunggal terhadap tanaman kelapa sawit membutuhkan jumlah material yang banyak, yaitu ± 30 ton/ha sebagai pengganti pupuk anorganik. Selain itu kompos TKKS memiliki sifat lambat dalam penyediaan hara dan komposisi kadar hara tidak selalu sama serta dalam jumlah yang tidak terlalu tinggi. Dengan demikian penggunaan kompos secara tunggal kurang efisien karena memerlukan biaya yang sangat besar dari sisi material dan aplikasinya. Setyorini *et al.* (2009) menyatakan ketersediaan hara yang terbatas serta lambat tersedia merupakan karakter kompos pada umumnya. Dengan demikian penggunaan kompos secara tunggal kurang efisien karena memerlukan biaya yang sangat besar dari sisi material dan aplikasinya.

Untuk mengatasi dampak negatif dari pupuk anorganik serta menutupi kekurangan pada pupuk organik, maka usaha yang dapat dilakukan adalah pemupukan yang mengkombinasikan penggunaan pupuk organik dan anorganik. Pupuk anorganik memiliki konsentrasi hara yang tinggi untuk memenuhi kebutuhan tanaman, sementara pupuk organik berfungsi memperbaiki kesuburan dan kesehatan tanah dengan perbaikan sifat, struktur dan permeabilitas serta mengurangi ketergantungan terhadap pupuk anorganik, sehingga tujuan dari pemberian pupuk untuk meningkatkan kesuburan tanah dan menghasilkan produksi tanaman kelapa sawit yang tinggi dapat tercapai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2017 sampai Februari 2018. Bertempat di perkebunan PT. Tri Bakti Sarimas, Desa Pangkalan, Kecamatan Pucuk Rantau, Kabupaten Kuantan Singingi

Bahan yang digunakan adalah tanaman kelapa sawit umur 12 tahun (DXP, Marihat), pupuk kompos TKKS (dengan bahan baku 2/3 TKKS dan 1/3 kotoran sapi) dan pupuk NPKMg13:6:27:4+TE.

Alat-alat yang digunakan adalah bor tanah, dodos, parang garuk, *knapsack sprayer*, gancu, parang, timbangan, ember, karung, meteran, alat tulis dan lain-lain. Untuk analisis sifat kimia tanah dan kadar hara daun dilakukan di laboratorium.

Penelitian ini dalam bentuk eksperimen menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Perlakuan yang dicoba adalah pemberian pupuk kompos TKKS dan NPKMg yang terdiri dari 6 taraf perlakuan, masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Perlakuan tersebut meliputi: P2,25 = 2,25 kg NPKMg/pohon; K10+P1,75 = 10 kg Kompos TKKS/pohon + 1,75 kg NPKMg/ pohon; K20+P1,5 = 20 kg Kompos TKKS/ pohon + 1,50 kg NPKMg/ pohon; K30+P1,25 = 30 kg Kompos TKKS/ pohon + 1,25 kg NPKMg/ pohon; K40+P1 = 40 kg Kompos TKKS/ pohon + 1,00 kg NPKMg/ pohon; K50= 50 kg Kompos TKKS/pohon.

Parameter yang diamati meliputi: sifat kimia tanah dan kadar hara daun. Pengamatan dilakukan sebelum dan 3 bulan sesudah aplikasi pemupukan. Sifat kimia tanah yang

diuji terdiri dari pH, C-organik, N total, C/N, Al-dd+H-dd, P-tersedia, K-dd, Mg-dd, Ca-dd, Na-dd, KTK dan KB. Kadar hara daun yang diuji meliputi N, P, K, Mg, Ca, B, Cu dan Zn.

Pengujian sifat kimia tanah dilakukan dengan mengambil sampel tanah dari lokasi penelitian. Pengujian kadar hara daun dilakukan dengan mengambil sampel daun ke-17 tanaman yang diamati dan penilaian hasil analisis hara di daun berpedoman pada kriteria kadar hara daun pada pelepah 17 umur > 6 tahun, publikasi von Uexkull, H.R. dan Fairhurst (dalam Pahan. 2012:155). Data yang terkumpul dianalisis sidik ragam (uji F) dan jika berbeda nyata dilanjutkan dengan uji DNMRT 5 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Tanah Sebelum Perlakuan.

Sifat kimia tanah Ultisol sebelum pemberian perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Sifat Kimia Sebelum Penelitian.

Ciri Kimia	Satuan	Hasil Analisa	Kriteria*
pH (H ₂ O)		4,54	Masam
C-organik	%	0,98	Sangat rendah
N total	%	0,10	Rendah
Nisbah C/N		9,8	Sedang
P- tersedia (Bray II)	mg/kg	5,28	Sangat rendah
Al-dd+H-dd	cmol(+)/kg	2,00	Sangat Tinggi
K-dd	cmol(+)/kg	0,16	Rendah
Mg-dd	cmol(+)/kg	0,16	Sangat rendah
Ca-dd	cmol(+)/kg	0,54	Sangat rendah
Na-dd	cmol(+)/kg	0,11	Rendah
KTK	cmol(+)/kg	4,89	Sangat rendah
KB	%	19,8	Sangat rendah

*) = Kriteria sifat kimia tanah menurut Balai Penelitian Tanah-Bogor (2009)

Hasil analisis sifat kimia tanah pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa tanah tersebut tergolong memiliki kesuburan sangat rendah, yang dicirikan dengan pH tanah masam, C-organik, P-tersedia, Mg-dd, Ca-dd, KTK dan KB pada kriteria sangat rendah, N total, K-dd dan Na-dd pada kriteria rendah, sedangkan

rasio C/N hanya pada kriteria sedang. Hal ini berkaitan erat dengan faktor-faktor pembentukan tanah, terutama iklim yaitu tropik basah (suhu dan curah hujan tinggi). Suhu tinggi menyebabkan proses pelapukan mineral dan dekomposisi bahan organik berlangsung intensif selama proses pembentukan tanah.

Curah hujan tinggi menyebabkan pencucian hara terlebih K, Na, Ca dan Mg yang merupakan basa-basa. Pencucian tanah yang terus-menerus juga mengakibatkan daya sangga hara rendah. Hasil penelitian Zulputra (2018), pada tanah Ultisol di kabupaten Rokan Hulu juga menunjukkan karakter tanah sangat masam (pH H₂O = 4,40), C-organik 2,70%, N total 0,27% (sedang), C/N 10,00 (rendah), P 18,70 mg/kg (sedang), K-dd 0,34 cmol(+)/kg (sedang), Na-dd 0,00 cmol(+)/kg (sangat rendah), Ca-dd 1,32 cmol(+)/kg, Mg-dd 0,50 cmol(+)/kg, KTK 12,70 cmol(+)/kg (rendah), KB 17% (sangat rendah) dan kejenuhan Al 65% (sangat tinggi). Menurut Samac dan Tespaye (2003), tanah Ultisol adalah tanah yang telah terjadi pelapukan lanjut, proses pencucian intensif, pH tanah masam sampai sangat masam, kejenuhan Al tinggi dan memiliki kandungan basa-basa dapat ditukar yang rendah.

Nilai KTK tanah sebesar 4,89 cmol(+)/kg seperti terlihat pada Tabel 1 tergolong sangat rendah. Hal ini terkait dengan pelapukan intensif sebagai akibat jumlah serta curah hujan tinggi sehingga Al terhidrolisis, terjadinya pencucian basa-basa dan terbentuk mineral silikat tipe 1:1 yang mempunyai KTK sangat rendah. Intensifnya dekomposisi bahan organik dan pencucian menyebabkan rendahnya kandungan bahan organik. C-organik rendah mendukung rendahnya KTK tanah. Menurut Kumalasari, *et al.* (2011) jumlah kation yang dapat ditukar dalam tanah akan lebih kecil nilainya seiring dengan rendahnya kandungan bahan organik dan koloid organik (humus) dalam tanah.

Nilai KB 19,8 % pada Tabel 1 tergolong pada kriteria sangat rendah. kondisi ini merupakan dampak dari kandungan basa-basa yang dapat dipertukarkan seperti Ca-dd, Mg-dd, Na-dd dan K-dd berada pada kriteria sangat rendah sampai rendah. Rendahnya basa-basa yang dapat dipertukarkan mengakibatkan tanaman kekurangan hara dan dapat menghambat pertumbuhan serta mengganggu pencapaian produksi. Menurut Sugiyono, *et al.* (2005), untuk tanaman kelapa sawit dibutuhkan nilai kejenuhan basa > 50%. Sehingga menghasilkan produksi yang optimum.

P-tersedia dalam tanah sebelum perlakuan pada Tabel 1 tergolong sangat rendah. Nilai unsur hara P dalam bentuk tersedia di tanah sangat dipengaruhi oleh tingkat kemasaman tanah. Kemasaman tanah (pH) <5 menyebabkan nilai Al dan Fe yang terlarut memiliki nilai tinggi. Nilai Al dan Fe yang tinggi dapat berpresipitasi dengan P sehingga ketersediaan unsur hara P terhambat dan mengakibatkan P dalam tanah tidak tersedia. Pada kondisi pH tanah rendah maka kandungan P yang tersedia untuk tanaman sangat rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mallarino (2000) pH tanah mempengaruhi kelarutan fosfor. Kondisi pH tanah 6-7 merupakan kondisi dimana kelarutan fosfor pada tanah mendukung untuk tanaman. Pada pH lebih rendah dari 6, Fe dan Al akan mengikat P, sedangkan pH lebih dari 7 akan terikat oleh Ca dan Mg.

Sifat Kimia Tanah Setelah Perlakuan.

Sifat kimia tanah setelah perlakuan pemupukan disajikan pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Nilai pH, C-organik, N total, C/N, P-tersedia dan Al-dd+H-dd Setelah Perlakuan.

Kode Perlakuan	Nilai Sifat Kimia Tanah					
	pH (H ₂ O)	C-organik (%)	N total (%)	C/N	P-tersedia (mg/kg)	Al-dd+H-dd (cmol(+)/kg)
P2,25	5,73 ^{AM} ab	2,11 ^S a	0,15 ^R a	14,82 ^S a	140,30 ST a	0,43 ^R a
K10+P1,75	5,62 ^{AM} ab	2,36 ^S a	0,12 ^R a	20,85 ^T a	205,40 ST a	0,80 ^S a
K20+P1,5	5,61 ^{AM} ab	2,97 ^S a	0,21 ^S a	14,35 ^S a	261,10 ST a	0,63 ^R a
K30+P1,25	5,54 ^{AM} b	2,22 ^S a	0,14 ^R a	16,47 ^T a	148,00 ST a	0,87 ^S a
K40+P1	5,53 ^{AM} b	1,95 ^S a	0,11 ^R a	17,65 ^T a	66,73 ST a	1,00 ^S a
K50	6,16 ^{AM} a	2,05 ^S a	0,10 ^R a	21,73 ^T a	214,20 ST a	0,23 ^{SR} a

Keterangan : AM = agak masam, ST = sangat tinggi, T = tinggi, S = sedang, R = rendah dan SR = sangat rendah. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji Duncan 5%. P1; P1,25; P1,5; P1,75 dan P(2,25) = Pupuk NPKMg dosis 1; 1,25; 1,50; 1,75 dan 2,25 kg/ pohon. K10; K20; K30; K40 dan K50 = Kompos TKKS dosis 10; 20; 30; 40 dan 50 kg/ pohon.

Tabel 3. Nilai K-dd, Mg-dd, Ca-dd, Na-dd, KTK dan KB Setelah Perlakuan.

Kode Perlakuan	Nilai Sifat Kimia Tanah					
	K-dd (cmol(+)/kg)	Mg-dd (cmol(+)/kg)	Ca-dd (cmol(+)/kg)	Na-dd (cmol(+)/kg)	KTK (cmol(+)/kg)	KB (%)
P2,25	0,37 ^S a	1,31 ^S a	2,34 ^R a	0,68 ^S a	5,67 ^R a	82,87 ST a
K10+P1,75	0,21 ^R a	0,58 ^R a	1,97 ^{SR} a	0,63 ^S a	6,23 ^R a	54,42 ^S ab
K20+P1,5	0,28 ^R a	1,33 ^S a	4,38 ^R a	0,73 ^T a	8,15 ^R a	78,39 ^T a
K30+P1,25	0,23 ^R a	0,89 ^R a	2,30 ^R a	0,66 ^S a	5,52 ^R a	72,90 ^T a
K40+P1	0,17 ^R a	0,31 ^R a	0,93 ^{SR} a	0,62 ^S a	5,71 ^R a	37,65 ^R b
K50	0,18 ^R a	0,96 ^R a	2,73 ^R a	0,68 ^S a	5,39 ^R a	80,56 ST a

Keterangan : AM = agak masam, ST = sangat tinggi, T = tinggi, S = sedang, R = rendah dan SR = sangat rendah. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji Duncan 5%. P1; P1,25; P1,5; P1,75 dan P(2,25) = Pupuk NPKMg dosis 1; 1,25; 1,50; 1,75 dan 2,25 kg/ pohon. K10; K20; K30; K40 dan K50 = Kompos TKKS dosis 10; 20; 30; 40 dan 50 kg/ pohon.

Tabel 2 menunjukkan nilai pH berpengaruh nyata antar perlakuan. Nilai pH tertinggi terdapat pada perlakuan pemupukan kompos TKKS dosis 50 kg/ pohon (6,16) dan meningkat nyata dibandingkan K30+P1,25 dan K40+P1, diikuti dengan perlakuan P2,25, K10+P1,75 dan K20+P1,5. Apabila dibandingkan dengan kriteria pH sebelum perlakuan, terjadi peningkatan pada keenam perlakuan dari masam menjadi agak masam. Peningkatan kriteria pH tersebut diduga peranan bahan organik yang ditambahkan ke tanah melalui aplikasi kompos TKKS. Hasil dekomposisi bahan organik dari kompos TKKS akan meningkatkan jumlah ion OH⁻ sehingga ion H⁺ berkurang atau ternetralisir aktivitasnya, sedangkan Al³⁺ dan Fe²⁺ akan terikat (dikhelat) oleh asam-asam organik dan tidak mampu lagi untuk menghidrolisis. Wibowo *et al.* (2017) menyatakan bahwa aplikasi kompos TKKS dengan tanpa penambahan pupuk majemuk meningkatkan pH tanah.

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa keenam perlakuan yang diuji berpengaruh tidak nyata terhadap nilai Al-dd+H-dd. Apabila dibandingkan dengan kriteria sebelum

perlakuan terjadi penurunan kriteria dari sangat tinggi menjadi sangat rendah pada perlakuan K50, rendah pada perlakuan P2,25 dan K20+P1,5, sedangkan perlakuan lainnya menjadi kriteria sedang. Terjadinya penurunan kriteria nilai Al-dd+H-dd tersebut diduga disebabkan oleh peran bahan organik yang diaplikasikan melalui kompos TKKS. Proses dekomposisi bahan organik yang terkandung dalam kompos TKKS menghasilkan asam-asam organik (asam humat) yang bermuatan negatif. Asam-asam humat ini memiliki kemampuan mengikat logam Al³⁺ dan terbentuk khelat sehingga Al³⁺ menjadi tidak larut dan konsentrasi Al-dd menjadi menurun. Semakin banyak ion Al³⁺ yang terikat maka akan semakin banyak H⁺ yang ternetralisir dan konsentrasinya akan menurun. Menurut Schnitzer (1991) meningkatnya takaran asam humat akan semakin banyak Al³⁺ yang terikat bersama dengan COOH⁻ dan OH⁻, sehingga jumlah Al³⁺ yang dapat dipertukarkan semakin menurun jumlahnya.

Keenam perlakuan yang diuji hanya berpengaruh tidak terhadap kandungan C-organik (Tabel 2). Apabila dibandingkan

dengan nilai sebelum perlakuan terjadi peningkatan kriteria dari sangat rendah menjadi sedang pada keenam perlakuan. Terjadinya peningkatan kriteria nilai C-organik pada diduga karena pengaruh pemberian pupuk terutama kompos TKKS. Bahan organik yang terkandung dalam kompos TKKS akan mengalami proses dekomposisi dengan waktu yang cukup lama di dalam tanah, selama proses dekomposisi tersebut kandungan bahan organik akan tetap berada di dalam tanah sebagai sumber karbon. Anas (2000) menyatakan bahwa terjadi peningkatan C-organik dengan rata-rata peningkatan pada kisaran 28-54% pada tanah yang bahan organik dalam bentuk kompos yang bersumber dari janjang kosong kelapa sawit. Hasil penelitian Siahaan *et al.* (1997) menunjukkan peningkatan C-organik secara nyata pada perlakuan berbagai dosis pemberian TKKS baik secara tunggal maupun dengan menambahkan pupuk anorganik.

Pada Tabel 2 menunjukkan nilai N total berbeda tidak nyata pada keenam perlakuan yang diuji. Berdasarkan penilaian sifat kimia tanah, keenam perlakuan berada pada kriteria rendah dan tidak terjadi peningkatan dibandingkan sebelum perlakuan. Masih rendahnya nilai N-total diduga karena selain diserap tanaman dan mikroorganisma tanah, juga terjadi pencucian hara N akibat tingginya curah hujan setelah perlakuan pemupukan. Wibowo *et al.* (2017) menyatakan tidak terjadinya peningkatan N pada aplikasi kompos TKKS baik secara tunggal maupun dengan dikombinasikan dengan pupuk NPK majemuk.

Nilai P tersedia yang disajikan pada Tabel 2 berbeda tidak nyata. Apabila dibandingkan dengan nilai sebelum perlakuan dengan kriteria sangat rendah terjadi perubahan kriteria menjadi sangat tinggi pada keenam perlakuan. Peningkatan kriteria nilai P tersedia dari sebelum perlakuan diduga karena efek dari pupuk yang diberikan terutama pupuk kompos TKKS. Bahan organik yang terkandung pada pupuk kompos TKKS membentuk senyawa-senyawa organik di dalam tanah dan dengan senyawa-senyawa organik ini akan terbentuk

senyawa kompleks Al sehingga mampu mengurangi dan keterikatan dan melepaskan P dalam bentuk tersedia. Menurut Haynes dan Mokolobate (2001), hasil dekomposisi bahan organik meningkatkan ketersediaan P karena akan Al akan dikhelat oleh senyawa-senyawa organik sehingga Al-dd berkurang dan absorpsi P oleh Al juga akan berkurang.

K-dd yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan perbedaan tidak nyata antar keenam perlakuan yang diuji. Apabila dibandingkan dengan sebelum perlakuan, kriteria nilai K-dd tidak terjadi peningkatan dari kriteria rendah pada seluruh perlakuan kecuali P2,25. Peningkatan kriteria menjadi sedang pada perlakuan P2,25 diduga karena pengaruh pupuk NPKMg yang merupakan pupuk anorganik yang memiliki kandungan hara K tinggi dan mampu lebih cepat tersedia bagi tanaman. Jika dibandingkan dengan pupuk organik, pupuk anorganik lebih mampu menyediakan hara kalium dengan jumlah tinggi dan dalam bentuk yang lebih cepat tersedia. Sementara penggunaan pupuk organik lebih berperan dalam perbaikan sifat-sifat tanah secara umum, sedangkan kontribusi dalam penyediaan hara dalam tanah hanya dalam jumlah sedikit dan jangka panjang. Menurut Setyorini *et al.* (2009) pupuk kompos mengandung mengandung hara sedikit dan lambat tersedia.

Pada Tabel 3 menunjukkan nilai Mg-dd dan Ca-dd hanya berbeda tidak nyata pada keenam perlakuan yang diuji. Sebelum perlakuan nilai Mg-dd dan Ca-dd berada pada kriteria sangat rendah, namun setelah perlakuan terjadi peningkatan kriteria menjadi rendah sampai sedang, kecuali nilai Ca-dd pada perlakuan K10+P1,75 dan K40+P1 masih berada pada kriteria sangat rendah. Perubahan kriteria tersebut diduga karena unsur Mg dan Ca yang diberikan melalui perlakuan pemupukan terutama kompos TKKS. Kompos TKKS merupakan pupuk organik yang memiliki banyak unsur hara termasuk hara Mg dan Ca. Menurut Darmosarkoro (2007) kandungan Mg pada kompos TKKS sebanyak 0,8% sampai 1% dan kandungan Ca pada kisaran 1%-2%.

Nilai Na-dd yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan berbeda tidak nyata. Apabila dibandingkan dengan nilai sebelum perlakuan yang tergolong memiliki kriteria rendah mengalami perubahan menjadi kriteria sedang pada seluruh perlakuan kecuali perlakuan K20+P1,5 berubah menjadi kriteria tinggi. Perubahan kriteria tersebut diduga karena efek dari perlakuan pemupukan yang diberikan terutama kompos TKKS yang dicampur dengan kotoran Sapi. Menurut Hapsari (2013) kotoran ternak mengandung hara diantaranya natrium yang dibutuhkan oleh tanaman dan untuk kesuburan tanah.

Nilai KTK pada Tabel 3 hanya memperlihatkan berpengaruh tidak nyata antar perlakuan yang diuji. Namun apabila dibandingkan dengan nilai KTK setelah perlakuan terjadi peningkatan kriteria dari sangat rendah menjadi rendah. Peningkatan kriteria tersebut diduga karena efek dari pemupukan yang diberikan terutama pupuk kompos TKKS yang merupakan pupuk organik. Bahan organik pada pupuk kompos TKKS menghasilkan humus yang memiliki KTK yang tinggi. Siahaan *et al.* (1997) menyatakan baik secara tunggal maupun

dengan penambahan pupuk anorganik, secara fisiknya kompos mampu meningkatkan KTK, meningkatkan unsur hara dan asam humat.

Pada tabel 3 menunjukkan nilai KB pada perlakuan P2,25;K50;K20+P1,5 dan K30+P1,25 berpengaruh nyata dengan K40+P1, sedangkan dengan K10+P1,75 hanya berpengaruh tidak nyata. Peningkatan KB pada perlakuan P2,25;K50;K20+P1,5 dan K30+P1,25 karena peningkatan kation-kation K, Ca, Mg dan Na. Peningkatan kation-kation tersebut diduga karena terjadinya perbaikan pH tanah sehingga kation-kation yang terikat menjadi tersedia. Menurut Sudaryono (2016) secara umum terdapat ketekaitan erat antara nilai kejenuhan basa dengan nilai pH, tanah dengan nilai kejenuhan basa tinggi memiliki pH dengan nilai juga tinggi, begitu juga sebaliknya tanah dengan nilai kejenuhan basa rendah memiliki pH dengan nilai juga rendah.

Kadar Hara Makro dan Mikro pada Daun Sebelum Perlakuan

Kadar hara makro dan mikro pada daun ke-17 tanaman kelapa sawit yang diuji sebelum dilakukan perlakuan aplikasi pemupukan disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisa Kadar Hara Makro dan Mikro pada Daun Sebelum Aplikasi Pemupukan.

Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Kriteria*
N	%	2,07	Defisiensi
P	%	0,14	Defisiensi
K	%	0,69	Defisiensi
Mg	%	0,27	Optimum
Ca	%	0,65	Optimum
B	mg/kg	12,00	Optimum
Cu	mg/kg	6,00	Optimum
Zn	mg/kg	13,00	Optimum

*)= Kriteria menurut Von Uexkull *dalam* Pahan, 2012.

Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil pengukuran nilai kadar hara daun sebelum perlakuan, pada kriteria optimum pada kadar hara Mg, Ca, B dan Cu, sedangkan kadar hara N, P dan K pada kriteria defisiensi. Unsur hara N, P dan K adalah tiga unsur hara yang sangat pentingserta dibutuhkan dalam jumlah banyak untuk pertumbuhan kelapa sawit.

Penyebab defisiensi hara diduga karena aplikasi pemupukan beberapa tahun terakhir tidak dilakukan sesuai kebutuhan tanaman. Menurut Sutarta dan Darmosarkoro (2007) untuk mendapatkan vegetatif dengan pertumbuhan yang sehat dan pencapaian produksi TBS yang maksimal dibutuhkan

unsur hara yang cukup, salah satu upaya dilakukan dengan pemupukan.

Gejala defisiensi yang disebabkan oleh kekurangan salah satu unsur hara berakibat menjadi faktor pembatas pertumbuhan vegetatif tanaman serta terjadinya penurunan produksi. Terbatasnya pertumbuhan tanaman lebih nyata akibat defisiensi pada hara-hara utama seperti N, P dan K. Unsur N pada tanaman berperan penting pada keberlangsungan proses fisiologi. Nitrogen adalah bagian terpenting untuk memproduksi protein, komponen asam nukleat, sebagai aktivator berbagai enzim, dan merupakan unsur dalam penyusun zat hijau daun. Matana dan Mashud (2016) menyatakan gangguan kloroplas pada daun kelapa sawit merupakan gejala umum terjadinya defisiensi N pada tanaman. Unsur P merupakan bagian penting dalam keberlangsungan fotosintesis dan metabolisme karbohidrat. P juga berfungsi

sebagai pengatur pembagian karbohidrat antara sumber dan organ reproduksi. Unsur hara K pada tanaman kelapa sawit secara aktif diambil oleh akar dan jumlahnya kebutuhannya sangat banyak untuk menghasilkan produktivitas tinggi. Pada tanaman kelapa sawit unsur K dipergunakan pada berbagai aktivitas metabolisme dan pada tandan buah segar menjadi komponen penting peningkatan bobot janjang serta kandungan minyak. Marschner (2012), menyatakan bahwa dalam aktivator berbagai enzim dan reaksi-reaksi fisiologi serta biokimia unsur K memegang peran penting dari sisi fungsinya.

Kadar Hara Makro dan Mikro pada Daun Setelah Perlakuan.

Kadar hara makro (N, P, K, Mg dan Ca) serta hara mikro (B, Cu dan Zn) pada daun 3 bulan setelah perlakuan pemupukan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kadar hara makro dan mikro pada daun setelah perlakuan

Kode Perlakuan	Hasil Analisa Hara Daun							
	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	B (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
P2,25	2,39 ^D a	0,15 ^O a	0,55 ^D a	0,28 ^O a	0,53 ^O a	14,47 ^D a	4,97 ^D a	6,20 ^D b
K10+P1,75	2,40 ^O a	0,15 ^O a	0,48 ^D a	0,34 ^O a	0,62 ^O a	17,50 ^O a	4,93 ^D a	10,80 ^D ab
K20+P1,5	2,39 ^D a	0,16 ^O a	0,61 ^D a	0,28 ^O a	0,58 ^O a	15,73 ^O a	4,87 ^D a	12,33 ^O a
K30+P1,25	2,36 ^D a	0,16 ^O a	0,44 ^D a	0,42 ^K a	0,62 ^O a	19,00 ^O a	5,53 ^O a	13,67 ^O a
K40+P1	2,44 ^O a	0,15 ^O a	0,58 ^D a	0,24 ^D a	0,54 ^O a	20,00 ^O a	4,83 ^D a	10,10 ^D ab
K50	2,45 ^O a	0,16 ^O a	0,61 ^D a	0,27 ^O a	0,57 ^O a	18,87 ^O a	4,90 ^D a	6,93 ^D b

Keterangan : K = kelebihan, O = optimum, D = defisiensi. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji Duncan 5%. P1; P1,25; P1,5; P1,75 dan P(2,25) = Pupuk NPKMg dosis 1; 1,25; 1,50; 1,75 dan 2,25 kg/ pohon. K10; K20; K30; K40 dan K50 = Kompos TKKS dosis 10; 20; 30; 40 dan 50 kg/ pohon.

Tabel 5 menunjukkan kadar hara N pada daun hanya menunjukkan perbedaan tidak nyata antar perlakuan. Apabila dibandingkan dengan sebelum perlakuan terjadi peningkatan kriteria dari defisiensi menjadi optimum pada perlakuan K50, K10+P1,5 dan K40+P1, sedangkan perlakuan lainnya masih defisiensi. Peningkatan kriteria tersebut diduga efek dari aplikasi pemupukan. Pupuk NPKMg secara langsung menyediakan N dalam bentuk tersedia sedangkan kompos TKKS

meningkatkan ketersediaan N melalui peningkatan pH tanah. Peningkatan pH tanah mengurangi Al sehingga unsur N yang sebelumnya dalam bentuk terikat berubah menjadi tersedia sehingga dapat diserap oleh tanaman. Ermadani *et al.* (2011) menyatakan bahwa aplikasi kompos pada tanah Ultisol berpengaruh positif mengurangi Al dan meningkatkan hara N

Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa kadar hara P pada keenam perlakuan hanya berbeda tidak nyata. Apabila dibandingkan dengan sebelum perlakuan, aplikasi pemupukan kompos TKKS yang dikombinasikan dengan pupuk NPKMg dari dosis tanpa dan terendah hingga tertinggi berturut-turut 0, 10, 20, 30, 40 dan 50 kg/pohon, dikombinasikan dengan pupuk NPKMg dari dosis tertinggi hingga terkecil dan tanpa berturut-turut 2.25, 1.75, 1.5, 1.25, 1.00 dan 0 kg/pohon terjadi perubahan kriteria pada keenam perlakuan dari defisiensi menjadi optimum. Perubahan kriteria tersebut diduga karena jumlah P-tersedia di tanah setelah perlakuan tergolong tinggi akibat pemberian bahan organik melalui pupuk kompos TKKS. Ginting *et al.* (2011) dalam penelitiannya pada tanaman kelapa sawit telah menghasilkan terjadi peningkatan kadar hara P di daun setelah diaplikasikan bahan organik berupa TKKS.

Kadar hara K pada Tabel 5 menunjukkan perbedaan tidak nyata antar keenam perlakuan. Seluruh perlakuan pada kriteria defisiensi. Rendahnya kadar hara K pada daun diduga karena rendahnya ketersediaan unsur hara K pada tanah (0,17-0,37 cmol(+)/kg) dan nilai tersebut berada pada kriteria rendah sampai sedang. Menurut Saputra *et al.* (2018), kadar kalium pada tanaman merupakan cerminan ketersediaan hara kalium yang dapat diserap oleh akar. Kebutuhan tanaman kelapa sawit terhadap unsur kalium lebih tinggi dibandingkan unsur lainnya, sehingga defisiensi kalium berdampak besar pada pertumbuhan dan akan terjadi penurunan produksi. Imogie *et al.* (2012) menyatakan kalium berperan dalam penentuan kualitas buah pada tanaman kelapa sawit.

Pada Tabel 5 menunjukkan nilai kadar hara Mg antar perlakuan hanya berbeda tidak nyata. Meskipun tidak berbeda nyata, namun seluruh perlakuan tergolong optimum. sampai kelebihan, kecuali perlakuan K40+P1 yang berada pada kriteria defisiensi. Terjadinya defisiensi kadar hara Mg di daun pada perlakuan K40+P1 diduga terkait ketersediaan hara di tanah. Respon tanaman terhadap

pemberian pupuk bergantung pada vigoritas tanaman dan ketersediaan hara di dalam tanah (Sudradjat dan Fitriya, 2015).

Tabel 5 menunjukkan bahwa kadar hara Ca pada daun berbeda tidak nyata. Meskipun kadar hara Ca di tanah pada kriteria sangat rendah sampai rendah, namun kriteria konsentrasi hara daun pada keenam perlakuan masih tergolong optimum. Hal ini karena kadar hara Ca sebelum perlakuan sudah berada pada kriteria optimum, sehingga diduga tanaman masih memiliki cadangan hara. Kondisi tersebut sesuai dengan pendapat Corley dan Tinker (2003) hal ini dapat dijelaskan bahwa tanaman sendiri memiliki cadangan nutrisi.

Kadar hara boron (B) pada daun yang disajikan pada Tabel 5 hanya menunjukkan perbedaan tidak nyata. Berdasarkan kriteria konsentrasi hara daun kelapa sawit kondisi kadar hara daun tergolong optimum pada 5 (lima) perlakuan yang diberikan kompos TKKS, sedangkan pada perlakuan P2,25 yang tidak diberikan kompos TKKS berada pada kriteria defisiensi. Kondisi tersebut diduga karena unsur B yang terkandung pada kompos TKKS dapat terserap oleh tanaman. Meskipun dalam jumlah yang tidak terlalu besar, secara umum kompos mengandung unsur hara mikro (Setyorini *et al.* 2009).

Kadar hara Cu pada daun setelah aplikasi disajikan pada Tabel 5 hanya menunjukkan perbedaan tidak nyata. Jika dibandingkan dengan kriteria nilai Cu sebelum perlakuan mengalami penurunan dari optimum menjadi defisiensi pada seluruh perlakuan kecuali pada perlakuan K30+P1,25. Hal ini diduga karena Cu dikhelat oleh bahan organik di dalam tanah sehingga mengurangi serapan Cu oleh tanaman. Ratmini (2014) menyatakan kadar organik yang tinggi mempengaruhi ketersediaan Cu di tanah, karena sebagian besar secara kuat di khelat oleh bahan organik. Akibatnya tidak dapat diserap oleh tanaman. Kadar hara seng (Zn) setelah pemupukan yang terlihat pada Tabel 5 menunjukkan perlakuan K20+P1,5 dan K30+P1,25 meningkat dibandingkan P2,25 dan K50, sedangkan dengan perlakuan lainnya hanya berbeda tidak nyata. Apabila dibandingkan dengan kriteria

nilai sebelum perlakuan, terjadi penurunan kriteria dari optimum menjadi defisiensi pada perlakuan selain K20+P1,5 dan K30+P1,25 yang masih berada pada kriteria optimum. Hal ini diduga karena rendahnya serapan Zn yang dapat dilakukan oleh tanaman terkait ketersediaan Zn di tanah akibat tingginya jumlah P tersedia. Ketersediaan P di tanah yang terlalu tinggi mengakibatkan berkurangnya ketersediaan Zn. Hal ini ini karena unsur P dengan Zn memiliki sifat antagonistik yang saling mempengaruhi ketersediaannya dalam tanah, pada kondisi P yang sangat tinggi ketersediaan Zn secara otomatis akan berkurang. Menurut (2014) kelebihan P mengakibatkan terjadinya kekurangan Zn. Dengan demikian mengurangi serapan Zn serta menjadi kendala dalam translokasi dan penggunaannya pada tanaman.

KESIMPULAN

Aplikasi 50 kg/ pohon kompos TKKS meningkatkan pH tanah. Aplikasi (2,25 kg pupuk NPKMg, 50 kg kompos TKKS, 20 kg kompos TKKS + 1,5 kg pupuk NPKMg dan 30 kg kompos TKKS + 1,25 kg pupuk NPKMg)/pohon meningkatkan kejenuhan basa.

Aplikasi kompos TKKS dari dosis terendah hingga tertinggi berturut-turut 10, 20, 30, 40 dan 50 kg/ pohon, dikombinasikan dengan pupuk NPKMg dari dosis tertinggi hingga terkecil dan tanpa berturut-turut 1.75, 1.5, 1.25, 1.00 dan 0 kg/ pohon, memberi pengaruh yang sama terhadap C-organik, N total, C/N, Al-dd+H-dd, P-tersedia, K-dd, Mg-dd, Ca-dd, Na-dd dan KTK di tanah serta kadar N, P, K, Mg, Ca, B dan Cu di daun, dibandingkan dengan aplikasi pupuk NPKMg dosis 2,25 kg/ pohon.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas, I. 2000. Potensi Sampah Kota untuk Pertanian di Indonesia. *Prosiding Seminar pada Kongres MAPORINA, 6-7 September 2000, Malang*. Hal. 1-11.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. Petunjuk teknis analisis kimia tanah. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2003. *The Oil Palm*. The 4th Edition. Blackwell Science Ltd. United Kingdom. 562 pp.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2015. Statistik Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia Tahun 2014 - 2016. Direktorat Jendral Perkebunan. Jakarta.
- Ermadani, A. M., dan I. A. Mahbub 2011. Pengaruh Residu Kompos Tandan Buah Kosong Kelapa Sawit Terhadap Beberapa Sifat Kimia Ultisol dan Hasil Kedelai. *Jurnal Penelitian Universitas Jambi: Seri Sains*, 13(2).
- Ginting, E.N., F. Hidayat, dan H. Susanto, 2011. Substitusi Pupuk MoP dengan Tandan Kosong Kelapa Sawit pada Perkebunan Kelapa Sawit di Ultisol. *Penelitian Kelapa Sawit*. 19(21):11-21.
- Hapsari, A.Y. 2013. Kualitas dan Kuantitas Kandungan Pupuk Organik Limbah Serasah dengan Inokulum Kotoran Sapi Secara Semi Anaerob. Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Haynes, R.J. dan 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. *Journal Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 59: 47-63.
- Herdiyanto, D., dan A. Setiawan. 2015. Upaya Peningkatan Kualitas Tanah Melalui Sosialisasi Pupuk Hayati, Pupuk Organik, dan Olah Tanah Konservasi di Desa Sukamanah dan Desa Nanggerang Kecamatan Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya. *Dharmakarya*, 4(1).
- Imogie, A.E., P.O. Oviasogie, B.O. Ejedegba, C.V. Udosen. 2012. Effect of Potassium (K) Source on Oil Palm Yield at Okomu Oil Palm plc, ovia North L.G.A of Edo State. *International Journal Of Plant Research* 2 (1) : 35-38.
- Koedadiri, A.D., W. Darmosarkoro, dan E.S. Sutarta. 1999. Potensi dan Pengolahan Tanah Ultisol pada Beberapa Wilayah Perkebunan Kelapa Sawit di Indonesia.

- Prosiding Kongres Nasional VII HITI, 2-4 November 1999*, Bandung
- Kumalasari, S.W, J. Syamsiyah, dan Sumarno. 2011. Studi Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Tanah pada Berbagai Komposisi Tegakan Tanaman di Sub Das Solo Hulu. *Jurnal Ilmiah Ilmu Tanah dan Agroklimatologi* 8(2): 119-124
- Mallarino, A. 2000. Soil Testing and Available Phosphor. *Integrade Crop Management News*. Iowo Stak University.
- Marschner, H. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd Edition. Acad. Press. London.
- Matana, Y. R., dan N. Mashud. 2016. Respons Pemupukan N, P, K dan Mg Terhadap Kandungan Unsur Hara Tanah. *Buletin Palma*, 16(1), 23-31.
- Pahan, I. 2012. Panduan Kelapa sawit. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Ratmini, N. S. 2014. Peluang Peningkatan Kadar Seng (Zn) Pada Produk Tanaman Serealia. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014*, 26-27 September 2014, Palembang
- Samac, D.A. and M. Tesfaye. 2003. Plant Improvement for Tolerance to Aluminum in Acid Soils—A Review. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 75, 189-207.
- Saputra, B., D. Suswati, dan R. Hazriani, 2018. Kadar Hara NPK Tanaman Kelapa Sawit pada Berbagai Tingkat Kematangan Tanah Gambut Di Perkebunan Kelapa Sawit PT. Peniti Sungai Purun Kabupaten Mempawah. *Perkebunan dan Lahan Tropika*, 8(1), 34-39.
- Schnitzer, M. 1991. Soil Organic Matter. The next 75 years. *Soils Sci.* 151: 41-58.
- Setyorini, D., R. Saraswati, E.K. Anwar., 2009. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. www.balittanah.litbang.deptan.go.id. diakses pada tanggal 25 Maret 2018.
- Siahaan, D. 2017. Kajian Potensi Rendemen untuk Mencapai Prodikvitas CPO Tinggi di Perkebunan Kelapa Sawit. IOPRI. Medan.
- Siahaan, M.M, K. Pamin, dan R. Adiwiganda. 1997. Pengaruh Aplikasi Tandan Kosong Sawit Sebagai Mulsa terhadap Produksi Tanaman Kelapa Sawit. PPKS. Medan.
- Sudaryono, S. 2016. Tingkat Kesuburan Tanah Ultisol pada Lahan Pertambangan Batubara Sangatta, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 10(3), 337-346.
- Sudradjat dan Fitriya. 2015. Optimasi Dosis Pupuk Dolomit pada Tanaman Kelapa Sawit Belum Menghasilkan Umur Satu Tahun. *Jurnal Agrovigor* 8(1) : 1-8.
- Sugiyono, E.S. Sutarta, W. Darnosarkoro, dan H. Santoso. 2005. Peranan Perimbangan K, Ca dan Mg Tanah dalam Penyusunan Rekomendasi Pemupukan Kelapa Sawit. *Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit 2005*. Medan.
- Sutarta, E.S., dan W. Darnosarkoro. 2007. Penggunaan pupuk majemuk pada perkebunan. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.
- Wibowo, B.S., H. Hanum, dan Fauzi. 2017. Aplikasi Kompos TKKS Dan Berbagai Dosis Pupuk Majemuk untuk Meningkatkan Hara N, P, dan K serta Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) pada Pembibitan Utama di Tanah Ultisol. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU, Vol.5.No.3. Juli 2017 (66): 500-507*.
- Widiastuti dan Panji, T. 2007. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sisa Jamur Merang (*Volvaria volvacea*) (TKSJ) sebagai Pupuk Organik pada Pembibitan Kelapa Sawit. *Menara Perkebunan*. 75 (2) 70-79. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. Bogor.
- Zulputra dan Nelvia. 2018. Ketersediaan P, Serapan P dan Si oleh Tanaman Padi Gogo (*Oryza sativa*. L) pada Lahan Ultisol yang Diaplikasikan Silikat dan Pupuk Fosfat. *Jurnal Agroteknologi*, Vol. 8 No. 2, Februari 2018 : 9 - 14.