

PENGARUH KOMPOS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DIPERKAYA ABU BOILER TERHADAP BEBERAPA SIFAT KIMIA TANAH ULTISOL

Eliartati

Peneliti pada Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau

ABSTRAK

Tanah Ultisol banyak dimanfaatkan sebagai lahan pertanian. Peningkatan kandungan bahan organik tanah merupakan faktor penting dalam pemanfaatan tanah Ultisol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kompos tankos yang diperkaya berbagai dosis abu *boiler* terhadap sifat kimia tanah Ultisol. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan terdiri dari: Kontrol, KA00 (kompos tankos diperkaya 0% abu *boiler*), KA05 (kompos tankos diperkaya 5% abu *boiler*), KA10 (kompos tankos diperkaya 10% abu *boiler*) dan KA20 (kompos tankos diperkaya 20% abu *boiler*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kompos tankos diperkaya abu boiler dapat memperbaiki sifat kimia tanah Ultisol, yaitu pH tanah serta kandungan C organik, P tersedia, K-dd, Ca-dd dan Mg-dd tanah meningkat sejalan dengan peningkatan dosis abu boiler yang ditambahkan pada kompos tankos.

Kata Kunci: Kompos, Abu Boiler dan Ultisol.

ABSTRACT

Ultisol is widely used as agricultural land. Improvement of soil organic matter content is important factors in utilizing Ultisol. One of organic fertilizers that can be potentially used to increase Ultisol productivity is oil palm empty fresh fruit bunch (EFB) compost. This research was aimed to determine the effect of EFB compost enriched boiler ash chemical properties of Ultisol. The research was arranged in a randomized complete design consisting of 5 treatments and 4 replications. The treatments were namely : Control (untreatment), KA00 (EFB compost), KA05 (EFB compost enriched 5% boiler ash), KA10 (EFB compost enriched 10% boiler ash) and KA20 (EFB compost enriched 20% boiler ash). The results showed that application of EFB compost enriched boiler ash could improve the chemical properties of Ultisol, ie pH and C-organic, P-available, K-exchangeable, Ca- exchangeable and Mg- exchangeable. Their increased similar with increasing boiler ash dosage added to compost.

Keywords: *Compost, boiler ash and Ultisol*

PENDAHULUAN

Tanah mempunyai peranan yang sangat penting bagi tanaman, karena selain sebagai tempat tumbuh juga berperan sebagai penyedia unsur hara bagi tanaman. Ketersediaan unsur hara dalam tanah sangat diperlukan untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman, serta sangat menentukan kemampuan tanaman dalam memproduksi.

Saat ini lahan pertanian terutama lahan untuk tanaman pangan dan hortikultura didominasi oleh lahan marginal dengan tingkat kesuburan yang rendah. Salah satunya adalah tanah Ultisol. Penyebaran tanah ini di Indonesia cukup luas meliputi Sumatera, Jawa Barat, Kalimantan, Sulawesi, Maluku dan Irian Barat (Soeprattohardjo, 1978). Luas tanah Ultisol mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia dengan sebaran luasan di Kalimantan 21.938.000 ha, Sumatera 9.469.000 ha, Maluku dan Papua 8.859.000 ha, Sulawesi 4.303.000 ha, Jawa 1.172.000 ha dan Nusa Tenggara 53.000 ha (Subagyo *et al.* 2004).

Tanah Ultisol dibentuk oleh proses pelapukan dan pembentukan tanah yang sangat insentif karena berlangsung dalam iklim tropika dan sub tropika yang bersuhu panas dan bercurah hujan tinggi. Vegetasi klimaks adalah hutan rimba. Dalam lingkungan seperti ini reaksi hidrolisis dan asidolisis serta pelindian (leaching) terpacu kuat (Notohadiprawiro, 1986). Hal ini menyebabkan pH rendah, kelarutan aluminium (Al) tinggi, kejenuhan basa rendah, kandungan fosfor (P) rendah, kandungan bahan organik rendah (Notohadiprawiro, 1986; Prasetyo dan Suriadikarta, 2006), kapasitas tukar kation (KT) rendah, kandungan N dan basa-basa rendah (Adiningsih dan Mulyadi, 1993). Selain itu tanah Ultisol memiliki daya simpan air yang terbatas serta bahan organik terdapat pada lapisan permukaan yang tipis dan merosot tajam ke arah bawah tubuh tanah (Notohadiprawiro, 1986).

Kandungan hara yang rendah pada tanah Ultisol menurut Prasetyo dan Suriadikarta (2006)

disebabkan oleh pencucian basa berlangsung intensif, sedangkan kandungan bahan organik rendah karena proses dekomposisi berjalan cepat dan sebagian terbawa erosi. Pada tanah Ultisol yang mempunyai horizon kandik, kesuburan alaminya hanya bergantung pada bahan organik di lapisan atas. Dominasi kaolinit pada tanah ini tidak memberi kontribusi pada kapasitas tukar kation tanah, sehingga kapasitas tukar kation hanya bergantung pada kandungan bahan organik dan fraksi liat (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Keterbatasan kesuburan tanah Ultisol dapat diperbaiki dengan penambahan bahan organik (Sutarta *et al.*, 2003).

Bahan organik berfungsi dalam meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan agregasi tanah, memperbaiki aerasi dan perkolasi, serta membuat struktur tanah menjadi lebih remah dan mudah diolah. Selain itu bahan organik tanah melalui fraksi-fraksinya mempunyai pengaruh nyata terhadap pergerakan dan pencucian hara. Asam fulvat berkorelasi positif dan nyata dengan kadar dan jumlah ion yang tercuci, sedangkan asam humat berkorelasi negatif dengan kadar dan jumlah ion yang tercuci (Subowo *et al.* 1990). Meningkatkan bahan organik tanah dengan sendirinya meningkatkan kadar N, S, dan P karena lebih dari 98% N, 60-95% S dan 25-60% P berada dalam kombinasi organik (Schroeder, 1984)

Pengaruh pemberian bahan organik ke dalam tanah sangat ditentukan oleh macam bahan organik, kuantitas, lama waktu inkubasi dan cara pemberiannya (White dan Ayoub, 1983). Macam bahan organik yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda terhadap perilaku fisika, kimia maupun biologi tanah. Penambahan bahan organik dengan C/N tinggi dapat mendorong pembiakan dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah (Hsech dan Hsech, 1990). Akan tetapi jika penambahan bahan organik dengan C/N rendah, maka kesuburan tanah lebih cepat meningkat, karena bahan organik tersebut lebih mudah didekomposisi, sehingga lebih cepat menyediakan hara bagi tanaman dan

mengurangi immobilisasi hara (Stevenson, 1982).

Salah satu bahan yang dapat digunakan untuk meningkatkan kandungan bahan organik tanah adalah kompos tandan kosong kelapa sawit (tankos). Tankos mudah diperoleh dan ketersediaannya melimpah di daerah-daerah yang mempunyai perkebunan kelapa sawit yang cukup luas. Tankos merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan tandan buah segar. Selain tankos, juga dihasilkan serat dan cangkang (Abner *et al.*, 2010). Darnoko dan Sutarta (2006) mengemukakan pabrik kelapa sawit (PKS) dengan kapasitas 60 ton/jam dapat mengolah tandan buah segar (TBS) hingga 1000 ton/hari. Dari pengolahan TBS akan dihasilkan limbah antara lain berupa 23% tankos; 6,5% cangkang dan 13% serat (Departemen Pertanian, 2006).

Pada perkebunan kelapa sawit, tankos ada yang dimanfaatkan langsung sebagai mulsa, dibakar dalam insinerator dan ada yang melakukan pengomposan. Kompos tankos memiliki beberapa sifat yang menguntungkan antara lain: 1) membantu kelarutan unsur-unsur hara yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman, 2) bersifat homogen dan mengurangi resiko sebagai pembawa hama tanaman, 3) merupakan pupuk yang tidak mudah tercuci oleh air, 4) dapat diaplikasikan pada berbagai musim (Fauzi *et al.*, 2002). Hasil penelitian Ermadani *et al.* (2011) menunjukkan bahwa pemberian kompos tankos dapat meningkatkan pH tanah, kandungan C organik, N total, P tersedia, K-dd dan KTK tanah serta menurunkan kandungan Al-dd tanah

Cangkang dan serat kelapa sawit digunakan sebagai bahan bakar boiler (Borhan *et al.*, 2010). Pembakaran cangkang dan serat pada suhu tinggi (800-1000°C) akan menghasilkan abu yang dikenal dengan abu/kerak boiler (Altwaier *et al.*, 2011). Jumlah abu/kerak boiler yang dihasilkan $\pm 5\%$ dari jumlah bahan yang dibakar, sehingga dari sekitar 10,31 juta ton limbah kelapa sawit, yang terdiri atas 2,06 juta ton cangkang dan 8,25 juta ton serat, diperkirakan menghasilkan ± 516 ribu ton abu boiler (Borhan *et al.*, 2010). Hasil

analisis komposisi kimia yang dilakukan Eliartati *et al.* (2014) menggunakan *X-Ray Fluorescens* (XRF) menunjukkan bahwa abu boiler mengandung SiO₂ 6,06%; Al₂O₃ 2,20%; Fe₂O₃ 2,09%; MnO 0,09%, CaO 8,61%; K₂O 8,41%; P₂O₅ 3,24%, Na₂O 0,17%; MgO 6,9%; SO₃ 767 ppm, ZnO 31 ppm, CuO 316 ppm dan LOI 2,93%.

Berdasarkan komposisi kimianya, abu/kerak boiler dapat digunakan sebagai bahan sumber hara bagi tanaman. Akan tetapi pelepasan unsur hara yang terkandung di dalamnya sangat sulit secara alami, sehingga menjadi kendala dalam pemanfaatannya sebagai sumber hara. Salah satu upaya untuk mempercepat pelepasan hara tersebut adalah dengan cara mencampurkannya dengan kompos, karena kompos mengandung asam humat yang dapat mempercepat pelepasan unsur hara. Hasil penelitian Ahmad (2011) menunjukkan bahwa senyawa humat dapat meningkatkan pelepasan unsur hara dari batuan.

Penambahan abu boiler pada kompos tankos meningkatkan pH kompos, tetapi tidak berpengaruh terhadap kandungan unsur hara kompos (Eliartati *et al.*, 2014). Untuk melihat pengaruh kompos tankos yang telah diperkaya dengan abu boiler pada sifat kimia tanah, maka perlu dilakukan penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kompos tankos yang diperkaya berbagai dosis abu boiler terhadap sifat kimia tanah Ultisol.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium BPTP Riau, Pekanbaru dari bulan April sampai dengan September 2016.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah kompos tankos, abu boiler, tanah Ultisol dan bahan lainnya yang mendukung penelitian. Alat yang digunakan antara lain wadah plastik, shaker, sentrifuse, spectrophotometer, flamephoto-

meter, AAS, timbangan digital dan alat-alat lain yang diperlukan untuk analisis.

Metologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 5 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan yang dimaksud adalah :

- Kontrol: Tanpa kompos
- KA00 : Kompos tankos diperkaya 0% abu *boiler*
- KA05 : Kompos tankos diperkaya 5% abu *boiler*
- KA10 : Kompos tankos diperkaya 10% abu *boiler*
- KA20 : Kompos tankos diperkaya 20% abu *boiler*

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan kompos tankos diperkaya abu boiler.

Kompos tankos diberi perlakuan abu *boiler* dengan dosis 0% (KA00), 5% (KA05), 10% (KA10) dan 20% (KA20) dari berat kering mutlak (BKM) kompos. Sebelum digunakan abu *boiler* digiling dan diayak 500 μm (32 mesh). Komposisi kimia kompos tandan kosong kelapa sawit dan abu *boiler* disajikan pada Tabel 1 dan 2. Kedua bahan diaduk secara merata dan disiram air sampai kompos lembab, kemudian diinkubasi selama 2 minggu.

Tabel 1. Komposisi kimia kompos tandan kosong kelapa sawit.

Parameter	Jumlah
pH	7,60
C	23,92
N	1,63
C/N	14,08
P (%)	0,70
K (%)	0,91
Na (%)	0,19
Ca (%)	1,15
Mg (%)	0,54
Fe (%)	0,27
Mn (ppm)	112,56
Cu (ppm)	37,38
Zn (ppm)	85,63
Asam humat (%)	5,23

Sumber : Eliartati *et al.*, 2014

Tabel 2. Komposisi kimia abu boiler

Senyawa	Jumlah
SiO ₂ (%)	65,06
TiO ₂ (%)	0,11
Al ₂ O ₃ (%)	2,20
Fe ₂ O ₃ (%)	2,09
MnO (%)	0,09
CaO (%)	8,61
MgO (%)	6,90
Na ₂ O (%)	0,17
K ₂ O (%)	8,41
P ₂ O ₅ (%)	3,24
SO ₃ (ppm)	767,00
ZnO (ppm)	31,00
CuO (ppm)	316,00
SrO (ppm)	73,00
Cr ₂ O ₃ (ppm)	200,00
Rb ₂ O (ppm)	373,00
LOI (%)	2,93

Sumber : Eliartati *et al.*, 2014

Pemberian perlakuan kompos diperkaya abu boiler pada tanah.

Permukaan tanah di lapangan dibersihkan dari sisa tanaman dan diambil sampai kedalaman 20 cm. Pengambilan tanah dilakukan secara komposit. Tanah dikeringudarkan, dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 5 mm. Tanah ditimbang 1 kg berat kering udara (BKU) dan diberi perlakuan kompos tankos yang telah diperkaya dengan berbagai dosis abu *boiler*, masing-masing sebanyak 250 gr (20% dari berat tanah). Tanah dan kompos diaduk sampai tercampur secara merata, dimasukan dalam wadah plastik. Tanah disiram air sampai kondisi lembab dan ditutup dengan plastik untuk mengurangi kehilangan air. Tanah diinkubasi selama 1 (satu) bulan.

Analisis Kimia Tanah.

Timbang 200 gr tanah yang telah diberi perlakuan kompos diperkaya abu boiler, dikeringanginkan, dihaluskan dan diayak dengan ayakan 2 mm. Selanjutnya akan digunakan untuk analisis kimia tanah. Jenis dan metode analisis tanah yang digunakan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jenis dan metode analisis tanah

Jenis Analisis	Metode
pH H ₂ O	Elektoda gelas
C-organik	Walkley and Black
P tersedia	Bray 1, pengukuran dengan <i>spectrophotometer</i>
K-dd	NH ₄ OAc 1 N pH 7.0, pengukuran dengan <i>flamephotometer</i>
Ca-dd	NH ₄ OAc 1 N pH 7.0, pengukuran dengan AAS
Mg-dd	NH ₄ OAc 1 N pH 7.0, pengukuran dengan AAS

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati adalah pH, C organik, P tersedia, K dapat dipertukarkan (dd), Ca-dd dan Mg-dd.

Tabel 4. Kemasaman (pH) tanah, kandungan C-organik, P-tersedia dan kation-kation dapat dipertukarkan dalam tanah satu bulan setelah diberi perlakuan kompos tankos diperkaya abu *boiler*

Perlakuan	pH	C Org (%)	P tersedia (ppm)	K-dd (me/100g)	Ca-dd (me/100g)	Mg-dd (me/100g)
Kontrol	5.30 d	0.98 b	12.74 b	0.26 c	0.56 c	0.13 d
KA00	6.37 c	1.34 a	34.35 a	1.10 b	3.57 b	1.44 c
KA05	6.57 b	1.40 a	39.25 a	1.03 b	4.47 ab	1.77 b
KA10	6.67 ab	1.45 a	35.66 a	1.25 ab	4.98 a	1.94 ab
KA20	6.80 a	1.46 a	33.43 a	1.47 a	5.63 a	2.21 a

Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf kecil yang sama, tidak berbeda nyata menurut Duncan Multiple Range Test pada taraf nyata 5%

Ket. : Kontrol = tanpa perlakuan, KA00 = kompos tankos, KA05 = kompos tankos + abu *boiler* dosis 5 %, KA10 = kompos tankos + abu *boiler* dosis 10% dan KA20 = kompos tankos + abu *boiler* dosis 20%

Sumber : Diolah dari data primer

Reaksi Tanah (pH)

Pada Tabel 4 terlihat bahwa pemberian kompos tankos berpengaruh nyata terhadap kemasaman (pH) tanah. Terlihat adanya kecenderungan peningkatan pH tanah sejalan dengan peningkatan dosis abu boiler yang ditambahkan pada kompos tankos. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Ermadani *et al.*, (2011); Hayat dan Andayani (2104); Alibasyah (2016) menunjukkan bahwa pemberian kompos dapat meningkatkan pH tanah.

Peningkatan pH tanah diduga akibat terjadinya peningkatan kandungan C organik tanah. Kandungan C organik ini identik dengan kandungan bahan organik tanah. Proses dekomposisi bahan organik menghasilkan asam-

Analisis Data

Data pengamatan dianalisis secara statistika menggunakan *Analisis of Variance* (ANOVA) dengan uji F pada taraf nyata 5%. Jika perlakuan berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji lanjutan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh kompos tankos diperkaya berbagai dosis abu *boiler* terhadap beberapa sifat kimia tanah ultisol dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

asam organik yang dapat membentuk senyawa Al-organik, sehingga menurunkan Al-dd dan Al dalam larutan tanah (Haynes dan Mokolobate, 2001). Menurut Tan (1998) asam humat merupakan bagian dari bahan terhumifikasi yang larut dalam basa dan tidak larut dalam asam. Asam humat mempunyai gugus fungsional yang mengandung O, yaitu COOH (karboksil), -OH (fenolik) dan C=O (karbonil) (Kononova, 1966). Gugus fungsional karboksil dan OH-fenolik merupakan sumber muatan negatif pada asam humat, sehingga mempunyai peranan penting dalam proses jerapan, pertukaran kation, pembentukan kompleks dan khelat (Tan, 2003). Gugus karboksil dan OH fenolik akan menetralkan kemasaman tanah. Sembiring *et*

al., (2015) menyatakan bahwa pemberian asam humat dapat meningkatkan pH tanah dan menurunkan kandungan Al-dd tanah.

Peningkatan pH tanah berkaitan dengan terjadinya peningkatan kandungan Ca dan Mg tanah. Ionisasi basa-basa tersebut akan menghasilkan ion OH⁻. Ion OH⁻ akan menetralkan ion H⁺ yang merupakan sumber kemasaman tanah. Selain itu peningkatan pH juga dapat disebabkan proses amonifikasi residu N dalam tanah (Haynes dan Mokolobate, 2001).

C Organik Tanah

Pemberian kompos diperkaya abu boiler berpengaruh nyata terhadap kandungan C organik tanah. Sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ermadani *et al.* (2011) dan Alibasyah (2016). Hasil penelitian Alibasyah (2019) menunjukkan bahwa pemberian kompos sebanyak 15 ton/ha mampu meningkatkan kandungan C organik tanah dari 1,33% menjadi 1,66% (naik sebesar 24,8%). Sementara hasil penelitian Ermadani *et al.* (2011) menunjukkan bahwa pemberian kompos tandan kosong kelapa sawit dengan dosis 15 ton/ha mampu menaikkan kandungan C organik tanah setelah panen tanaman pertama dari 1,79% menjadi 5,81% (naik sebesar 224,6%). Peningkatan kandungan C organik disebabkan adanya penambahan dari kompos yang diaplikasikan, karena kompos merupakan salah satu sumber bahan organik tanah.

Akan tetapi penambahan berbagai dosis abu boiler pada kompos tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan C organik tanah. Walaupun demikian secara angka-angka terjadi peningkatan kandungan C organik tanah sejalan dengan peningkatan dosis abu boiler yang ditambahkan pada kompos. Dengan meningkatnya dosis abu boiler yang ditambahkan pada kompos, maka kandungan C dalam kompos juga meningkat.

Unsur Hara Makro (P, K, Ca dan Mg) Tanah

Pada Tabel 4 terlihat pemberian kompos tankos diperkaya berbagai dosis abu boiler berpengaruh nyata terhadap kandungan unsur hara makro tanah (P tersedia, K-dd, Ca-dd dan Mg-dd). Zai *et al.* (20018) mengemukakan bahwa proses dekomposisi kompos oleh mikroorganisme membebaskan unsur hara dan meningkatkan penyerapan P dan K oleh tanaman. Peningkatan kandungan P juga disebabkan oleh pembentukan senyawa kompleks Al oleh senyawa-senyawa organik hasil dekomposisi yang menyebabkan penurunan kandungan Al-dd dan mengurangi adsorpsi P oleh Al (Haynes dan Mokolobate, 2001). Mohamaddi *et al.* (2009) menambahkan bahwa peningkatan ketersediaan P juga disebabkan oleh asam-asam organik dan senyawa-senyawa organik terlarut lainnya mampu bersaing dengan P untuk tapak jerapan dan bahkan dapat menyelimuti tapak jerapan dan tapak endapan. Dengan demikian P yang terjerap pada koloid tanah akan lepas dan digantikan oleh asam-asam organik dan senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam kompos.

Selain itu peningkatan kandungan unsur hara makro ini cenderung sejalan dengan peningkatan dosis abu boiler yang ditambahkan pada kompos. Peningkatan kandungan unsur hara makro tanah berasal dari pelepasan unsur hara yang terdapat dalam kompos dan abu boiler. Penyumbang terbesar terhadap kandungan ke-empat unsur hara ini diduga berasal dari abu boiler. Dimana kandungan ke-empat unsur hara ini dalam abu boiler cukup tinggi seperti yang terlihat pada hasil penelitian Eliartati *et al.* (2014) menunjukkan bahwa abu boiler mengandung 3,24% P₂O₅, 8,41% K₂O, 8,61% CaO, dan 6,9% MgO sedangkan kandungannya dalam kompos adalah 0,19% P, 0,13% K, 1,15% Ca dan 0,20% Mg.

Penelitian ini mendukung hasil penelitian yang dilakukan oleh Ermadani *et al.* (2011) yang menunjukkan bahwa pemberian kompos tandan kosong kelapa sawit dapat menaikkan kandungan P tersedia dan K dapat dipertukarkan. Pemberian kompos tankos

sebanyak 20 ton/ha mampu menaikkan P tersedia dari 5,27 ppm menjadi 8,05 ppm dan K-dd meningkat dari 0,16 me/100 g menjadi 0,26 me/100 g.

KESIMPULAN

Kompos diperkaya berbagai dosis abu boiler yang diaplikasikan pada tanah Ultisol memberikan pengaruh yang nyata terhadap sifat kimia tanah, yaitu terjadinya peningkatan pH tanah serta kandungan C organik, P tersedia dan basa-basa tanah sejalan dengan peningkatan dosis abu boiler yang ditambahkan pada kompos tankos.

DAFTAR PUSTAKA

- Abner, J.S, J.L. Burden and A.L. Foster. 2010. Economic benefits of using aerated bunkers to produce consistent high quality compost from palm oil mill by-products. *Transforming Oil Palm Industri : Product Development and Process Technology. Proceedings International Oil Palm Conference 2010*; Jogja Expo Center, Yogyakarta, Indonesia, 1-3 June 2010. IOPC. hlm 251-261.
- Adiningsih, J.S dan Mulyadi. 1993. Alternatif teknik rehabilitasi dan pemanfaatan lahan alang-alang. hlm. 29-50. *Dalam S. Sukmana, Suwardjo, J.S. Adiningsih, H. Subagjo, H. Suhardjo dan Y. Prawirasumantri*(Ed). Pemanfaatan lahan alang- alang untuk usahatani berkelanjutan. Prosiding Seminar Lahan Alang-alang. Bogor. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.
- Ahmad, A. 2011. Meningkatkan pelepasan unsur hara dari batuan beku dengan senyawa humat. [tesis]. Sekolah Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Alibasyah, R. 2016. Perubahan beberapa sifat fisika dan kimia Ultisol akibat pemberian pupuk kompos dan kapur dolomit pada lahan berteras. *J. Floratek*, 11(1) : 75 – 8.
- Altwair, N.M., M.A.M. Johari and S.F.S Hashim. 2011. Influence of calcination temperatur on characteristics and pozzolanic activity of palm oil waste ash. *Aust. J. Basic & Appl. Sci.*, 5(11) : 1010-1018.
- Borhan, M.N., A. Ismail and R.A. Rahmat. 2010. Evaluation of palm oil fuel ash on asphalt mixtures. *Aust. J. Basic & Appl. Sci.*, 4(10) : 5456 - 5463.
- Darnoko dan E.S. Sutarta. 2006. Pabrik kompos di pabrik sawit. Dimuat pada Tabloit Sinar Tani, 9 Agustus 2006. <http://www.litbang.deptan.go.id/artikel/one/129/pdf/Pabrik%20Kompos%20di%20Pabrik%20Sawit.pdf>. [21 Jan 2012].
- Departemen Pertanian. 2006. *Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit*. Subdit Pengelolaan, Dit. Pengolahan Hasil Pertanian, Ditjen PPHP, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Eliartati, Iskandar dan B. Sumawinata. 2014. Pengaruh penambahan abu boiler terhadap kualitas kompos tandan kosong kelapa sawit. *Agrica Ekstensia*, 8(1) : 26 - 38.
- Ermadani, A. Muzar 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) : 11 - 18.
- Fauzi, Y., Y.E. Widyastuti, I. Satyawibawa dan Hartono. 2002. Kelapa Sawit. PT. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Hayat, E.S dan S. Andayani. 2014. Pengelolaan limbah tandan kosong kelapa sawit dan aplikasi biomassa *Chromolaena odorata* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi serta sifat tanah Sulfaquent. *Jurnal Tek. Pengelolaan Limbah*, 17(2) : 44 – 51.
- 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. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 59 : 47 - 63.
- Hsech, S.C. dan F.C. Hsich. 1990. *The Us Of Organic Matter in Crop Production*. Food and Fertilizer Technology Center. ASPAC. Taipei. Taiwan. 6 p
- Kononova, M. 1966. *Soil Organic Matter: Its Nature, Its Role in Soil Formation and in soil Fertility*. Pergamon Press. London.
- Mohammadi, S., M. Kalbasi dan H. Shariatmadari. 2009. Cumulative and residual effects of organic fertilizer application on selected soil properties, water soluble P, olsen-P and P sorption index. *J. Agr. Sci. Tech*. 11: 487-497
- Notohadiprawiro, T. 1986. Ultisol, fakta dan implikasinya. *Bulletin Pusat Penelitian Marihat*, 6. Repro : Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada (2006).
- Prasetyo, B.H. dan D.A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik, potensi dan teknologi pengelolaan tanah Ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering berkelanjutan di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(2) : 39 – 46.

- Schroeder, D. 1984. *Soils, Facts and Concepts*. Int. Potash Inst. Bern. 140 hal.
- Sembiring, J.V., Nelvia dan A.E. Yulia. 2015. Pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan utama pada medium sub soil Ultisol yang diberi asam humat dan kompos tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Agroteknologi*, 6(1) : 25 – 32.
- Soeprattohardjo, M. 1978. *Jenis-jenis Tanah di Indonesia*. Lembaga Penelitian Tanah. Bogor.
- Stevenson, F.J. 1982 . *Humus Chemistry, Genesis, Composition Reactions*. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley and Sons. New York.
- Subagyo, H., N. Suharta dan A.B. Siswanto. 2004. Tanah-tanah pertanian di Indonesia. hlm. 21–66. *Dalam* A. Adimihardja, L.I. Amien, F. Agus, D. Djaenudin (Ed.). Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Subowo, J. Subaga dan M. Sudjadi. 1990. Pengaruh bahan organik terhadap pencucian hara tanah Ultisol Rangkasbitung, Jawa Barat. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk*, 9: 26–31.
- Sutarta, E.S, S. Rahutomo, W. Darmosarkoro dan Winarna. 2003. Peranan unsur hara dan sumber hara pada tanaman kelapa sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan. hal. 79 – 90.
- Tan, K.H. 1998. *Principles of Soil Chemistry*. Third Edition, Revised and Expand. Marcel Dekker Inc. New York. USA.
- Tan, K.H. 2003. *Humic Matter in Soil and the Environment : Principles and Controversies*. Marcel Dekker Inc. New York. USA.
- White, R.E. dan A.T. Ayoub. 1983. Phosphorus and pH relationship in acid soil with surface. *Add. Incorporated Organic Amandements Plant and Soil*, 107 : 273-278.
- Zai, A.K.E., T. Horiuchi dan T. Matsui. 2008. Effects of compost and green manure of pea and their combinations with chicken manure and rapeseed oil residue on soil fertility and nutrient uptake in wheat-rice cropping system. *Afr. J. Agric. Res.*, 3(9), pp. 633-639.

