PENGUNAAN *COAL FLY ASH* (CFA) DAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) UNTUK PERBAIKAN TANAH ULTISOL DAN SERAPAN LOGAM BERAT

Aryo Candra Nugroho, Amir Hamzah dan Hesti Triana Soelistriari

Fakultas Pertanian, Universitas Tribhuwana Tungadewi, Indonesia

Abstract

Ultisol is the main type of land in Kalimantan, Sumatra, Papua and Sulawesi, with an area of almost 45.8 million ha or 25% of the land area of Indonesia. Ultisol has a relatively high acidity (average pH < 4.5), high Al saturation, reaching > 60%. The efforts to increase the fertility of ultisol soils such as the addition of organic materials such as Empty Oil Palm Bunches (OPEFB) and CFA (Coal Fly Ash) or Coal Fly Ash (CFA) improve the physical properties of Ultisol soil. Use of CFA that exceeds the limit can cause pollution especially copper (Cu) and lead (Pb). One way to recover soil from heavy metal contaminants with Phytoremediation technology, mustard (*Brassica juncea* L.) is one of the plants that easily absorb heavy metals so that it can be used as a Phytoremediation agent. The aims of this research to determine the use of CFA and OPEFB to fix up the ultisol soil and heavy metal content absorbed by plants. This study used Completely Randomized Design with 3 replications. The results showed that using of CFA and OPEFB can increase the available P so that it can increase the growth of mustard plants and absorption of heavy metals. By using the doses of 54.54g CFA and 18.18g OPEFB (C3K1) can increase P- available at 181.67 mg kg⁻¹. The uptake of heavy metals Cu and Pb in mustard plants is very high. The highest uptake in Cu reached 192.03 mg kg⁻¹, whereas in Pb it was 80 mg kg⁻¹. This number is still very high, so it is dangerous if consumed.

Keywords: : Coal Fly Ash (CFA); Empty Oil Palm Bunches (OPEFB); heavy metals; mustard; ultisols.

Pendahuluan

Ultisol merupakan jenis tanah yang tersebar luas, dengan luasan hampir 45,8 juta ha atau sekitar 25% dari luas daratan Indonesia. Pada umumnya ultisol memiliki produktivitas rendah, karena pH rata-rata < 4,5, serta kejenuhan Al tinggi (> 60%). Ultisol juga disinyalir mempunyai kandungan liat yang tinggi yaitu > 70% (Yulnafatmawita *et al.*, 2014). Dari luasan diatas jika dikelola dengan baik akan berpotensi sebagai areal pertanian untuk

mendukung produktivitas pangan nasional. Upaya perbaikan ultisol dapat dilakukan dengan berbagai cara, termasuk pemberian bahan organik. Bahan organik yang diberikan untuk memperbaiki tanah ultisol jenisnya bermacam-macam. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai sumber bahan organik merupakan potensi yang dapat digunakan karena ketersediaannya cukup melimpah.

Penelitian penggunaan TKKS sebenarnya sudah banyak dilakukan.

Ariani (2009), penggunaan 250 kg TKKS/ha pada tanaman cabai dapat meningkatkan produksi cabai > 50%. Susanti dan Puspita (2017), yang menggunakan tichokompos TKKS 20 ton ha⁻¹ pada bawang merah varietas bima dapat meningkatkan bobot segar bawang sampai sebesar 128,98%. Hal ini menunjukan bahwa penggunaan TKKS sebagai sumber bahan organik untuk perbaikan tanah sangat efektif.

Pada sisi lain abu terbang batubara atau *Coal Fly Ash* (CFA) yang merupakan campuran mineral amorpos ferroaluminosilikat yang berasal dari pembakaran batubara juga bisa digunakan sebagai alternatif untuk memperbaiki tanah ultisol. Penelitian yang dilakukan oleh Handayanto *et al.* (2017), menunjukan bahwa penggunaan CFA 80 ton/ha yang dikombinasikan dengan kompos TKKS 40 ton/ha dapat meningkatkan P tersedia. Namun dosis CFA harus dilakukan secara hati-hati karena dapat menyebabkan pencemaran logam berat terutama tembaga (Cu) dan Timbal (Pb). Kelebihan logam berat di dalam tanah akan berpengaruh negatif kesehatan manusia (Suhendrayatna, 2001). Saat ini pengendalian pencemaran tanah dapat dilakukan dengan baik secara fisik, kimia maupun biologi. Terknologi yang paling murah adalah secara biologi dengan menggunakan tanaman. Metode ini dikenal dengan nama fitoremediasi dengan tujuan menyerap logam berat. Salah satu jenis tanaman yang sering dikonsumsi tetapi masuk dalam kategori tanaman akumulator logam berat adalah sawi, selain beberapa tanaman sayuran lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar logam berat yang diserap tanaman sawi setelah pemberian TKKS dan CFA.

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kebun percobaan Universitas tribhuwana tunggadewi, dari pada bulan April 2019 hingga Agustus 2019. Bahan yang digunakan adalah tanaman sawi, tanah ultisol, CFA (*Coal Fly Ash*), dan TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit). Peralatan yang digunakan antara lain : cangkul, meteran, buku, bulpen, penggaris, gembor, kamera, timbangan digital, pot plastik, plastik strip.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktor tunggal, terdiri atas 3 ulangan dengan 7 perlakuan sebagai berikut :

C₀ K₀: Kontrol (tanpa CFA dan TKKS)

C₁ K₁: 18,18g CFA + 18,18g TKKS

C₁ K₂: 18,18g CFA + 36,36g TKKS

C₂ K₁: 36,36g CFA + 18,18g TKKS

C₂ K₂: 36,36g CFA + 36,36g TKKS

C₃ K₁: 54,54g CFA + 18,18g TKKS

C₃ K₂: 54,54g CFA + 36,36g TKKS

Pengamatan pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) meliputi Tinggi Tanaman (cm), Jumlah Daun (helai), Berat Segar Tanaman dan Berat Kering Tanaman (g). Parameter pengamatan tanaman dilakukan langsung di lapangan selama pertumbuhan sampai panen, sedangkan analisis logam berat pada tanah dan tanaman dilakukan di laboratorium tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Tanah yang akan dianalisa terlebih dulu dikering anginkan, selanjutnya diayak dan diambil 10 g untuk dianalisa Cu dan Pb dengan menggunakan AAS. Sedangkan untuk tanaman terlebih dulu dioven pada suhu 70°C selama 48 jam selanjutnya dianalisis.

Selain logam berat yang dianalisis, juga dilakukan analisis P tersedia. Tanah yang dianalisis P tersedia berasal dari tanah yang digunakan

sebagai media percobaan. Tanah yang dianalisis terlebih dulu dikeringkan dan dihaluskan selanjutnya dianalisa P tersedia. Tanah yang akan dianalisa diambil sebanyak 10 gram per sampel atau perpot percobaan. Parameter P tersedia tanah mewakili jumlah P tersedia pada tanah. Pengukuran P dilakukan dengan metode Bray-1 dan diukur dengan menggunakan Spektrofotometer. Data hasil pengamatan, selanjutnya dilakukan analisis varian dan diskriptif untuk melihat perbedaan antar perlakuan.

Hasil dan Pembahasan

Pertumbuhan Tanaman

Hasil pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun dan berat, berat

segar tanaman, serta berat kering tanaman dapat disajikan pada gambar dibawah ini. Hasil pengamatan tinggi tanaman menunjukkan bahwa pada umur tanaman 9 minggu setelah tanam (MST) berkisar antara 8,28-14,82. Hal ini terlihat dari perlakuan penggunaan C2K1 (36,36g CFA + 18,18g TKKS) memberikan pengaruh pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih tinggi dibanding perlakuan lain. Sebaliknya terendah pada perlakuan C0K0 (kontrol) yaitu sebesar 8,28 cm (Gambar 1a). Perlakuan C2K1 juga memberikan pengaruh pertumbuhan jumlah daun lebih baik yaitu 4,62 helai, sedangkan terendah 2,09 helai pada perlakuan tanpa CFA dan TKKS (Gambar 1b).

Gambar 1. Analisa pertumbuhan tanaman sawi yang ditunjukkan dengan rerata tinggi tanaman (a), rerata jumlah daun (b)

Gambar 2. Analisa hasil tanaman sawi yang ditunjukkan dengan rerata berat segar (a), rerata berat kering (b)

Hal ini sedikit berbeda dengan parameter berat segar tanaman dan berat kering tanaman. Pada parameter ini perlakuan C3K2 merupakan perlakuan terbaik. Hal ini terlihat dari perbandingan antar perlakuan yang diamati. Perlakuan C3K2 pada berat segar tanaman memberikan respon tertinggi yaitu sebesar 22,50g, sedangkan berat kering tanaman sebesar 5,55g. Perlakuan terendah terdapat pada perlakuan C0K0 baik pada parameter berat segar tanaman maupun berat kering tanaman. Kedua parameter tersebut masing-masing sebesar 3,78 g dan 0,5 g (Gambar 2).

Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan CFA dan TKKS mampu memberikan pertumbuhan vegetatif tanaman sawi. Hal ini menunjukkan bahwa CFA dan TKKS berpotensi untuk memperbaiki tanah ultisol. Penggunaan bahan organik ke tanah terutama TKKS akan mempengaruhi jumlah mikroba di dalam tanah sehingga memperbaiki kualitas tanah sehingga berdampak pada pertumbuhan tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rosenani et al. (2010) yang menyatakan bahwa aplikasi TKKS secara terus menerus dapat meningkatkan KTK tanah. Hal senada juga diungkapkan oleh Suntoro (2003) yang menyatakan bahwa penambahan bahan organik akan meningkatkan muatan negatif tanah sehingga akan meningkatkan KTK tanah. Keadaan yang demikian akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Peningkatan bahan organik tanah akan dapat memperbaiki struktur tanah. Semakin baik tanah menahan akan berdampak positif terhadap pertumbuhan dan penyerapan unsur hara oleh tanaman. Tanaman yang diberi perlakuan CFA dan TKKS menunjukkan respon pertumbuhan lebih baik dibandingkan tanpa perlakuan atau kontrol. Perbedaan respon tinggi dan

jumlah daun tanaman sawi terhadap perlakuan yang diberikan menunjukkan bahwa tanaman sawi lebih bisa menerima terhadap keadaan tanah ultisol yang diberi perlakuan CFA dan TKKS. Penggunaan TKKS nyata meningkatkan pH tanah, C-organik, Ca tertukarkan, Mg-tertukarkan dan KTK tanah. Aplikasi TKKS secara nyata dapat mensubstitusi pupuk MoP hingga 25% dengan peningkatan produksi mencapai 11,7% (Ginting *et al*, 2011).

Pertumbuhan tanaman vegetatif tanaman seperti daun dapat dijadikan sebagai indikator untuk melihat performa tanaman. Indikator ini menunjukkan keadaan kecukupan hara pada setiap tanaman. Pemberian CFA dan TKKS juga berpengaruh terhadap performa tanaman sawi. Meskipun pada media tanaman memiliki kandungan P tinggi namun pada pertumbuhan vegetatif cenderung membutuhkan N tinggi untuk mendukung pertumbuhan tanaman sawi. Kandungan N pada CFA yang hanya 0,5% sehingga perlu input N dari luar. Ekowati dan Nasir (2011) menyatakan bahwa tanaman membutuhkan unsur hara dalam bentuk ion, baik dalam bentuk anion maupun kation kecuali unsur C, H dan O. Sehingga diperlukan air untuk mengubah unsur hara menjadi larutan yang berisi ion agar dapat diserap tanaman. Unsur yang banyak diperlukan dalam pertumbuhan tanaman adalah nitrogen karena berfungsi sebagai sintesis klorofil dalam proses metabolisme. Juga sebagai penyusun senyawa organik seperti asam amino, protein dan asam nukleat (Goh dan Hardter, 2010 ; Albari et al, 2018). Made (2010), kecukupan hara di dalam tanah akan membantu tanaman dalam proses perkembangan pada fase vegetatif. Nitrogen misalnya dibutuhkan pada jaringan meristem pada saat pembelahan sel, pembesaran sel dan

perpanjangan sel untuk membentuk protoplasma dan dinding sel yang baru.

P-tersedia dan Serapan Logam Berat Cu dan Pb.

Jumlah rata-rata P tersedia pada tanah ultisol dalam penelitian ini berkisar antara 141,65-181,67 mg kg⁻¹. P tersedia tertinggi terdapat pada C3K1, sedangkan hasil terendah terdapat pada C1K2 dengan perlakuan 18,18g CFA dan 36,36g TKKS (Gambar 5). Menurut Prasetyo dan Suriadikarta (2006) kekurangan P pada tanah Ultisol dapat disebabkan oleh kandungan P dari bahan induk tanah yang memang rendah, atau kandungan P sebenarnya sudah tinggi, namun tidak tersedia untuk tanaman

karena terjerap oleh unsur lain seperti Al dan Fe. Penambahan TKKS mampu meningkatkan ketersediaan P karena adanya proses dekomposisi. Pemberian TKKS dapat meningkatkan P tersedia karena adanya proses dekomposisi dan mineralisasi pada saat proses Pengomposan sehingga meningkatkan adsorpsi P. Pemberian abu terbang batubara dapat meningkatkan ketersediaan P karena silikat dapat menggantikan posisi P yang dijerap, sehingga anion P dikeluarkan ke dalam larutan tanah kemudian dijerap oleh silikat. Pemberian silikat dapat meningkatkan kadar P tanah menjadi bentuk yang lebih tersedia bagi tanaman.

Gambar 3. Jumlah rata-rata P tersedia pada tanah ultisol

Gambar 4. Serapan logam berat pada tanaman sawi, rerata kandungan Cu (a), rerata kandungan Pb (b)

P di dalam tanah pada umumnya bentuk tidak tersedia untuk tanaman, setelah termineralisasi barulah dimanfaatkan oleh tanaman. P yang diserap tanaman dalam bentuk ion orthofosfat dalam bentuk H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} namun jumlahnya tergantung pada pH tanah. Tanah yang memiliki keasaman tinggi banyak ditemui dalam bentuk H_2PO_4^- , sedangkan pada tanah alkalis dijumpai dalam bentuk PO_4^{3-} . Jika pH turun sampai masam atau cukup masam ino yang dijumpai berbentuk HPO_4^- dan H_2PO_4^- (Ikbali, 2017).

Pada penelitian ini terlihat hampir semua perlakuan memiliki kandungan P-tersebut yang relatif tinggi. Hal ini diduga akibat pemberian TKKS sebagai sumber bahan organik sekaligus memperbaiki pH tanah sehingga mudah tersedia. Adirinal *et al.*, (2012), semakin baiknya kondisi hara pada tanah terutama P-tersebut ini diduga karena meningkatnya pH tanahnya, disamping itu P yang relatif tinggi disebabkan karena penggunaan pupuk buatan. Namun Yang *et al.*, (2013), fosfor merupakan unsur yang paling terbatas ketersediaannya di daerah tropis karena pelapukan bahan induk berlangsung sangat sedikit.

Sementara kandungan logam berat Cu dan Pb yang tersebap pada tanaman sawi masing-masing untuk Cu antara 21,90 - 192,03 mg kg^{-1} , sedangkan Pb antara 31.43- 80.00 mg kg^{-1} . Angka ini sudah berada diatas nilai ambang batas sehingga perlu diwaspadai. Serapan Cu tertinggi terdapat pada perlakuan C3K1 yaitu sebesar 192,03 mg kg^{-1} , sedangkan terendah pada perlakuan C0K0. Walaupun pada perlakuan C0K0 berada pada angka yang paling rendah tetapi masih berada diatas nilai ambang batas. Batas maksimum logam berat pada sayur seharusnya dibawah 2,0 mg kg^{-1} sesuai

SK Dirjen POM, 1989). Seharusnya kandungan logam berat pada tanaman sawi tidak melebihi dari baku mutu untuk logam berat. Tanaman sawi merupakan tanaman yang sering dikonsumsi masyarakat, apabila terkonsumsi akan mengakibatkan toksik sehingga berdampak negative bagi tubuh. Sumber utama logam berat yang diserap diduga berasal dari abu terbang batu bara. Damayanti (2018), abu batubara dikategorikan sebagai limbah berbahaya. Unsur logam berat yang ditemukan antara lain Mn, Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Co, Hg, Se, V dan As.

Pada penelitian ini terutama pada logam berat timbal (Pb), tertinggi pada perlakuan C3K2 (80 mg kg^{-1}). Konsentrasi timba yang tinggi pada level 100- 1000 mg/kg akan mengakibatkan pengaruh toksik pada proses fotosintesis dan pertumbuhan. Timbal hanya mempengaruhi tanaman bila konsentrasinya tinggi (Charlene, 2004). Batas aman timbal (Pb) menurut European union standard (EU 2002) adalah 0,3 mg/kg . Dengan demikian maka kadar logam berat yang diserap oleh tanaman khususnya Cu dan Pb telah melampaui ambang batas. Tingginya kadar logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) dari tanaman sawi disebabkan karena akumulasi dari hasil dekomposisi TKKS yang belum sempurna menjadi kompos dan CFA. Tingginya konsentrasi serapan logam berat karena tanaman sawi merupakan jenis tanaman dikategorikan sebagai tanaman hiperakumulator. Menurut Soepardi (1983) keberadaan logam-logam berat berkaitan dengan kadar bahan organik di dalam tanah. Adanya bahan organik dalam tanah akan menyebabkan pengkelatan kation-kation logam.

Logam berat Cu dan Pb merupakan unsur logam berat yang tidak dapat terurai oleh proses alam, serta dapat

membahayakan kesehatan manusia. Logam berat merupakan istilah yang digunakan untuk unsur-unsur transisi yang mempunyai massa jenis atom lebih besar dari 6 g/cm³. Merkuri (Hg), timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd) dan stronsium (Sr) adalah contoh logam berat yang berupa kontaminan yang berasal dari luar tanah dan sangat diperhatikan karena berhubungan erat dengan kesehatan manusia, pertanian dan ekotoksikologinya (Alloway, 1995).

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukan bahwa pemberian CFA dan TKKS dapat meningkatkan P tersedia sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi dan penyerapan logam berat. Perlakuan dosis 54,54g CFA dan 18,18g TKKS (C3K1) mampu meningkatkan P-tersedia sebesar 181.67 m kg⁻¹. Serapan logam berat Cu dan Pb pada tanaman sawi sangat tinggi. Serapan tertinggi pada Cu sampai mencapai 192,03 mg kg⁻¹, sedangkan pada Pb sebesar 80 mg kg⁻¹. Angka ini masih sangat tinggi sehingga sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut dengan berbagai formula CFA dan TKKS untuk remediasi tanah tercemar.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih diucapkan kepada Tim Peneliti dari *International Research Centre, Management of Degraded and Mining Land* (IRC-MEDMIND) UB yang telah memfasilitasi penelitian ini.

Daftar Pustaka

Adriana. 2012. Perbaikan Sifat Fisiko Kimia Tanah. J. Solum Vol. 9 (1). Hal 25-32.

Albari J., Supijatno, dan Sudradjat, 2018. Peranan Pupuk Nitrogen dan Fosfor pada Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Belum Menghasilkan Umur Tiga Tahun. Bul. Agrohorti 6(1) : 42-49 (2018)

Alloway, B.J. (1995). Heavy Metal in Soils. 2nd Edition. New York: Blackie Academic and Professional-Chapman and Hall. American Concrete Institute. ACI Committee 226. (1988). Use of Fly Ash in Concrete. Farmington Hills, MI:

Charlena, 2004. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Sayur-sayuran. Falsafah Sains. Program Pascasarjana S3 IPB. Posted tgl 30 Desember 2004. <http://www.google.co.id>.

Damayanti R., 2018. Abu Batubara Dan Pemanfaatannya: Tinjauan Teknis Karakteristik Secara Kimia Dan Toksikologinya. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara Volume 14, Nomor 3, September 2018 : 213 – 231.

Ekowati, Diah dan Mochamad Nasir. 2011. Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Varietas Bisi-2 pada Pasir Reject dan Pasir Asli di Pantai Trisik Kulonprogo (The Growth of Maize Crop (*Zea mays* L.) BISI-2 Variety on Rejected and non Rejected Sand at Pantai Trisik Kulon Progo. J. Manusia dan Lingkungan, Vol. 18, No.3 : 220 – 231.

Ginting E.N., Hidayat F., dan Santoso H., 2011. Substitusi Pupuk MoP Dengan Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Perkebunan Kelapa Sawit Di Ultisol. Jurnal Penelitian

- Kelapa Sawit, Volume 19 No.1: 11 – 21.
- Goh, J.K., Hardter, R. 2010. General Oil Palm Nutrition. International Potash Institute Kassel. Germany.
- Handayanto, E., Nuraini, Y., Ichriani, G.Id., dan Fahrumsyah, 2017. Penggunaan Abu Terbang Batubara Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Meningkatkan Ketersediaan Fosfor Pada Ultisol. Laporan Penelitian Universitas Brawijaya
- Ikkal M., 2017. Meningkatkan ketersediaan P pada tanah ultisol menggunakan batuan fosfat, bahan organik dan mikroba pelarut fosfat. Fakultas pertanian Universitas Hasanuddin Makassar.
- Made Usman. 2010. Respons Berbagai Populasi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) terhadap Pemberian Pupuk Urea. J. Agroland 17 (2) : 138 – 143.
- Prasetyo, B.H. dan Suriadikarta, D.A. 2006. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah Ultisol untuk pengembangan pertanian di Inesia. Jurnal Litbang Pertanian 25(2):39-47.
- Rosenani, A.B., S.Z. Darus, S. Kulaseharan, and N. Jamaluddin. 2010. Effects of ten year application of empty fruit bunches in an oil palm plantation on soil chemical properties. Journal of Springer
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan. Seminar On-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21. 1-14 Februari 2001.
- Susanti D.M., dan Puspita F., (2017). Pemberian trichokompos tandan kosong kelapa sawit terformulasi terhadap pertumbuhan dan hasil tiga varietas bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) di lahan gambut. Jurnal Photon Vol. 7 No. 2, Mei 2017.
<https://dspace.umkt.ac.id//handle/463.2017/537>
- Yang, X., Thor, ton P. E., Ricciuto., D.M., and Post W. P. 2013. The Role of Phosphorus Dynamic In Tropical Forest-A Modeling Study Using CLM-CNP. Biogeosciences Discuss. 10: 14439–14473
- Yulnafatmawita., Detafiano, D., Afner, P. and Adrinal. 2014. Dynamics of physical properties of Ultisol under maize cultivation in wet tropical area. International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology 4 (5): 11-15. `