

LAJU DEKOMPOSISI BERBAGAI BIOMASA KELAPA SAWIT (*ELAEIS GUINEENSIS* JACQ) PADA TANAH LOM BERKLEI DAN LOM BERPASIR

Maharani Subandriya¹⁾, Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, PhD²⁾, Ir. Didik Suprayogo, M.Sc, Ph.D²⁾

¹⁾ Mahasiswa Universitas Brawijaya, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang

²⁾ Dosen Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang

ABSTRACT

One option to maintain soil productivity in oil palm plantation is by returning plant residues into the soil, such as leaf, stem, and empty fruits bunch. Decomposition rate of organic matter depend on its chemical characteristics (C / N ratio organic matter, lignin, and polyphenol). The purpose of this research was to study the decomposition rate of various combinations of oil palm biomass at various zones in oil palm plantations on clay loam and sandy loam soil.

This research was conducted in the oil palm plantation, PT. Astra Agro Lestari TBK, Kumai, Pangkalanbun, Kalimantan in December 2011 to June 2012. There are two treatments were tested, different types of organic matter incorporated into the mesh bag and placed in a different zone on clay loam and sandy loam. Combination of the treatments were arranged according to randomized block design (RBD). Treatment 1, type of oilpalm biomass were: (1) Oil palm trunk as a control (B), (2) oil palm leaf (D), (3) Empty fruit bunch (J), (4) Mixed leaf and fronds (D + P) (weight ratio 1:3), (5) Mixed D + P + J (weight ratio of 1:3:2). Treatmet 2, placement of litter bag were: (1) fertilizer circle, (2) front stack. Measurement of each treatment on each type of soil is repeated 5 times. The decomposition rate was measured from the remaining biomass or the loss of litter weight per unit time of observation at 1, 3, 5, 7 and 9 weeks after placement. The result showed that only types of oil palm biomass effect significantly ($p < 0,05$) on oil palm

biomass loss, no significant ($p > 0,05$) effect of soil texture and zonation on biomass loss are observed. The highest loss of biomass was found in the control treatment (tree trunk) at all time of observation. However, until the end of the research (9 weeks), there weren't any biomass had more than 50% loss of biomass. At week 9, the largest loss of biomass (40%) occurred in the trunk of oil palm biomass application which is significantly different ($p < 0,05$) with other biomass treatment. The rate of dry weight biomass loss until the end of the observation is Trunk > Empty fruit bunch > Mixed leaf and fronds (D + P) > Mixed D + P + J > Leaves. Loss of weight had negative correlation ($p < 0,05$) with polyphenol ($R^2 = 0,87$), wherease loss of weight had weak correlation ($R^2 = 0,27$) with lignin content. Based on the levels of polyphenols were tested, trunk had the lowest polyphenol content (1,78%), then the biomass loss relatively faster ($k = 0,06$) with a half-life time ranging from 14 - 17 weeks. Leaves had slower decomposition rate ($k = 0,035$) with a longer half-life time at 27 weeks. Information from these experimental results indicate that the organic matter management of oil palm plantations on sandy soil can be treated in the same column with the management of the clay soil.

ABSTRAK

Salah satu upaya untuk mempertahankan produktivitas tanah perkebunan kelapa sawit adalah dengan jalan mengembalikan residu produksi ke tanah, berupa pangkasan biomasa daun dan pelepah, serta jangjang kosong. Kecepatan

pelapukan dari bahan organik tersebut bervariasi tergantung dari karakteristik kimianya, yaitu nisbah C/N bahan organik, kadar lignin, dan polifenolnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari laju dekomposisi berbagai kombinasi biomasa kelapa sawit pada berbagai zona dalam perkebunan kelapa sawit pada tanah lom berklei dan lom berpasir.

Percobaan ini dilakukan di lapangan pada bulan Desember 2011 hingga Juni 2012 pada perkebunan kelapa sawit PT. Astra Agro Lestari TBK, Kumai, Pangkalanbun, Kalteng. Ada 2 perlakuan yang diuji yaitu perbedaan jenis biomasa kelapa sawit dan perbedaan zona peletakan biomasa, yang diuji pada tanah loam berklei dan lom berpasir. Kombinasi perlakuan diatur menurut Rancangan Acak Kelompok (RAK), dengan 5x ulangan. Perlakuan 1, jenis biomasa kelapa sawit: (1) Batang sawit sebagai kontrol (B); (2) Daun kelapa sawit (D); (3) Janjang Kosong (J); (4) Campuran daun dan pelepah (D+P); (5) Campuran D+P+J. Kantong seresah ditempatkan di dua zona: (1) Piringan (zona sekeliling pokok yang merupakan tempat yang selalu disiangi yang merupakan tempat pemberian pupuk yang rendah kandungan bahan organik tanahnya), (2) Gawangan mati (zona antar baris pohon yang merupakan tempat penumpukan pangkasan daun yang kaya bahan organik tanah). Studi laju dekomposisi dilakukan dengan mengukur biomasa tersisa atau berat masa yang hilang per satuan waktu yang dilakukan pada minggu ke 1, 3, 5, 7 dan 9 setelah penempatan.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa hanya perlakuan perbedaan jenis biomasa sawit yang berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kehilangan biomasa sawit, sedang perbedaan tekstur tanah dan zonasi tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap kehilangan biomasa. Kehilangan biomasa dari perlakuan kontrol (batang

sawit) terjadi paling besar pada semua waktu pengamatan. Namun demikian hingga akhir percobaan (minggu ke 9) belum ada satu biomasapun yang kehilangannya mencapai 50%, kehilangan masa terbesar (40%) terjadi pada aplikasi biomasa batang sawit yang berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan perlakuan biomasa lainnya. Urutan kecepatan penurunan berat kering biomasa sampai akhir pengamatan adalah Batang > Janjang Kosong > campuran D + P > campuran D + P + J > Daun. Kehilangan berat masa berkorelasi negative dan nyata ($p < 0,05$) dengan kadar polifenol ($R^2 = 0,87$), sedang kehilangan berat masa berkorelasi lemah ($R^2 = 0,27$) dengan kadar lignin. Berdasarkan kadar polifenol biomasa sawit yang diuji, batang sawit menunjukkan kadar polifenol terendah 1,78% maka kehilangan masa relatif lebih cepat ($k = 0,06$) dengan umur paruh berkisar 14 - 17 minggu. Sedangkan daun menunjukkan laju dekomposisi lebih lambat ($k = 0,035$) dengan umur paruh lebih lama yaitu 27 minggu. Informasi dari hasil percobaan ini mengindikasikan bahwa manajemen bahan organik perkebunan sawit pada tanah berpasir dapat diperlakukan sama dengan manajemen pada tanah berklei.

Kata kunci: Dekomposisi, biomassa kelapa sawit, zona piringan dan zona gawangan mati, berklei, berpasir

PENDAHULUAN

Produksi limbah perkebunan kelapa sawit cukup tinggi dan cukup berpotensi untuk perbaikan status bahan organik tanah. Limbah kelapa sawit terdiri dari pelepah hasil pangkasan daun (dengan pelepah), janjang kosong, cangkang, dan limbah cair dari pabrik. Menurut Henson dan Choong (2000) setiap tahunnya kebun kelapa sawit (umur 8-9 tahun) di Indonesia menghasilkan biomasa pangkasan daun rata-rata 6,25 Mg ha⁻¹, tandan kosong 7,63 Mg ha⁻¹ dan akar

rata-rata 4,24 Mg ha⁻¹. Namun demikian upaya pemanfaatan pengolahan hasil limbah kelapa sawit masih terbatas.

Laju dekomposisi bahan organik ditentukan oleh kualitasnya yaitu nisbah C/N, kadar lignin dan polyphenol. Bahan organik dikategorikan berkualitas tinggi apabila nisbah C/N < 25, kadar lignin < 15% dan polyphenol < 3%, sehingga cepat terdekomposisi (Palm dan Sanchez, 1991). Bahan organik yang cepat terdekomposisi bermanfaat sebagai penuplai hara bagi tanaman, sedangkan yang lambat terdekomposisi bermanfaat untuk menutup tanah (Hairiah *et al.*, 2000). Menurut Bardgett (2010), mempertahankan keanekaragaman kualitas seresah pada lahan pertanian penting untuk mempertahankan stabilitas rantai makanan dalam tanah, sehingga dapat mengendalikan mineralisasi N. Harjoni (2012) menambahkan bahwa kontrol komunitas fauna tanah terhadap mineralisasi N ditentukan oleh nisbah C/N sumber daya makanannya dan efisiensi fauna tanah dalam memanfaatkan dan mentransfer N dari makanannya ke kelompok tingkat trofik di atasnya. Jenis tekstur tanah juga berpengaruh pada laju dekomposisi suatu bahan organik. Lahan perkebunan yang partikel tanahnya didominasi oleh pasir mempunyai ciri-ciri antara lain kapasitas menahan air dan unsur hara yang rendah, sehingga kelembaban tanah juga sedang. Sedang tekstur tanah yang didominasi oleh klei memiliki pori yang lebih rapat sehingga kadar air lebih banyak bila dibandingkan dengan tanah berpasir. Kondisi tersebut akan berpengaruh terhadap laju dekomposisi. Guna memperbaiki strategi manajemen bahan organik pada perkebunan sawit yang berbeda kondisi tanahnya maka penelitian ini perlu dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari laju dekomposisi berbagai kombinasi biomasa kelapa sawit pada berbagai zona dalam

perkebunan kelapa sawit pada tanah lom berklei dan lom berpasir.

METODE PENELITIAN

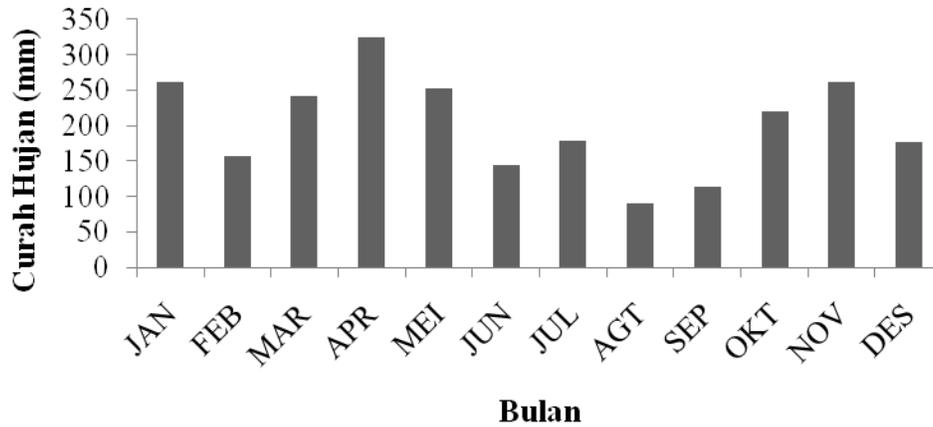
Tempat dan Waktu

Percobaan ini dilakukan pada bulan Desember 2011 hingga Juni 2012 pada perkebunan kelapa sawit PT. Astra Agro Lestari TBK, Kumai, Pangkalanbun, Kalimantan Tengah. Letak geografi penelitian terletak pada koordinat 2^o 25' 17,68" LU dan 111^o 46' 52,8" BT pada ketinggian 20,3 m di atas permukaan laut.

Plot yang dipilih bertekstur Lom berklei dan Lom berpasir. Di awal percobaan, contoh tanah diambil pada kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm, selanjutnya dianalisis pH, total C, total N dan persentase klei, lom dan pasir. Analisis tanah dan tanaman dilakukan di Laboratorium Fisika dan Kimia Research and Development PT. ASTRA AGRO LESTARI, dan dilanjutkan di Laboratorium Biologi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

Kondisi Iklim

Berdasarkan data rata-rata curah hujan bulanan dari tahun 1990 – 2011 (10 tahun) yang ada di PT. Agro Menara Rahmad, daerah ini tergolong sebagai Tipe B-1 (klasifikasi Oldeman). Tipe B-1 adalah tipe iklim dengan jumlah bulan basah antara 7 – 9 bulan dan jumlah bulan kering kurang dari 2 bulan. Berdasarkan data tersebut juga dapat diketahui bahwa curah hujan rata-rata sebesar 2443,22 mm/tahun dengan jumlah hari hujan rerata 101 hari/tahun. Curah hujan tertinggi terjadi pada periode bulan Oktober – Mei dan terendah pada periode bulan Juni – Agustus. Dari data yang ada di lokasi penelitian mempunyai bulan kering yang cukup jelas, yaitu sekitar 2 bulan, dari bulan Juni – Agustus (Gambar 1).



Karakteristik fisika – kimia Tanah

Tanah pada lokasi penelitian termasuk dalam ordo ultisol, atau tanah masam yang memiliki tingkat perkembangan lanjut.

Ultisol memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda, mulai dari tekstur yang di dominasi oleh klei dan kandungan unsur hara yang rendah. Karakteristik tanah di lokasi percobaan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Fisika – Kimia Tanah pada kedalaman 0-10 cm, 10-20 cmdan 20 – 30 cm dari blok yang dipilih untuk percobaan

Blok	Kedalaman	Pasir Debu Klei			BI g/cm ³	pH H ₂ O	pH KCl	C- Organik (%)
		(%)	(%)	(%)				
OA 29	0-10 cm	44,30	27,85	27,85	1,08	4,56	3,93	4,16
	10-20 cm	46,91	19,91	33,18	1,15	4,47	3,96	2,52
	20-30 cm	38,77	17,01	44,22	1,19	4,38	3,98	1,69
OA 40	0-10 cm	82,00	6,00	12,00	1,19	5,11	4,31	2,53
	10-20 cm	75,05	13,86	11,09	1,24	5,09	4,41	1,87
	20-30 cm	74,96	11,13	13,91	1,20	5,07	4,52	1,39

Rancangan Percobaan

Studi dekomposisi ini dilakukan dengan jalan menetapkan / memonitor biomasa yang tersisa di dalam *litterbag* sesuai dengan metode TSBF. Pada percobaan ini ada dua faktor yang diuji; **Faktor 1**, jenis masukan: (1) Batang sawit sebagai kontrol (B); (2) Daun kelapa sawit (D); (3) Janjang Kosong (Jankos); (4) Daun dan Pelepah (D+P); (5) Daun + Pelepah + Janjang (D+P+J). **Faktor 2**, zona penempatan: (1) Piringan (zona sekeliling pokok yang merupakan tempat yang selalu disiangi yang merupakan tempat

pemberian pupuk yang rendah kandungan bahan organik tanahnya),

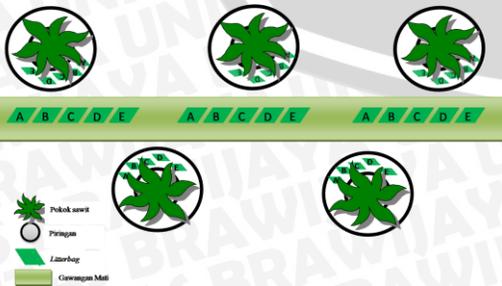
(2) Gawangan mati (zona antar baris pohon yang merupakan tempat penumpukan pangkasan daun yang kaya bahan organik tanah). Perlakuan diatur menurut Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 kali ulangan. Setiap kali pengukuran dilakukan 5 pengambilan contoh dari *litterbag* yang berbeda pada tanah berklei dibandingkan dengan kondisi tanah berpasir.

Pengamatan kehilangan berat seresah per satuan waktu dilakukan 5 waktu pengamatan yaitu pada minggu ke 1, 3, 5, 7, dan 9 setelah penempatan *litterbag* di

lapangan. Dengan demikian total *litterbag* yang digunakan ada 500 *Litterbag*.

Pemilihan dan Pembagian Plot Pengamatan

Pengaplikasian kantong kasa di lapangan dilakukan dengan cara meletakkan kelima perlakuan pada setiap piringan untuk setiap minggu pengambilan, begitu juga untuk zona gawangan mati (Gambar 2). Penempatan di setiap zona perlu memperhatikan homogenitas zona yang dipilih, agar setiap perlakuan mendapat kondisi yang relatif homogen.



Gambar 2. Lokasi penempatan kantong seresah di lapangan pada zona piringan dan di zona.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi kimia bahan organik

Kualitas biomasa ditetapkan berdasarkan kadar lignin dan polifenolnya yang dianalisis dari biomasa aktual yang digunakan untuk percobaan. Kadar lignin terbesar didapat dalam batang (31%). Campuran biomasa sawit yang digunakan untuk percobaan menunjukkan kadar lignin yang lebih rendah dari kadar aslinya (biomasa tunggal) (Tabel 2).

Tabel 2. Karakteristik kimia biomasa kelapa sawit

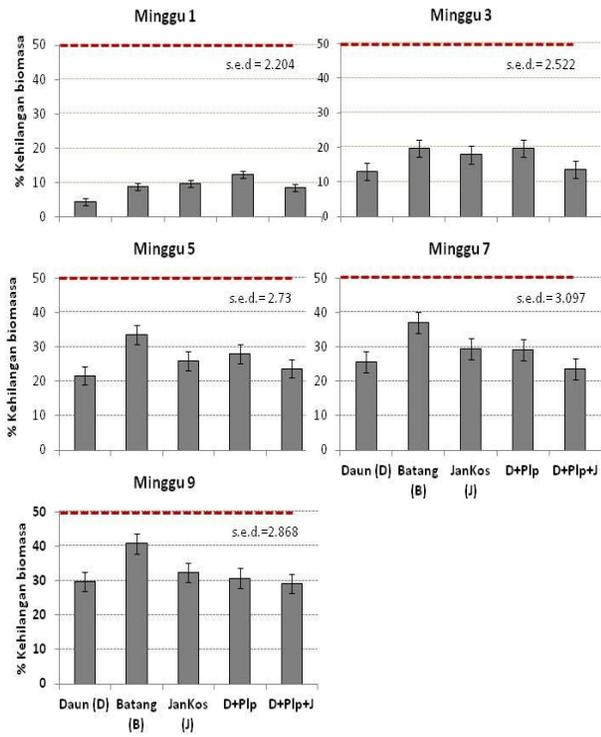
Perlakuan	Lignin	Polifenol
	-----%-----	
Batang (B)	30.97	1.78
Daun (D)	21.86	4.76
Janjang (J)	10.95	3.08
D+ P	17.94	3.96
D + P + J	15.55	4.75

Penurunan biomasa

Laju dekomposisi biomasa kelapa sawit dalam percobaan ini dilakukan dengan menghitung penurunan atau kehilangan biomasa kelapa sawit per satuan waktu. Dari hasil ANOVA diketahui bahwa macam biomasa berpengaruh nyata ($p < 0.05$) terhadap kehilangan biomasa, sedangkan perbedaan tekstur tanah dan zonasi tidak berpengaruh nyata ($p > 0.05$). Kehilangan masa terbesar pada semua waktu pengamatan ditunjukkan oleh perlakuan kontrol (biomasa batang sawit) (Gambar 3). Namun demikian hingga akhir percobaan (minggu ke 9) belum ada satu biomasapun yang kehilangannya mencapai 50%.

Pada semua waktu pengukuran, kehilangan biomasa daun sawit relatif lebih kecil dari pada biomasa sawit lainnya, akan

tetapi mulai pada minggu ke 5 besarnya kehilangan biomasa daun sawit terus meningkat rata-rata 4%, dan pada akhir percobaan kehilangan masa hingga mencapai 30%, sama dengan penambahan biomasa jankos dan biomasa campuran.



Gambar 3 . Persentase kehilangan biomasa pada berbagai waktu pengukuran (Keterangan: Plp =Pelepeh sawit)

Pada minggu terakhir, kehilangan masa terbesar (40%) terjadi pada biomasa batang sawit yang berbeda nyata dengan biomasa lainnya. Kehilangan biomasa daun

(tunggal) sama dengan jankos dan campurannya mencapai 30-35% saja. Bila ditinjau dari besarnya Δ kehilangan biomasa per minggu di awal percobaan (minggu ke 3 dan 5) berbeda dengan diakhir percobaan. Di awal percobaan rata-rata sekitar 4% per minggu kecuali pada biomasa batang sekitar 5-6% per minggu. Di akhir percobaan (minggu ke 7 dan 9) kehilangan biomasa rata-rata 2% saja. Dari hasil pengukuran ini, urutan kecepatan penurunan berat kering biomasa sampai akhir pengamatan adalah Batang > Janjang Kosong > Daun + Pelepeh > Daun + Pelepeh + Janjang > Daun.

Konstanta dekomposisi (*k*) dari berbagai biomasa

Laju dekomposisi biomasa sawit ditunjukkan dengan nilai konstanta dekomposisi (*k*) yaitu konstanta penurunan berat kering biomasa per satuan waktu (minggu), semakin besar nilai *k* berarti semakin cepat biomasa terdekomposisi. Laju dekomposisi biomasa batang relatif tertinggi (*k*=0.07) dari pada biomasa lainnya yang diuji (*k* berkisar 0.03-0.05) (Tabel 3). Umur paruh biomasa (*1/k*) menunjukkan masa tinggal biomasa di permukaan tanah (minggu). Umur paruh biomasa tunggal dan campuran tidak terlalu berbeda, masing-masing sekitar 21 dan 23 minggu. Umur paruh daun 27 minggu relative lebih lama dari pada batang yang hanya 15 minggu.

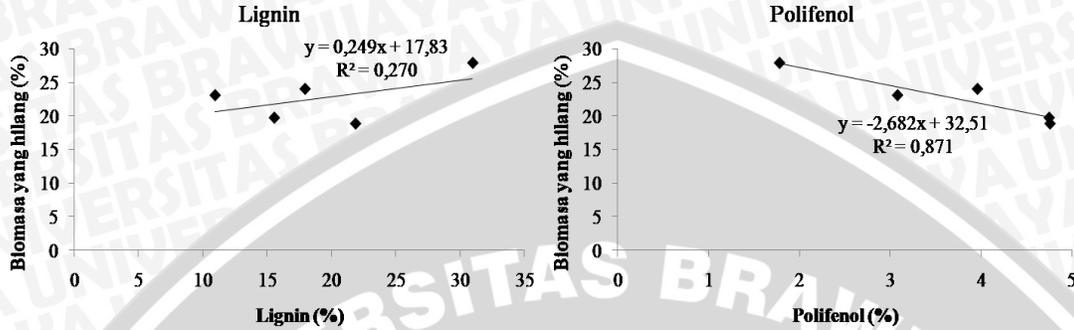
Tabel 3. Konstanta (*k*) laju dekomposisi dan umur paruh (*1/k*) biomasa kelapa sawit.

Biomasa	Persamaan	R ²	k Minggu ⁻¹	1/k (Minggu)
Batang (B)	$y = 100e^{-0.06x}$	0.94	0.06	15
Daun (D)	$y = 100e^{-0.03x}$	0.95	0.03	27
Janjang (J)	$y = 100e^{-0.04x}$	0.93	0.04	23
D+P	$y = 100e^{-0.04x}$	0.79	0.04	25
D+P+J	$y = 100e^{-0.04x}$	0.928	0.04	25

Hubungan antara Penurunan Biomasa dengan Kadar Lignin dan polifenol

Kehilangan berat masa berkorelasi negative dan nyata ($p < 0.05$) dengan kadar

polifenol ($R^2 = 0.87$), sedang kehilangan berat masa berkorelasi lemah ($R^2 = 0.27$) dengan kadar lignin (Gambar 4).



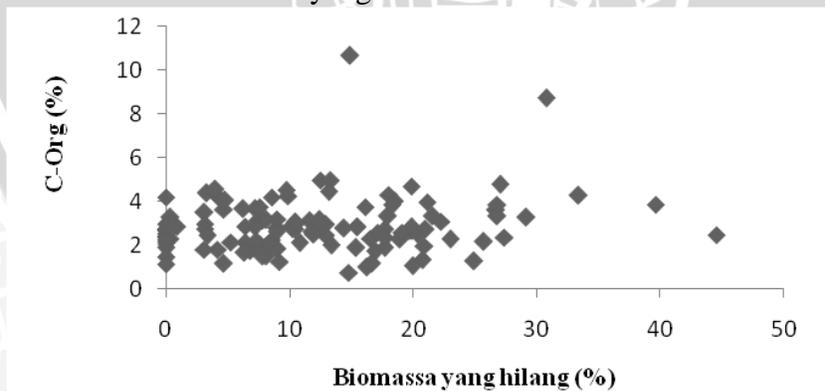
Gambar 4. Hubungan kadar lignin dan polifenol dengan persentase biomasa yang hilang

Berdasarkan kadar polifenol biomasa sawit yang diuji, batang sawit menunjukkan kadar polifenol terendah 1.78% (Tabel 2) maka kehilangan masa relatif lebih cepat ($k = 0.06$) dengan umur paruh berkisar 14 - 17 minggu. Sedangkan daun menunjukkan laju dekomposisi lebih lambat ($k = 0.035$) dengan umur paruh lebih lama yaitu 27 minggu.

dimiliki oleh biomasa. Dalam proses tersebut akan dilepaskan beberapa unsur kimia organik yang dibutuhkan secara langsung oleh tanaman seperti NH_4 dan NO_3 , namun ada juga unsur kimia yang tidak digunakan secara langsung oleh tanaman. Uji korelasi antara penurunan biomasa kelapa sawit dengan kandungan C dalam tanah pada minggu pertama dan ketiga setelah aplikasi menunjukkan nilai yang tidak berkorelasi.

Hubungan Penurunan Biomasa dengan kandungan C dalam tanah

Proses laju dekomposisi akan melepaskan ion dan kation kimia yang



Gambar 10. Hubungan antara penurunan biomasa dengan kandungan C dalam tanah

Hubungan penurunan biomasa dengan kandungan C-organik dalam tanah tidak berkorelasi nyata, hal ini dikarenakan

tidak semua kandungan C –Organik dalam tanah adalah hasil dari proses dekomposisi biomasa yang diperlakukan dalam

percobaan ini, kandungan C-Organik dalam tanah bisa saja berasal dari dalam tanah ataupun hasil dari pemupukan yang diberikan dalam kebun. Tidak berkorelasi C-organik dalam tanah dengan biomasa yang hilang juga bisa dikarenakan mobilisasi unsur – unsur kimia hasil dekomposisi oleh mikroorganisme dalam tanah.

KESIMPULAN

1. Laju dekomposisi tercepat ($k=0,06$) ditemukan pada batang dengan umur paruh 15 minggu, sedangkan paling lambat ditemukan pada daun ($k=0,03$) dan campurannya ($k=0,04$) dengan umur paruh masing-masing 27 minggu dan 25 minggu.
2. Kehilangan berat masa berkorelasi negative dan nyata ($p<0,05$) dengan kadar polifenol dalam biomasa kelapa sawit ($R^2=0,87$), sedang kehilangan berat masa berkorelasi lemah ($R^2=0,27$) dengan kadar lignin.
3. Perbedaan kandungan bahan organik tanah dan jenis tekstur tanah tidak berpengaruh nyata terhadap laju dekomposisi bahan organik.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui bahwa untuk menjaga kesuburan tanah di perkebunan sawit, masukan biomasa sebaiknya diberikan beragam kualitasnya agar manfaat (suplai hara dan penutupan permukaan tanah) yang diperoleh bisa berkelanjutan. Pengukuran yang lebih intensif terkait dengan pemberian berbagai kualitas bahan organik untuk perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi tanah masih diperlukan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan penelitian “Penyehatan Tanah

Perkebunan Sawit secara Biologi” yang merupakan kerjasama antara Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dengan PT Astra Agro Lestari Tbk (2010-2012). Terimakasih penulis ucapkan kepada Direktur Utama Research Center Bapak Satiyoso yang telah memberikan kepercayaan untuk menjalankan kegiatan penelitian ini dan kepada Bapak M. Yusuf Hermawan, selaku Kepala Laboratorium Fisika dan Kimia Research Center PT Astra Agro Lestari Tbk beserta staff dan karyawan yang telah membimbing selama analisis di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J.M., and Ingram J.S.I. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. CAB International. Wallingford.
- Anonymous. 2011. Subdit Pengelolaan Lingkungan Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian 2006. Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit. Ditjen PPHP Departemen Pertanian. Jakarta. Diakses tanggal 7 Agustus 2011.
- Anshari, C. 2011. Laju Dekomposisi dan Mineralisasi Nitrogen Biomasa Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). Skripsi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang
- Bardgett, R.D. 2005. The Biology of Soil : A Community and Ecosystem Approach. Oxford University Press Inc. New York
- Brady, N.C., and Weil, R.R. 2002. The Nature and Properties of Soils. 13th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Briliyantono, B.J.T. 2011. Studi Pengelolaan Limbah Produksi Kelapa Sawit Dalam Perannya Menambah Suplay Nutrisi dan Unsur Hara Pada

- Skala Manajemen Perusahaan. Magang Kerja Jurusan Tanah Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang
- Darmosarkoro W., dan Winarna. 2000. Penggunaan TKS dan Kompos TKS untuk Peningkatan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman. Lahan dan Pemupukan Kelapa Sawit edisi I. PPKS Medan. 187-200.
- Hairiah, K., Widiyanto, Utami, S.R., Suprayogo, D., Sunaryo, Sitompul, S.M., Lusiana B., Mulia, R., van Noordwijk, M., dan Cadisch, G. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi: Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara. ICRAF SE Asia. Bogor.
- Hairiah, K. 2011. Pembenahan Kesehatan Tanah Kebun Kelapa Sawit dengan Penambahan Bahan Organik dan Inokulasi Cacing Tanah. PT Astra Agro Lestari Award
- Hairiah, K., Sulistyani, H., Suprayogo, D., Widiyanto, Purnomosidhi, P., Widodo, R. H., and van Noordwijk M. 2006. Litter layer residence time in forest and coffee agroforestry systems in Sumberjaya, West Lampung. Forest Ecology and Management
- Handayanto, E. 1994. Nitrogen Mineralization from Legume Tree Prunings of Different Quality. Thesis. University of London. London.
- Handayanto, E., Giller, K.E., dan Gadisch, G. 1997. Regulating N Release from Legume Tree Prunings by Mixing Pruning of Different Quality. Soil Biologi and Biochemistry.
- Handayanto, E., Hairiah, K., Nuraini, Y., Prasetyo, B., Aini, F. 2005. Biologi Tanah. Laboratorium Biologi Tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya : Malang.
- Hanafiah, K.A. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. PT. Raja Grafindo Persada; Jakarta
- Henson, I.E., dan Choong, C.K.. 2000. Oil palm productivity and its component processes. In: Basiron, Y., Jalani, B.S., Chan, K.W. (eds.). Advances in oil palm research (1):97-145.
- Kilowasit L.M.H. 2012. Kontrol komunitas fauna tanah terhadap status nitrogen di kebun kakao. Disertasi Program Doktor, ITB. 225 hal.
- Myers R.J.K., van Noordwijk, M. and Vityakon, P. 1997. Synchrony of Nutrient Release and Plant Demand: Plant Litter Quality, Soil Environment and Farmer Manajement Options in Driven by Nature. In: G. Cadish and K.E. Giller Plant Litter Quality and Decomposition (Eds). Cab International.
- Oktovani, CD. 2012. Studi Perakaran Kelapa Sawit di Berbagai Zona Tumpukan Bahan Organik pada Tanah Lom Berklei dan Lom Berpasir. Skripsi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Smith S.J. dan Sharpley, A.N. 1990. Soil Nitrogen Mineralization in the Presence of Surface and Incorporated Crop Residues. Agronomy Journal, Vol. 82, January-February. Published in Agron. J. 82:112-116.
- Sunarko. 2009. Budidaya dan Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit dengan Sistem Kemitraan. PT AgroMedia Pustaka. Jakarta. Hal 148.
- Palm, C.A., and Sanchez, P.A. 1991. Nitrogen release from some tropical legumes as affected by lignin and polyphenol contents. Soil Biology and Biochemistry.