

Artikel Riset

Dinamika Karbon dan Mikroba dalam Tanah pada Perlakuan *Biochar* Kompos Plus

Carbon and Microbial Dynamics in Soil on Biochar Compost Plus Treatment

Wahyu Purbalisa^{1*}, Ina Zulaehah¹, Dolty Melyga W. Paputri¹, Sri Wahyuni¹¹ Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Jl. Raya Jakenan-Jaken KM 5 Jaken, Pati, Indonesia 59182* Penulis korespondensi, e-mail: purbalisa@gmail.com

Abstrak

Karbon dan mikroba dalam tanah mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu disebabkan oleh berbagai hal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dinamika karbon dan mikroba dalam tanah pada perlakuan *biochar*-kompos plus. "Plus" disini mewakili penggunaan *biochar*-kompos dengan nano *biochar* dan adanya pengayaan terhadap mikroba konsorsia. Penelitian dilakukan di rumah kaca menggunakan rancangan acak lengkap dengan 3 ulangan dengan perlakuan sebagai berikut : kontrol/tanpa pupuk organik (Po), kompos (P1), *biochar*-kompos 1:4 (P2), nano *biochar*-kompos 1 : 4 (P3), nano *biochar*-kompos + mikroba konsorsia (P4), kompos + mikroba konsorsia (P5) dan *biochar*-kompos + mikroba konsorsia (P6) dengan dosis masing-masing 2,5 ton/ha. *Biochar* berasal dari tongkol jagung. Aplikasi *biochar* kompos plus dilakukan sebelum tanam. Parameter yang diamati yaitu karbon tanah (C-organik), dan kemasaman tanah (pH) pada 7 HSA, 37 HSA dan setelah panen serta total populasi mikroba tanah pada 2 HSA dan setelah panen. Karbon tanah diukur menggunakan metode *Walkey and Black* diukur dengan spektrofotometer, pH tanah menggunakan rasio tanah : air = 1 : 5 dan diukur dengan pH-meter, total populasi mikroba menggunakan metode *Total Plate Counting* (TPC). Hasil penelitian menunjukkan karbon dan populasi mikroba tanah mengalami penurunan dari waktu ke waktu, kecuali untuk populasi mikroba pada perlakuan kompos tunggal.

Kata Kunci : karbon tanah; mikroba; dinamika

Abstract

Carbon and microbes in the soil fluctuated from time to time due to various things. This study aims to determine the dynamics of carbon and microbes in the soil in the treatment of biochar-compost. In addition to the use of biochar-compost, this research also uses nano biochar and enrichment with microbial consortia. The study was conducted at the screen house using a complete randomized design with three replications with following treatments: control / without organic fertilizer (Po), compost (P1), biochar-compost 1: 4 (P2), nano-biochar-compost 1: 4 (P3), biochar-compost + microbial consortia (P4), compost + microbial consortia (P5) and biochar-compost + microbial consortia (P6) with a dose of 2.5 tons/ha respectively. Biochar comes from corncobs. Compost biochar plus application was made before planting. Parameters observed were soil carbon (C-organic), soil acidity (pH) at 7 DAA, 37 DAA and after harvest, and the total soil microbial population at 2 DAA and after harvest. Soil carbon was measured using Walkey and Black method measured by spectrophotometer, soil pH using a soil: water ratio = 1: 5 and measured by a pH meter, the total microbial population using Total Plate Counting (TPC) method. The results showed carbon and soil microbial populations decreased over time, except for microbial communities in a single compost treatment.

Keywords: carbon dynamics; microbes; soil carbon

1. Pendahuluan

Karbon tanah identik dengan bahan organik tanah yang kadarnya mengalami fluktuasi dari waktu ke waktu. Hal ini disebabkan antara lain oleh temperatur, tekstur tanah, pengolahan tanah, input bahan organik (Supriyadi, 2008), kemasaman tanah/pH tanah (Mujab, 2011), serta sekuestrasi karbon dari atmosfer kedalam tanah (Siringoringo, 2014). Temperatur mempengaruhi kecepatan proses dekomposisi bahan organik, semakin tinggi suhu maka semakin cepat proses dekomposisinya. Pada tanah bertekstur liat cenderung lebih mengikat bahan organik tanah, sedangkan kemasaman tanah dipengaruhi oleh proses dekomposisi bahan organik itu sendiri. Pengolahan tanah menyebabkan penurunan kadar bahan organik tanah akibat bahan organik yang terbang keluar lahan (diangkut atau dibakar). Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dilakukan penambahan bahan organik kedalam tanah. Untuk mempertahankan kesuburan tanah diperlukan penambahan bahan organik 8-9 ton/ha/tahun (Sukmawati dan Harsani, 2018). Bahan organik mempunyai unsur hara dalam jumlah yang kecil, penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat memperbaiki sifat-sifat fisik tanah seperti permeabilitas, porositas tanah, struktur tanah, daya menahan air dan kation-kation tanah (Roidah, 2013).

Penambahan bahan organik seperti kompos dapat memperbaiki kualitas tanah. Namun kompos cepat terdekomposisi sehingga diperlukan tambahan bahan organik lain untuk memperlambat proses dekomposisinya. Bahan organik dengan kandungan lignin dan polyfenol tinggi akan lambat terdekomposisi seperti tempurung kelapa, cangkang kelapa sawit, tongkol jagung, sekam padi, kulit kakao dan lain-lain. Bahan-bahan tersebut dibuat menjadi *biochar* terlebih dahulu. Namun setelah menjadi *biochar*, bahan organik tersebut menjadi sulit diakses oleh organisme tanah, sehingga diperlukan pengayaan *biochar* dengan bahan organik lain sebagai sumber energi bagi organisme tanah. Oleh karena itu dibuatlah campuran antara *biochar* dan kompos. Baik kompos maupun *biochar* merupakan bahan pembenah tanah alami yang murah, terbarukan, bersifat insitu, efektif dalam memperbaiki kualitas tanah dan produktivitas lahan, serta mendukung konservasi karbon dalam tanah (Dariah dkk., 2015). Permukaan *biochar* dapat difungsikan oleh zat mineral fase mikro dan nano selama pirolisis atau setelah pirolisis, *biochar* dengan kandungan mineral tinggi mengkatalisasi reaksi biotik dan abiotik dalam tanah, berperilaku sebagai sel mikrogalvanik di mana senyawa organik dan anorganik dioksidasi dan dikurangi, senyawa organik labil yang dilepaskan dari *biochar* mengurangi dan mengkelat mikronutrien penting tanaman, komunitas mikroba khusus mengkolonisasi fase *biochar* tertentu, menghasilkan komunitas yang sangat bervariasi secara spasial dan dinamika komunitas (Joseph, 2013).

Bahan organik kaya akan organisme tanah. Penambahan bahan organik kedalam tanah diharapkan dapat memperbaiki sifat biologi tanah berupa meningkatnya populasi dan aktivitas mikroba dalam tanah, meningkatnya ketersediaan hara, siklus hara tanah serta pembentukan pori mikro dan pori makro oleh organisme tanah (Hartatik dkk., 2015). Bahan organik tersebut dijadikan sebagai sumber energi dan makanan bagi organisme tanah. Salah satu kunci keberhasilan pengelolaan tanah di iklim tropis yang lembab adalah kandungan bahan organik yang cukup dan siklus biologi nutrisi. Kompos atau pupuk kandang sering berhasil memperbaiki produktivitas tanah, mensuplai hara ketanaman, menyokong siklus nutrisi yang cepat melalui biomassa mikroba, dan menahan pupuk mineral yang diberikan (Gani, 2009).

Selama ini penelitian tentang penggunaan pembenah tanah alami baik *biochar*, nano *biochar* maupun kompos secara tunggal dan komposit sudah banyak dilakukan. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Antonius dkk. (2015) mengenai aplikasi kompos untuk budidaya sayuran yang diperkaya inokulan mikroba terpilih yang terdiri atas a) Bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas sp.*) yang dikoleksi dari tanah yang intensif menggunakan bahan agrokimia dalam kegiatan pertaniannya; b) Bakteri penambat Nitrogen *Rhizobium leguminosarum*; dan c) Kapang *Trichoderma sp* dan *Aspergillus sp* pendegradasi bahan organik. Penelitian Joseph, (2013) mengenai nano *biochar* memberikan hipotesis semakin besar jumlah nano partikel dan komponen terlarut maka semakin besar respon tanaman dan

mikroba, oleh karena itu disarankan untuk mengembangkan komposit *biochar*-nano partikel dosis rendah dengan efisiensi tinggi. Penelitian Sukmawati dan Harsani, 2018 melaporkan bahwa penggunaan *biochar* kulit kacang tanah dan kompos brangkas jagung mampu meningkatkan P tersedia, penggunaan *biochar* jerami padi dan kompos brangkas kacang tanah memiliki persentase N tertinggi, sedangkan KTK dan pH tanah tidak dipengaruhi oleh kombinasi *biochar* dan kompos. Penelitian *biochar*, nano *biochar* dan kompos yang diperkaya mikroba (*biochar*-kompos plus) sebagai satu kesatuan baru dan pengaruhnya terhadap tanah belum banyak ditelaah. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dinamika karbon dan mikroba dalam tanah pada perlakuan *biochar*-kompos plus.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan secara pot di rumah kaca Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan). Tanah yang digunakan tanah Inceptisol Brebes dengan volume 5 kg/pot. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 ulangan dengan perlakuan sebagai berikut :

- P₀ : kontrol (tanpa pupuk organik)
- P₁ : kompos (2,5 ton/ha)
- P₂ : *biochar*-kompos 1 : 4 (2,5 ton/ha)
- P₃ : nano *biochar*-kompos 1 : 4 (2,5 ton/ha)
- P₄ : nano *biochar*-kompos + mikroba konsorsia (2,5 ton/ha)
- P₅ : kompos + mikroba konsorsia (2,5 ton/ha)
- P₆ : *biochar*-kompos + mikroba konsorsia (2,5 ton/ha)

Kompos dan *biochar* yang digunakan merupakan produk dari Balingtan. *Biochar* yang digunakan berbahan dasar tongkol jagung, untuk proses pembuatan nano *biochar* bekerjasama dengan Lab. Material UNDIP. Mikroba yang digunakan adalah mikroba konsorsia yang terdiri dari *Bacillus aryabathai*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Achoromobacter sp.*, *Catenococcus thiocycli* dan *Stenotrophomonas maltophilia*. Media ditanami bawang merah dan dipelihara selama 60 hari.

Pengamatan yang dilakukan yaitu kadar C-organik tanah (karbon) dan pH tanah pada 7 hari setelah aplikasi (HSA), 37 HSA dan setelah panen, sedangkan untuk populasi mikroba diamati 2 HSA dan setelah panen. Analisa C-organik tanah menggunakan metode *Walkey and Black* dan analisa pH tanah menggunakan metode Balitanah 2012 (Eviati dkk., 2012). Pengukuran C-organik tanah menggunakan spektrofotometer UV-Vis Varian, sedangkan pengukuran pH tanah menggunakan multimeter Crison. Analisa populasi mikroba menggunakan metode *Total Plate Counting* (TPC). Media yang digunakan untuk analisa TPC adalah nutrisi agar, sebanyak 8 gr dilarutkan dalam 1000 mL akuades kemudian media disterilisasi dengan menggunakan *autoclave*. Sampel media tanah diambil kemudian ditambahkan larutan pengencer dengan perbandingan 1 : 10. Pengenceran dilakukan pada faktor pengenceran 10^{-4} dan 10^{-5} secara duplo. Tahap isolasi dilakukan dengan metode cawan tuang, yaitu sebanyak 0,1 mL dituang ke dalam cawan kemudian diberikan media nutrisi agar, selanjutnya sampel diinkubasi pada suhu ruang 25-27°C selama 24 jam. Jumlah koloni yang ada dihitung secara langsung dengan ketentuan yang bisa dihitung harus memiliki jumlah antara koloni 30-300. Jumlah *colony forming units* per gram untuk setiap sampel dianalisis atau dihitung dengan menggunakan rumus (1).

$$\text{Cfu/g} = \text{Jumlah koloni} \times \text{Faktor pengenceran} \quad (1)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Tanah merupakan media yang digunakan oleh tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme untuk hidup. Tanah yang memiliki tingkat produktivitas yang tinggi dapat dicirikan dengan jumlah mikroorganisme yang ada dalam tanah. Mikroorganisme tanah memegang peranan yang penting dalam proses pelapukan bahan organik sehingga tanah menjadi subur. Bakteri merupakan kelompok

mikroorganisme dalam tanah yang paling dominan. Pada perlakuan pemberian kompos (P1), mempunyai kenaikan populasi bakteri dari $5,03 \times 10^6$ menjadi $2,43 \times 10^7$. Hasil penelitian terkait dengan populasi bakteri total dalam tanah disajikan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Populasi bakteri total dalam tanah

Perlakuan	Populasi Bakteri Total (cfu/g)	
	2 HSA	Setelah Panen
Kontrol (Po)	$7,75 \times 10^6$	$2,90 \times 10^6$
Kompos (P1)	$5,03 \times 10^6$	$2,43 \times 10^7$
Biochar-kompos (P2)	$4,23 \times 10^6$	$3,23 \times 10^6$
Nano biochar-kompos (P3)	$3,83 \times 10^6$	$2,19 \times 10^6$
Nano biochar-kompos + mikroba konsorsia (P4)	$2,81 \times 10^6$	$1,51 \times 10^6$
Kompos + mikroba konsorsia (P5)	$8,98 \times 10^6$	$5,03 \times 10^6$
Biochar-kompos + mikroba konsorsia (P6)	$1,04 \times 10^7$	$6,33 \times 10^5$

Pada 2 HSA, perlakuan *biochar*-kompos + mikroba konsorsia (P6) memiliki populasi bakteri total tertinggi yaitu sebesar $1,04 \times 10^7$ cfu/ml dibanding perlakuan lain (**Tabel 1**). Hal ini dimungkinkan karena *biochar* dan kompos digunakan sebagai media yang baik untuk pertumbuhan bakteri konsorsia yang ditambahkan pada perlakuan tersebut. Berdasarkan penelitian Santi dkk., (2011) diketahui *biochar* memiliki keunggulan dalam hal total ruang pori dan kapasitas air tersedia yang lebih tinggi. Populasi bakteri pada bioamelioran granul dengan bahan pembawa bio-char dapat bertahan sampai dengan 12 bulan masa simpan dengan jumlah 10^7 CFU/gram contoh.

Dinamika populasi bakteri total pada sampel tanah setelah panen mengalami penurunan kecuali pada perlakuan kompos terjadi peningkatan populasi bakteri total. Pada perlakuan kompos menunjukkan jumlah populasi bakteri total tertinggi $2,43 \times 10^7$ cfu/ml, terjadi peningkatan populasi bakteri total dibanding saat 2 HSA yaitu sebesar $1,93 \times 10^7$ cfu/ml. Pengomposan merupakan proses biologis yang secara dinamis melibatkan kondisi *aerobic* dengan kombinasi suhu *mesophylic* dan *thermophylic*. Bakteri konsorsia mengambil peran dalam mendekomposisi material organik. Pada kondisi kelembaban, ketersediaan oksigen, temperatur, rasio C/N, dan pH yang optimal, mikroorganisme akan berkembangbiak dengan laju perkembangbiakan yang berlangsung secara eksponensial (Sahwan dkk., 2011).

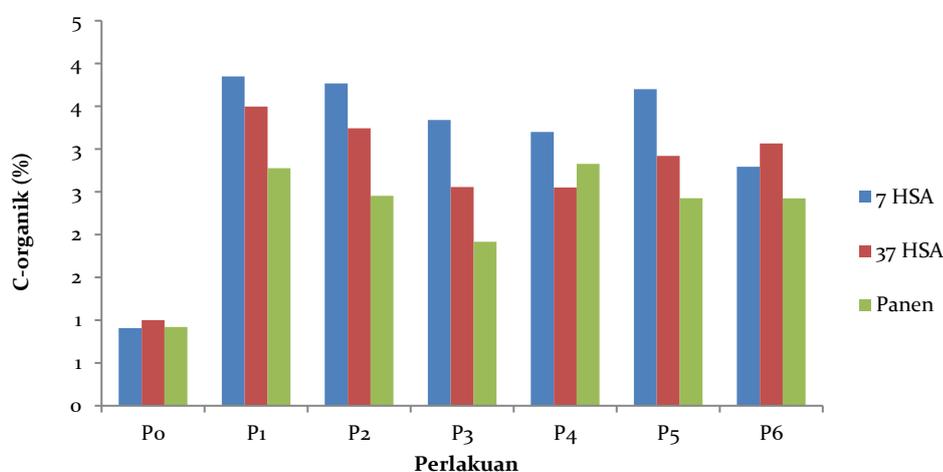
Kemasaman (pH) tanah yang optimal untuk perkembangbiakan mikroba tanah pada kisaran 6,0 – 7,5 (Pelczar dkk., 2006). Tanah penelitian memiliki pH cenderung netral (kisaran 6) pada 7 dan 37 HSA (**Tabel 2**). Namun setelah panen pH tanah mengalami penurunan, pH tanah pada kisaran 4-5. Pada saat panen nilai pH cenderung menurun, sehingga populasi total bakteri juga mengalami penurunan (**Tabel 1**), terkecuali pada perlakuan kompos. Hal ini sejalan dengan pendapat Supriyadi (2008) yang menyatakan bahwa pada kondisi tanah masam maka fungi yang lebih efisien bekerja dibanding bakteri pada proses dekomposisi tanaman setelah panen. Nilai pH pada tanah yang tidak optimal dapat mempengaruhi aktivitas enzim, sehingga pertumbuhan bakteri akan terhambat. Keberadaan enzim digunakan oleh bakteri untuk mengkatalis reaksi-reaksi yang terjadi.

Tabel 2. pH tanah selama perlakuan

Perlakuan	7 HSAP	37 HSAP	Panen
Kontrol (Po)	6.64	6.64	5.11
Kompos (P1)	6.73	6.42	5.09
Biochar-kompos (P2)	6.73	6.13	4.82
Nano biochar-kompos (P3)	6.84	6.46	4.91
Nano biochar-kompos + mikroba konsorsia (P4)	6.86	6.73	4.80
Kompos + mikroba konsorsia (P5)	6.76	6.49	4.94
Biochar-kompos + mikroba konsorsia (P6)	6.96	6.61	4.75

Mikroba dapat berkembang biak dengan baik pada tanah yang banyak mengandung karbon. Karbon tersebut digunakan sebagai rumah dan sumber energinya. Kandungan C-organik dari waktu ke waktu mengalami penurunan, pada 7 HSA berkisar antara 1-4. Pada perlakuan kontrol C-organiknya termasuk dalam kriteria rendah sebesar 1 sedangkan perlakuan kompos termasuk dalam kriteria tinggi, yaitu sebesar 4. Unsur C sangat diperlukan dalam tanah untuk proses absorpsi senyawa organik dalam tanah. Santoso dkk (2012), mengatakan bahwa tanah yang diberi senyawa C-organik tinggi, akan meningkatkan aktivitas mikroba tanah, sehingga terjadi peningkatan produksi CO₂.

Dinamika C-Organik dalam tanah pada berbagai perlakuan disajikan dalam **Gambar 1**. Perlakuan kompos memiliki C-organik dalam tanah lebih tinggi dibandingkan perlakuan yang lainnya. **Gambar 1**, menunjukkan kadar C-organik dalam tanah mengalami penurunan dari waktu ke waktu, hal ini diduga, C-organik diserap oleh tanaman untuk proses pertumbuhannya. C-Organik menggambarkan keadaan bahan organik pada tanah. Kadar C-Organik cenderung menurun seiring bertambahnya umur tanaman. Bahan organik tanah akan terakumulasi pada lapisan top soil dan sebagian tercuci ke lapisan yang lebih dalam (*sub soil*).



Gambar 1. Dinamika karbon dalam tanah

Keterangan :

Po = Kontrol,

P1 = Kompos,

P2 = *Biochar*-kompos,

P3 = Nano *biochar*-kompos,

P4 = Nano *biochar*-kompos + mikroba konsorsia,

P5 = Kompos + mikroba konsorsia,

P6 = *Biochar*-kompos + mikroba konsorsia

Ichriani, dkk. (2013) menyatakan bahwa pada lapisan atas tanah selalu mendapat suplai bahan organik yang terus menerus. Keberadaan bahan organik pada lapisan bawah diakibatkan karena adanya pengolahan tanah, pengangkutan oleh organisme tanah dan pencucian bahan organik. Dengan bertambahnya waktu C-organik bisa diserap oleh tanaman, namun bisa juga tercuci ke lapisan yang lebih dalam. Penambahan bahan organik dan *biochar* pada bidang pertanian diharapkan dapat menambah kesuburan tanah dan memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah sehingga diharapkan produktivitas pertanian akan meningkat, sedangkan pada bidang lingkungan bahan organik dan *biochar* dapat dijadikan sebagai bahan amelioran alami untuk remediasi dan mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan pupuk anorganik sehingga tercipta pangan yang aman dan sehat.

4. Kesimpulan

Dinamika karbon dan mikroba pada perlakuan *biochar*-kompos plus mulai dari setelah aplikasi sampai panen, sebagai berikut : karbon dalam tanah semakin hari semakin menurun karena terserap oleh tanaman, mengalami leaching dan dimanfaatkan oleh organisme tanah dan populasi mikroba/bakteri dalam tanah semakin hari mengalami penurunan karena tanah yang cenderung menjadi masam kecuali pada perlakuan kompos tunggal.

Pernyataan Kontribusi Penulis

Seluruh penulis yang tercantum pada makalah ini yaitu Wahyu Purbalisa, Ina Zulaehah, Doly Melya Wangga Paputri dan Sri Wahyuni berkontribusi sebagai penulis utama.

Daftar Pustaka

- Antonius, S., Rahmansyah, M., & Muslichah, D. A. 2015. Pemanfaatan Inokulan Mikroba Sebagai Pengkaya Kompos Pada Budidaya Sayuran. *Berita Biologi*, 14 (3) - Desember 2015, 223 – 234.
- Dariah, A., Sutono, S., Nurida, N.L., Hartatik, W., & E. Pratiwi. 2015. Pembena Tanah Untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 9 (2), 67-84.
- Eviati dan Sulaeman. 2012. *Petunjuk Teknis : Analisis Kimia Tanah, Air, Dan Pupuk Edisi 2*. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Gani, A. 2009. Potensi Arang Hayati *Biochar* sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian. *Iptek Tanaman Pangan* 4(1), 33 – 48.
- Hartatik, W., Husnain, & L. R. Widowati. 2015. Peranan Pupuk Organik dalam Peningkatan Produktivitas Tanah dan Tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 9(2), 107-120.
- Ichriani, G. I., Atikah, T. A., Zubaidah S., & Fatmawati, R. 2013. Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Perbaikan Daya Simpan Air Tanah Kapasitas Lapangan. *Jurnal Penelitian Universitas Palangkaraya*. ISSN 0854-2333.
- Joseph, S., Graber, E. R., Chia, C., Munroe, Donne, S., Thomas, T., Nielsen, S., Marjo, C., Rutledge, H., Pan, G. X., Li, L., Taylor, P., Rawal, A., & Hook, J. 2013. Shifting Paradigms: Development of High-Efficiency *Biochar* Fertilizers Based on Nano-Structures and Soluble Components, *Carbon Management*, 4:3, 323-343,
- Mujab, A. M. 2011. Penggunaan Biokompos Dalam Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Lumpur Minyak Bumi. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Pelczar, M. J. & Chan, E. C. S. 2006. *Penterjemah, Ratna Siri Hadioetomo dkk. Dasar-Dasar Mikrobiologi 1*. Universitas Indonesia. Press. Jakarta.
- Roidah, I. S., 2013. Manfaat Penggunaan Pupuk Organik Untuk Kesuburan Tanah. *Jurnal Universitas Tulungagung Bonorowo* 1 (1), 30 – 42.
- Sahwan, F. L., Wahyono, S. & Suryanto, F. 2011. Evaluasi Populasi Mikroba Fungsional Pada Pupuk Organik Kompos (POK) Murni dan Pupuk Organik Granul (POG) yang Diperkaya dengan Pupuk Hayati. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 12 (2), 187 – 196.
- Santi, L. P., & Goenadi, D. H. 2011. Pemanfaatan Bio-Char Sebagai Pembawa Mikroba Untuk Pemantapan Agregat Tanah Ultisoldari Taman Bogo-Lampung. *Menara Perkebunan* 78 (2), 52-60.
- Siringoringo, H. H. 2014. Peranan Penting Pengelolaan Penyerapan Karbon Dalam Tanah. *Jurnal Analisis Kebijakan Hutan* 11 (2), 175-192.
- Sukmawati & Harsani. 2018. Identifikasi Kombinasi *Biochar* Dan Kompos Limbah Tanaman Pangan Terhadap Dinamika Sifat Kimia Tanah. *Jurnal Galung Tropika* 7(2), 123-131.
- Supriyadi, S. 2008. Kandungan Bahan Organik Sebagai Dasar Pengelolaan Tanah Di Lahan Kering Madura. *Embryo* 5 (2), 176-183.
- Santoso E. & Widati, S. 2012. Estimasi C-Mikroba. Dalam Rasti S., Edi H., Simanungkalit. *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Litbang sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.