**DAMPAK PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN
DI UB FOREST TERHADAP KARBON BIOMASSA MIKROBA
DAN TOTAL POPULASI BAKTERI**

**Impact of Land Use Change at UB Forest on Microbial Biomass
Carbon and Total Bacterial Population**

Irma Ardi Kusumawati, Cahyo Prayogo*

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran 1 Malang, 65145

* Penulis Korespondensi: cahyoprayogo@ub.ac.id

Abstract

UB Forest is one example of forest ecosystems that are closely related to carbon cycle. However, the change of use of forest land into agricultural land in the forest can cause a negative impact on the environment, including reduced carbon reserves and decrease soil fertility, indicated by the reduced population of microbial activity and soil macrofauna. This study was aimed to explore effects of land use change on microbial biomass and bacteria and bacterial population in the UB forest. The observation plot was determined based on land use, i.e., MK (mahogany 40 years and coffee 2-4 years), PK1 (pine 20 years and coffee 4-6 years), PK2 (pine 30 years and coffee 2-4 years), PS (pine 40 years and cabbage), PM (pine 20 years and shrubs), MT (mahoni 40 years and taro), PK4 (pine 40 years and coffee 3-5 years) PK3 (pine 35 years and coffee 5-8 years). Observations were repeated 3 times, resulting in 24 plots. The extent of land area observed was 20 m x 20 m, including there was litter trap of 1 m x 3 m for observation of litter input dynamics. Vegetation observations and analyzes included in-situ litter weight, dry weight of litter per two weeks, dry weight of understorey, and polyphenol and lignin contents. Soil sampling was collected for analyses of C-organic, pH, microbial biomass, and total population of bacteria. The results showed that the highest values of microbial biomass carbon and total population of bacteria was found on PK3 land. The high microbial biomass carbon of 55,48 mg / kg⁻¹ and total population of bacteria of 10.1 x 10⁻⁶ cfu/ml⁻¹ had positive correlation and are influenced by litter input, understorey, C-organic content, soil pH, and litter quality in the form of polyphenols and lignin.

Keywords: *microbial biomass carbon, land use, bacterial population, organic carbon, forest*

Pendahuluan

Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus Universitas Brawijaya (KHD'TK-UB) atau lebih dikenal dengan UB *Forest* merupakan salah satu contoh ekosistem hutan yang ada di Kabupaten Malang. Sejak tahun 1976, sebagian besar penggunaan lahan hutan telah dialihfungsikan menjadi lahan agroforestri dengan tanaman utama berupa pinus dan mahoni seluas 392,58 ha sedangkan beberapa plot telah menjadi lahan pertanian seluas 81,42 ha bagi penduduk setempat dan seluas 50 ha

masih berupa hutan lindung. Alih fungsi hutan tersebut menyebabkan adanya perubahan komposisi tanaman di lahan UB *Forest* yang secara langsung akan mempengaruhi kemampuan tanaman dalam menyimpan cadangan karbon dan menghasilkan serasah sebagai sumber makanan mikroba dan sumber bahan organik pada lahan tersebut. Hairiah (2007) mengemukakan bahwa hutan merupakan suatu ekosistem yang sangat erat kaitannya dengan siklus karbon karena mampu melakukan mekanisme sekuestrasi, yaitu

mereduksi emisi karbon yang berlebihan di atmosfer dan mampu menyimpannya dalam berbagai kompartemen seperti tumbuhan, serasah, dan bahan organik tanah. Adanya tumbuhan sebagai penyimpan karbon menyebabkan konsentrasi CO₂ di atmosfer menurun. Ginoga *et al.* (2004) menyatakan bahwa dari total emisi 7,2 giga ton CO₂/tahun, jumlah CO₂ yang dapat diserap hutan adalah sekitar 2 giga ton CO₂/tahun, dengan adanya kemampuan tersebut hutan memiliki peran penting untuk menjaga kestabilan konsentrasi CO₂ di atmosfer.

Deforestasi hutan yang terjadi pada negara-negara berkembang termasuk Indonesia salah satunya UB *Forest*, dapat mengakibatkan efek gas rumah kaca terutama CO₂ semakin meningkat. Selain hal tersebut, deforestasi juga menyebabkan menurunnya biodiversitas flora, fauna dan mikroba yang hidup dalam ekosistem hutan (Belinda *et al.*, 2014). Sebanyak 0,31 Mha hutan setiap tahun dari tahun 2000-2005 dan 0,69 Mha hutan setiap tahun dari tahun 2005-2010 telah dialihfungsikan menjadi penggunaan lahan lain (UNFAO, 2010). Sebanyak 0,40 Mha hutan di Indonesia berkurang setiap tahun dan berlangsung dari tahun 2009 sampai tahun 2011 (MoF, 2012).

Konversi hutan menjadi lahan pertanian menyebabkan penurunan kesuburan tanah baik dari indikator kimia maupun biologi (Joergensen, 2010). Mikroba dan unsur C secara umum lebih sensitif terhadap perubahan penggunaan lahan daripada sifat fisika (Sharma *et al.*, 2012). Sebagai contoh, biomassa mikroba lebih cepat menurun setelah perubahan penggunaan lahan (Guillaume, 2016). Mikroba tanah merupakan salah satu bioindikator tanah yang sehat, karena berperan dalam proses dekomposisi bahan organik menjadi unsur hara. Aktivitas mikroba tanah didukung oleh beberapa faktor diantaranya ketersediaan sumber makanan, kesesuaian habitat, dan interaksi dengan organisme lain. Biomassa mikroba tanah terdapat sebanyak 1-3% dari total C-organik tanah (Jenkinson dan Ladd, 1981) dan menjadi penyedia unsur hara melalui proses mineralisasi (Valdinar, 2012). Bahan organik tanah dan biomassa C mikroba tanah ditemukan semakin berkurang pada hutan alami yang telah dialihfungsikan menjadi lahan

pertanian (Sphon, 2015). Alih fungsi lahan hutan menjadi lahan agroforestri dan lahan pertanian yang terjadi di UB Forest dapat mempengaruhi kemampuan tumbuhan dalam menghasilkan serasah. Serasah menjadi sumber bahan makanan bagi mikroorganisme dan makrofauna tanah melalui proses dekomposisi. Ketersediaan sumber makanan bagi mikroba yang melimpah di alam dapat diasumsikan mempengaruhi peningkatan perkembangbiakan mikroba sehingga jumlah populasi bakteri juga semakin meningkat. Penelitian pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap mikroorganisme penting dilaksanakan karena mikroorganisme merupakan fraksi labil atau bioindikator yang sensitif terhadap perubahan penggunaan lahan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap biomassa C mikroba tanah dan total populasi bakteri.

Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Hutan Pendidikan Universitas Brawijaya (UB Forest), Dusun Summersari dan Dusun Bocek, Desa Tawang Argo, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Penelitian dimulai pada bulan November 2017 hingga bulan Februari 2018. Sedangkan analisa laboratorium, dilaksanakan di Laboratorium Biologi dan Laboratorium Kimia Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Plot pengamatan dibuat dengan membatasi areal perlakuan seluas 20 m x 20 m menggunakan tali rafia. Pengambilan sampel tanah pada kedalaman 0 – 20 cm dilakukan secara komposit zig-zag dengan jumlah titik sebanyak 9 titik kemudian diletakkan ke dalam plastik yang telah diberi label dan segera dilakukan analisis laboratorium. Pengambilan serasah in situ dilakukan 1 kali menggunakan *frame*, sedangkan untuk monitoring serasah akan dilakukan 2 minggu sekali dilakukan menggunakan paranet berukuran 1 m x 3 m. Serasah yang telah diambil kemudian ditimbang berat basah, lalu dimasukkan ke amplop kertas untuk dioven selama 48 jam dengan suhu 80°C. Setelah itu serasah diambil dari oven dan ditimbang, kemudian dihitung

total berat kering dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Total BK (g)} = \frac{\text{BK subcontoh (g)}}{\text{BB subcontoh (g)}} \times \text{Total BB (g)}$$

Analisa C-organik tanah dilakukan di Laboratorium Kimia Jurusan Tanah. C-organik tanah dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\%C = \frac{(\text{ml blanko} - \text{ml contoh}) \times 3}{(\text{ml blanko} \times 0,5 \text{ gram})} \times \frac{100 + \text{KA}}{100}$$

Analisis *Microbial Biomass Carbon* menggunakan metode ekstraksi-fumigasi (Vance et. al. 1987) di Laboratorium Biologi Tanah, kemudian dilanjutkan dengan analisa C-organik dan perhitungan C-organik di Laboratorium Kimia. Kemudian dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$S,C = \text{C-organik (S,C)} \times \left(\frac{V}{B}\right)$$

$$\text{C-biomassa } (\mu\text{g g tanah}) = \frac{S-C}{0,35}$$

Keterangan:

S = nilai kadar C-organik dengan kloroform

C = nilai kadar C-organik tanpa kloroform

0,35 = faktor kEC (konversi aliran C ke C-mikroba)

V = volume total ekstrak sampel (ml)

B = berat sampel tanah (gram)

Total populasi bakteri dihitung dengan metode pengenceran dan cawan sebar. Setelah melakukan sterilisasi terhadap semua alat dan larutan fisiologis, lalu media dituang ke cawan petri. Setelah itu dilakukan pengenceran dan pencawanan. Kemudian cawan tersebut disimpan pada suhu ruang selama 3 hari. Lalu dilakukan perhitungan bakteri yang tumbuh dengan rumus:

$$\text{Total populasi (cfu/ml)} = \frac{\text{jml koloni} \times \text{faktor pengencer}}{\text{berat kering tanah}}$$

Kandungan lignin dan polifenol ditetaokan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Lignin} = \text{ADL (\%)} = \frac{W_4 - W_5}{W_1} \times 100$$

$$\text{Polifenol} = \% \text{TEP} = \frac{\text{TAE Sampel} - \text{TAE Blanko} \times 50}{10 \times W}$$

Hasil dan Pembahasan

Rerata berat kering serasah in situ

Dari analisis ragam, terlihat pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap rerata berat kering serasah in situ menunjukkan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) (Gambar 1).

Gambar 1. Hasil rerata berat kering serasah in situ pada penggunaan lahan yang berbeda

Keterangan: Huruf yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT 5%. Jenis pengamatan : MK (Mahoni Umur 40 Tahun dan Kopi Kelas Umur 2-4 Tahun), PK1 (Pinus Umur 20 Tahun dan Kopi Umur 4-6 tahun), PK2 (Pinus Umur 30 Tahun dan Kopi Umur 2-4 Tahun), PS (Pinus Umur 40 Tahun dan Kubis), PM (Pinus Umur 20 Tahun dan Semak Belukar), MT (Mahoni Umur 40 Tahun dan Talas), PK4 (Pinus Umur 40 Tahun dan Kopi Umur 3-5 Tahun), PK3 (Pinus Umur 35 Tahun dan Kopi Umur 5-8 Tahun).

Rerata nilai berat kering serasah in situ pada PS (pinus umur 40 tahun dan tanaman semusim) memiliki nilai paling rendah dan secara signifikan berbeda nyata dengan lahan MK, MT, PM, PS dan PK4, namun tidak berbeda nyata dengan lahan PK1 dan PK2. Rerata hasil tertinggi berat kering serasah in situ terdapat pada lahan PK3 yaitu senilai 184,68 g sedangkan rerata hasil terendah berat kering serasah in situ terdapat pada lahan PS senilai 32,67 g. Nilai berat kering serasah in situ di lahan PK3 menurun secara signifikan sebanyak 82,3% apabila dibandingkan dengan lahan PS, namun tidak berbeda nyata dengan lahan PK4. Nilai serasah yang rendah terdapat pada lahan PS menunjukkan bahwa sedikitnya bahan organik yang terdapat pada suatu lahan dipengaruhi masukan serasah yang minimal.

Kadar polifenol dan lignin serasah

Ketiga hasil analisa lignin pada daun mahoni, kopi dan pinus (Tabel 1) menunjukkan bahwa tiga daun tersebut tergolong berkualitas rendah sesuai dengan klasifikasi analisa polifenol dan lignin yang dikemukakan oleh Palm dan Sanchez (1991) bahwa bahan organik yang memiliki kadar lignin <15% dan kadar polifenol <4% tergolong rendah dan dapat dikatakan berkualitas tinggi. Terbilang kelas II

sesuai dengan klasifikasi analisa polifenol dan lignin yang dikemukakan oleh Catherine *et al.* (2004), kelas I, %N >2.5%, lignin <15% dan polifenol <4%; kelas II, %N >2.5%, lignin >15% dan polifenol >4%; kelas III %N <2.5%, lignin <15%; and kelas IV %N <2.5%, lignin >15%.

Tabel 1. Kadar polifenol dan lignin pada daun tanaman kopi, mahoni dan pinus

Daun tanaman	Polifenol (%)	Lignin (%)
Mahoni	2,84	19,46
Kopi	5,56	24,76
Pinus	6,76	29,42

Dinamika masukan serasah setiap 2 minggu

Dari analisis ragam pengamatan pengaruh perbedaan penggunaan lahan terhadap rata-rata berat kering masukan serasah antar plot pada minggu pengamatan yang sama (notasi kecil) menunjukkan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) pada minggu 2, minggu 4, minggu 6 dan minggu 10, sedangkan menunjukkan pengaruh nyata ($P < 0,05$) pada minggu 8 (Tabel 2).

Tabel 2. Dinamika serasah (t ha) setiap 2 minggu

Kode	Minggu 2	Minggu 4	Minggu 6	Minggu 8	Minggu 10
PK1	0,07 a; BC	0,14 bc; CD	0,18 abc; D	0,04 a; A	0,09 a; AB
PK2	0,17 abc; A	0,18 c; A	0,12 ab; A	0,17 ab; A	0,11 ab; A
PK3	0,34 c; A	0,33 d; A	0,33 cd; A	0,32 b; A	0,33 d; A
PK4	0,30 bc; A	0,32 d; A	0,34 cd; A	0,32 b; A	0,32 d; A
PM	0,09 a; B	0,04 a; AB	0,14 abc; C	0,03 a; A	0,05 a; AB
PS	0,02 a; A	0,05 ab; B	0,05 a; B	0,04 a; B	0,04 a; B
MK	0,13 ab; A	0,38 d; B	0,39 d; B	0,22 ab; A	0,18 c; A
MT	0,17 abc; A	0,07 ab; A	0,28 bcd; A	0,25 ab; A	0,16 bc; A

Keterangan : Huruf yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT 5%. Jenis pengamatan : MK (mahoni umur 40 tahun dan kopi kelas umur 2-4 tahun), PK1 (pinus umur 20 tahun dan kopi umur 4-6 tahun), PK2 (pinus umur 30 tahun dan kopi umur 2-4 tahun), PS (pinus umur 40 tahun dan kubis), PM (pinus umur 20 tahun dan semak

belukar), MT (mahoni umur 40 tahun dan talas), PK4 (pinus umur 40 tahun dan kopi umur 3-5 tahun), PK3 (pinus umur 35 tahun dan kopi umur 5-8 tahun). Huruf kecil yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan pengamatan antar plot tidak berbeda nyata, sedangkan huruf besar yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan pengamatan setiap 2 minggu sekali tidak berbeda nyata.

Serasah yang diamati setiap dua minggu sekali tergolong fluktuatif, hal tersebut dapat disebabkan oleh faktor lingkungan yaitu suhu dan faktor gen dan hormon tanaman yang memicu terjadinya absisi atau pengguguran daun. Di lahan MK dan MT terjadi peningkatan masukan serasah pada minggu ke-6 dibandingkan minggu-minggu lainnya dan plot pengamatan lainnya. Hal tersebut dapat dimungkinkan oleh faktor yang ada pada suatu lahan namun tidak dipelajari dan memberikan pengaruh terhadap penelitian ini. Dimungkinkan terdapat faktor lingkungan yang memicu faktor gen dan hormon untuk melakukan proses *senescence* atau pengguguran daun. Woo *et al.* (2013) melaporkan bahwa kekeringan, suhu, unsur hara rendah, dan serangan pathogen dapat memicu gen ORE1 dan ANAC092 dan mempengaruhi hormon etilen pada tanaman *Arabidopsis thaliana* sehingga terjadi senescence dan absisi. Masukan serasah in situ dan masukan serasah setiap 2 minggu sekali merupakan sumber makanan utama bagi mikroorganisme dan sumber utama bahan organik. Oleh karena itu, dengan adanya masukan serasah yang melimpah, dapat meningkatkan kadar C-organik tanah dan aktivitas mikroba pada lahan tersebut. Namun, dapat dimungkinkan pula kadar C-organik dan aktivitas mikroba yang tinggi didukung oleh faktor lain berupa *understorey*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada lahan PK3 memiliki berat kering *understorey* sebanyak 0,305 ton/ha dengan kondisi lahan tertutup *understorey*. Menurut Yulnafatmawita (2011), lahan yang ditanami dengan tanaman tua dengan permukaan tanah yang tertutup tanaman *understorey* sebanyak 100% secara permanen dapat mempertahankan bahan organik tanah.

C-organik tanah

Dari analisis ragam pengamatan pengaruh perbedaan penggunaan lahan terhadap kadar C-organik tanah menunjukkan pengaruh sangat

nyata ($P < 0,01$). Kadar C-organik tanah pada lahan PK3 tidak berbeda nyata dengan lahan PK4, namun kedua lahan tersebut berbeda nyata dengan lahan PS (Gambar 2). Kadar C-organik tertinggi terdapat pada lahan PK3 yaitu senilai 5,8 % dan kadar C-organik terendah terdapat pada lahan PS yaitu senilai 3,02%. Terjadi penurunan kadar C-organik secara signifikan dari lahan PK3 ke PS sebanyak 2,78%. Kadar C-organik pada lahan PK3 memiliki nilai paling tinggi daripada lahan lain dan berbeda nyata dengan nilai C-organik pada lahan PS dan PK1 namun tidak berbeda nyata dengan lahan PK2, PK4, PM, MT dan MK.

Gambar 2. Hasil rerata kadar C-organik pada penggunaan lahan yang berbeda
Keterangan sama dengan Gambar 1.

pH tanah

Dari analisis ragam pengamatan pengaruh perbedaan penggunaan lahan terhadap pH tanah menunjukkan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$). Nilai pH tanah pada lahan PS tidak berbeda nyata dengan pH tanah di lahan PM dan PK2, namun berbeda nyata dengan pH tanah di lahan PK3 (Gambar 3).

Gambar 3. Hasil rerata kadar pH tanah pada penggunaan lahan yang berbeda
Keterangan sama dengan Gambar 1.

Hasil bahwa nilai pH tanah paling rendah terdapat pada lahan PS yaitu 4,5 sedangkan nilai pH tanah paling tinggi terdapat pada lahan PK3 yaitu 5,8. Terjadi penurunan pH tanah secara signifikan dari lahan PK3 ke PS sebanyak 22,41%. Nilai pH tanah pada lahan PK3 merupakan paling tinggi dan berbeda nyata dengan nilai pH tanah pada lahan PS, PM, PK1, PK2, PK4, MK, dan MT. Nilai pH tanah pada lahan PK3 yaitu 5,8 tergolong agak masam, sedangkan pada lahan PS yaitu 4,5 tergolong masam. Nilai pH tanah pada lokasi penelitian sesuai dengan syarat hidup bakteri, didukung pernyataan Cahyaningtyas dan Sumantri (2012) bahwa pH optimum bagi kebanyakan bakteri adalah minimum 4 dan maksimum 9.

Biomassa karbon mikroba

Dari analisis ragam pengamatan pengaruh perbedaan penggunaan lahan terhadap biomassa C mikroba tanah menunjukkan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$). Biomassa C mikroba di lahan PK3 dan PK4 tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata dengan biomassa C mikroba di lahan PS (Gambar 4).

Gambar 4. Hasil rerata biomassa C mikroba pada penggunaan lahan yang berbeda
Keterangan sama dengan Gambar 1.

Biomassa C mikroba tanah tertinggi terdapat pada lahan PK3 yaitu senilai 55,48 mg/kg tanah sedangkan biomassa C mikroba tanah terendah terdapat pada lahan PS yaitu senilai 43,93 mg/kg tanah. Terjadi penurunan biomassa C mikroba secara signifikan dari lahan PK3 ke PS sebanyak 20,81%. Biomassa C mikroba pada lahan PK3 memiliki nilai paling tinggi daripada lahan lain dan berbeda nyata dengan lahan PS, namun tidak berbeda nyata dengan lahan PK1, PK2, PM, MK dan MT serta memiliki notasi yang sama dengan PK4, yang berarti tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Terjadi penurunan biomassa C mikroba secara signifikan dari lahan PK4 ke PS sebanyak 19,77%.

Total Populasi Bakteri

Dari analisis ragam pengamatan pengaruh perbedaan penggunaan lahan terhadap jumlah populasi bakteri menunjukkan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$). Total populasi bakteri pada lahan PK3 berbeda nyata dengan lahan lainnya (Gambar 5).

Gambar 5. Hasil rerata total populasi bakteri pada penggunaan lahan yang berbeda
Keterangan sama dengan Gambar 1.

Rerata hasil tertinggi total populasi bakteri pada pengenceran 10^{-6} terdapat pada lahan PK3 yaitu senilai $10,1 \times 10^6$ cfu/ml⁻¹ sedangkan total populasi bakteri yang paling rendah terdapat pada lahan PS senilai $1,4 \times 10^6$ cfu/ml⁻¹. Terjadi penurunan total populasi bakteri secara signifikan dari lahan PK3 ke PS sebanyak 86,3%. Total populasi bakteri pada pengenceran 10^{-6} pada lahan PK3 (pinus umur 35 tahun dan kopi) memiliki nilai paling tinggi daripada lahan lain dan berbeda nyata dengan jumlah populasi bakteri pada pengenceran 10^{-6} pada lahan PS, PM, PK1, PK2, PK4, MK dan MT. Total populasi bakteri yang tinggi pada lahan PK3 menunjukkan bahwa lahan tersebut memiliki tingkat kesuburan yang tinggi dan sesuai dengan syarat tumbuh bakteri sehingga bakteri tersebut dapat aktif, tumbuh dan berkembang biak. Tingkat kesuburan tanah yang tinggi tersebut berkaitan dengan ketersediaan serasah sebagai sumber bahan organik melimpah sehingga total populasi yang terdapat pada lahan juga semakin banyak (Gambar 6).

(PK1)

(PK3)

Gambar 6. Total populasi bakteri pengenceran 10^{-6}

Pembahasan umum

Tingginya nilai biomassa C mikroba tanah pada suatu lahan dapat disebabkan oleh beberapa kondisi yang mendukung yaitu ketersediaan serasah yang melimpah sebagai sumber makanan mikroorganisme, kerapatan tutupan lahan, dan kadar C-organik (Chen *et al*, 2010; Fang *et al*, 2014). Hasil pengamatan menunjukkan adanya hubungan yang positif antara biomassa C mikroba dengan masukan serasah in situ, C-organik tanah, total populasi bakteri dan pH tanah yang digambarkan dalam grafik pada halaman selanjutnya.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa rerata berat kering serasah in situ memiliki hubungan yang positif dan kuat dengan C-organik tanah, $r = 0,68$; rerata berat kering serasah in situ memiliki hubungan yang positif dan kuat dengan biomassa C mikroba yaitu $r = 0,70$. Serasah yang terakumulasi selanjutnya memasuki fase dekomposisi oleh mikroorganisme sehingga dapat meningkatkan kandungan C-organik tanah dan biomassa C mikroba.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa, biomassa C mikroba memiliki hubungan yang kuat dan positif dengan kadar C-organik tanah, $r = 0,74$; kadar C-organik tanah memiliki hubungan yang positif dan kuat dengan total populasi bakteri, $r = 0,62$; biomassa C mikroba juga memiliki hubungan yang positif dengan total populasi bakteri, $r = 0,60$. Hubungan yang kuat diantara parameter pengamatan tersebut terjadi karena adanya bahan organik yang melimpah pada lahan tersebut sehingga meningkatkan kadar C-organik. Semakin tinggi kandungan C-organik suatu tanah, maka semakin tinggi pula kandungan bahan organiknya.

Biomassa C mikroba dan serasah adalah bagian dari bahan organik tersebut. Apabila serasah sebagai sumber makanan tersedia melimpah di suatu lahan, maka dapat menunjang aktivitas mikroba sehingga populasi bakteri di lahan tersebut juga meningkat. Total populasi bakteri yang tinggi ditemukan pada

tanah yang memiliki sifat yang sesuai dan memungkinkan mikroorganisme tanah untuk aktif dan berkembangbiak. Kondisi tanah yang sesuai meliputi pH tanah, air yang cukup dan sumber energi berupa bahan organik yang cukup, jenis tanaman yang berkaitan dengan kualitas serasah, dan praktik penggunaan lahan yang berkaitan dengan pengolahan tanah. Lahan PK3 merupakan lahan agroforestri berupa pinus, kopi dan semak belukar dan *understorey* tanpa pengolahan tanah.

Hasil analisa vegetasi berupa berat kering *understorey* menunjukkan korelasi positif dengan total populasi bakteri, $r = 0,60$. Yang *et al.* (2015) menyatakan bahwa pada lahan tanpa olah tanah memiliki tingkat gangguan yang rendah sehingga melindungi kehidupan mikroba dan sesuai dengan perkembangbiakannya. Menurut Bot dan Benites (2005), beberapa praktik yang dapat meningkatkan jumlah dan aktivitas mikroorganisme tanah adalah lahan tanpa olah tanah (*no tillage*), pengolahan minimum (*minimum tillage*), dan mempertahankan tanaman dan residu tanaman yang mampu meminimalisir kerusakan dan gangguan terhadap habitat mikroorganisme tanah serta menyediakan sumber makanan (energi). Landgraff dan Klose (2002); Fang (2014) mengemukakan bahwa sumber karbon yang mudah terdekomposisi akan menunjang perkembangbiakan mikroorganisme dan meningkatkan aktivitasnya, namun hasil analisa polifenol dan lignin menunjukkan bahwa kualitas serasah di lahan PK3 tergolong rendah, serta memiliki nilai biomassa C mikroba dan C-organik tanah yang tinggi dibandingkan dengan penggunaan lahan lainnya. Menurut Arief (2001), bahan organik yang memiliki kualitas rendah, akan mengalami proses dekomposisi dalam waktu yang lama, hal tersebut disebabkan karena mempunyai resistensi yang tinggi. Namun bahan organik yang memiliki kualitas rendah justru dibutuhkan oleh tanaman yang membutuhkan umur panjang seperti tanaman-tanaman yang tumbuh di hutan, dari sudut pandang agronomi dan lingkungan, sisa tanaman yang kandungan haranya tetap tinggal dalam kurun waktu lama di dalam tanah sampai saat yang dibutuhkan tanaman, lebih baik dibandingkan dengan sisa

tanaman yang cepat terdekomposisi dan mudah melepaskan unsur hara ke lingkungan.

Kesimpulan

Perubahan penggunaan lahan dari lahan hutan menjadi agroforestri sederhana berupa pinus dan tanaman semusim berdampak pada penurunan masukan serasah sebagai sumber utama bahan organik dan sumber energi bagi mikroba sehingga terjadi penurunan nilai biomassa C mikroba dan total populasi bakteri. Pada lahan PS (pinus 40 tahun dan kubis) memiliki nilai biomassa C mikroba ($43,93 \text{ mg kg}^{-1}$) dan total populasi bakteri ($1,4 \text{ cfu ml}^{-1}$) yang paling rendah. Pada lahan PK3 (pinus 35 tahun dan kopi 5-8 tahun) memiliki nilai biomassa C mikroba tertinggi ($55,48 \text{ mg kg}^{-1}$), total populasi bakteri tertinggi ($10,1 \text{ cfu ml}^{-1}$). Lahan PK3 tergolong lahan agroforestri dengan tanaman utama berupa pinus dan kopi, lahan tanpa pengolahan tanah, dan siklus hara tertutup sehingga menunjang kesuburan tanah pada lahan tersebut.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan kepada UPT UB Forest-Universitas Brawijaya atas perkenannya untuk melakukan penelitian di wilayah UB Forest.

Daftar Pustaka

- Arief, A. 2001. Hutan dan Kehutanan. Kanisius.
- Bot, A. and Benites, J. 2005. The Importance of Soil Organic Matter: Key to Drought-Resistant Soil and Sustained Food and Production. FAO Soils Bulletin. Food And Agriculture Organization of The Nited Nations. Rome.
- Cahyanigtyas, W.P dan Sumantri. 2012. Pengaruh penambahan biochar limbah pertanian dan pestisida pada inkubasi tanah inceptisol untuk menekan emisi gas metana sebagai gas rumah kaca. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri 1(1):521-527.
- Catherine, N.G., Vanlauwe, Palm, C.A. and Cadish, G. 2004. Chemical characterisation of a standart set of organic materials. Modelling Nutrient Management in Tropical Cropping System. 48-53.
- Fang, X., Wang, Q, Zhou, W., Zaho, W., Wei, Y., Niu, L. and Dai, L. 2014. Land use effects on soil organic carbon, microbial biomass and

- microbial activity in changbai mountains of Northeast China. *Chinese Geographical Science* 24(3): 21-28.
- Ginoga, K., Luliana, C.W., Mega, L., Deden, D. dan Nunung, P. 2004. Kajian kebijakan mekanisme pembangunan bersih di Indonesia. *Jurnal Sosial Ekonomi Kehutanan* 1 (1): 1-17.
- Guillaume, T., Maranguit, D., Murtalaksono, K., Kuznyakov, Y. 2016. Sensitivity and Resistance of Soil Fertility Indicators to Land-Use Changes: New Concept and Examples From Conversion of Indonesian Rainforest to Plantations. *Ecological Indicators*. Elsevier Ltd.
- Hairiah, K. 2007. Perubahan Iklim Global: Neraca Karbon di Ekosistem Daratan. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Palm, C.A. dan Sanchez, P.A. 1991. Nitrogen release from the leaves of sometropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology and Biochemistry* 23, 83-88.
- Vance, E.D., Brookes, P.C. and Jenkinson, D.S. 1987. An extraction for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 703 – 707.
- Woo, H.R., Hyo, J.K., Hong, G.N. and Pyung, O.L. 2013. Plant leaf senescence and death – regulation by multiple layers of control and implications for aging in general. *Journal of Cell Science* 126(21): 121-128..
- Yang, Z., Li, H., Bai, J. 2015. Effects on Soil Organic Carbon and Microbial Biomass Carbon of Different Tillage. *International Conference on Circuits and Systems*. China.
- Yulnafatmawita, Adrinal dan Arief. 2011. Pencucian bahan organik tanah pada tiga penggunaan lahan di daerah hutan hujan tropis super basah pinang-pinang Gunung Gadut Padang. *Jurnal Solum* 8(1):34-42.