

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

Oleh

IRMA ARDI KUSUMAWATI



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2018**

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



Oleh
IRMA ARDI KUSUMAWATI
145040200111132
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2018**



PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil dari penelitian saya sendiri, yang dibimbing oleh dosen pembimbing skripsi. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang jelas ditunjukkan rujukan dalam skripsi ini dan yang telah disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Juni 2018

Irma Ardi Kusumawati



RINGKASAN

IRMA ARDI KUSUMAWATI. 145040200111132. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Biomassa Karbon Mikroba dan Jumlah Populasi Bakteri di UB Forest Kabupaten Malang. Dibimbing oleh Prof. Ir. Eko Handayanto M.Sc., Ph.D sebagai pembimbing utama dan Cahyo Prayogo SP., MP., Ph.D sebagai pembimbing kedua.

UB *Forest* merupakan salah satu contoh ekosistem hutan yang sangat erat kaitannya dengan siklus karbon. Sejak tahun 1976, sebagian besar penggunaan lahan hutan telah dialihfungsikan menjadi lahan agroforestri seluas 392,58 ha sedangkan lahan hutan seluas 81,42 ha telah menjadi lahan pertanian bagi penduduk setempat dan seluas 50 ha masih berupa hutan lindung. Agroforestri merupakan sistem pertanian yang memiliki fungsi dan komposisi tanaman yang hampir sama dengan hutan. UB *Forest* merupakan Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) yang ditetapkan untuk keperluan penelitian bagi instansi yang bersangkutan tanpa mengubah fungsi kawasan tersebut, namun adanya perubahan penggunaan lahan hutan menjadi lahan pertanian di UB *Forest* dapat menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan tersebut, diantaranya berkurangnya cadangan karbon dan menurunnya kesuburan tanah yang ditunjukkan dengan berkurangnya populasi makrofauna dan aktivitas mikroba tanah.

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2017 – April 2018 di kawasan UB *Forest* Dusun Sumbersari dan Dusun Bocek, Desa Tawang Argo, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. Plot pengamatan ditentukan berdasarkan penggunaan lahan yaitu, 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). Pengamatan dilaksanakan sebanyak 3 kali ulangan, sehingga menghasilkan 24 plot. Luas lahan yang diamati 20 m x 20 m, yang di dalamnya terdapat *litter trap* 1 m x 3 m untuk pengamatan dinamika masukan serasah. Pengamatan dan analisa vegetasi yang dilakukan berupa berat kering serasah in situ, berat kering serasah per dua minggu, berat kering *understorey*, kadar polifenol dan lignin. Pengambilan sampel tanah dilaksanakan secara komposit kemudian dilakukan analisa sifat kimia seperti C-organik dan pH serta analisa biologi seperti biomassa C mikroba menggunakan metode ekstraksi-fumigasi sedangkan analisa total populasi bakteri menggunakan metode *spread plate technique*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari semua penggunaan lahan, ditemukan nilai biomassa C mikroba dan total populasi bakteri tertinggi terdapat pada lahan PK3. Tingginya biomassa C mikroba senilai 55,48 mg/kg dan total populasi bakteri sebanyak $10,1 \times 10^6$ cfu/ml⁻¹ memiliki korelasi yang positif dan dipengaruhi oleh masukan serasah, *understorey*, kadar C-organik tanah, pH tanah, dan kualitas serasah berupa polifenol dan lignin. Namun demikian, pemahaman dan penelitian mengenai siklus dan dinamika karbon dengan faktor lingkungan lainnya masih perlu dipelajari dan dilaksanakan.

SUMMARY

IRMA ARDI KUSUMAWATI. 145040200111132. Effect of Land Use Change on Microbial Biomass Carbon and Total Population of Bacteria at UB Forest Malang Regency. Directed by Prof. Ir. Eko Handayanto M.Sc., Ph.D as the main mentor and Cahyo Prayogo SP., MP., Ph.D as the second mentor.

UB Forest is one example of forest ecosystems that are close related to the carbon cycle. Since 1976, most of the land use of forest has been converted into agroforestry area of 392.58 ha, while 81.42 ha of agricultural land and the area of 50 ha is still a undisturbed forest. Agroforestry is a farming system which has the functions and composition of the plant which is similar to the forest. UB Forest, that located in the Dusun Summersari and Dusun Bocek, District Karangploso a Forest areas for Special Purposes (KHDTK) defined for the purposes of research for the agency concerned without changing the function of the area, but the change of use of forest land into agricultural land in UB Forest can causing 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.

The research was conducted in Oktober 2017 - April 2018 at UB Forest Dusun Summersari and Dusun Bocek, Tawang Argo Village, Karangploso Subdistrict, Malang Regency. The observation plot is determined based on land use ie, MK (Mahogany 40 Years and Coffee 2-4 Years), PK1 (Pinus 20 Years and Coffee 4-6 years), PK2 (Pinus 30 Years and Coffee 2- 4 years), PS (Pinus 40 Years and Cabbage), PM (Pinus 20 Years and Shrubs), MT (Mahoni 40 Years and Talas), PK4 (Pinus 40 Years and Coffee 3-5 Years) PK3 (Pinus 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 1 m x 3 m for observation of litter input dynamics. Vegetation observations and analyzes the form of in-situ litter weight, dry weight of litter per two weeks, dry weight of understorey, polyphenol and lignin levels. Soil sampling was conducted by composite and then analyzed chemical properties such as C-organic and pH and biological analysis such as microbial biomass carbon used extraction-fumigation method and total population of bacteria used spread plate technique method.

The results showed that all at land uses, 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 and total population of bacteria of 10.1×10^{-6} cfu/ml⁻¹ had positive correlation and influenced by litter input, understorey, C-organic content, soil pH, and litter quality in the form of polyphenols and lignin.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang dengan rahmat dan hidayah-Nya telah menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Biomassa Karbon Mikroba dan Total Populasi Bakteri di UB Forest”. Skripsi ini disusun untuk melengkapi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program pendidikan S1 bagi mahasiswa Fakultas Pertanian, Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Ilmu Tanah. Dalam penulisan skripsi ini, tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan limpahan rahmat dan hidayah-Nya dalam pelaksanaan penelitian lapang dan penyusunan naskah skripsi,
2. Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya,
3. Bapak Prof. Ir. Eko Handayanto, M.Sc. Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis,
4. Bapak Cahyo Prayogo, SP. MP. Ph.D selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan kesempatan untuk bergabung dalam pelaksanaan proyek penelitian dan bimbingan kepada penulis,
5. Seluruh staff dan karyawan UB Forest yang telah membantu kelancaran pengambilan data di lapangan,
6. Ayah, Mama, Adik, dan seluruh keluarga besar yang telah memberikan doa serta dorongan material, spiritual dan semangat selama masa studi, kegiatan penelitian hingga penyusunan skripsi,
7. Papa, Mama, dan Si Kembar sebagai keluarga kedua yang telah memberikan doa serta dorongan material, spiritual dan semangat dalam menyelesaikan studi,
8. Sahabat dan orang terdekat penulis yaitu Shinta, Adisti, Putri, Intan, Dinery, dan Alfin yang memberikan semangat serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi,
9. Anak Bimbingan Bapak Eko yaitu Laudy, Sarah, Wilujeng, Yaumil, Wahdania, Silvi, Dita, Vira, Husna yang memberikan semangat serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan studi,

10. Partner penelitian dan teman diskusi saya yaitu Zulva dan Rizki yang selalu meluangkan waktu untuk diskusi dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi termasuk pembuatan peta,
11. Keluarga MSDL 2014 yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis,
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang turut membantu dan memberi semangat dalam penyusunan proposal penelitian ini.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan seluruh pembaca pada umumnya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka saran dan kritik yang konstruktif dari semua pihak sangat diharapkan demi penyempurnaan selanjutnya.

Malang, Juli 2018

Penulis.



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tulungagung pada tanggal 30 September 1995 sebagai putri pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Sunardi dan Ibu Sumiasih.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Kampung Dalem 04 pada tahun 2002-2008, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 02 Tulungagung pada tahun 2008-2011. Pada tahun 2011-2014 penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 01 Kedungwaru. Pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswi Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi dengan Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah aktif dalam Unit Kegiatan Mahasiswa Sport Corner sebagai Divisi Atletik pada tahun 2017, Pasca GATRAKSI (Galang Mitra Kenal Profesi) pada tahun 2016, Pelatihan GIS dan Survei Tanah pada tahun 2016, Konsoildasi pada tahun 2016, GALIFU (Geomorofologi Analisis Landscape dan Interpretasi Foto Udara) pada tahun 2017, dan kegiatan magang kerja di P.T. Perkebunan Nusantara XII Bangelan Kabupaten Malang dengan topik studi Pemanfaatan Pupuk Limbah Kulit Kopi dalam Upaya Peningkatan Produksi Kopi Robusta.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN	4
SUMMARY	5
KATA PENGANTAR	6
RIWAYAT HIDUP.....	8
DAFTAR ISI.....	9
DAFTAR TABEL.....	11
DAFTAR GAMBAR	12
DAFTAR LAMPIRAN.....	13
I. PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1. Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2. Rumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3. Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.4. Hipotesis	Error! Bookmark not defined.
1.5. Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.6. Alur Pikir	Error! Bookmark not defined.
II. TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1. Mikroba Tanah.....	Error! Bookmark not defined.
2.2. Faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Mikroba Tanah	Error! Bookmark not defined.
2.3. Aktivitas Mikroba Tanah Mempengaruhi Kesuburan Tanah	Error! Bookmark not defined.
2.4. Pengaruh Perbedaan Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan dalam Mempengaruhi Aktivitas Mikroba Tanah	Error! Bookmark not defined.
III. METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2. Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.3. Rancangan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.4. Pelaksanaan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.5. Analisis Data.....	Error! Bookmark not defined.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**Error! Bookmark not defined.**
4.1. Hasil.....**Error! Bookmark not defined.**
4.2. Pembahasan**Error! Bookmark not defined.**
V. KESIMPULAN DAN SARAN**Error! Bookmark not defined.**
5.1. Kesimpulan.....**Error! Bookmark not defined.**
5.2. Saran**Error! Bookmark not defined.**
DAFTAR PUSTAKA**Error! Bookmark not defined.**
LAMPIRAN.....**Error! Bookmark not defined.**



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kombinasi perlakuan.....	14
2.	Parameter pengamatan.....	15
3.	Kadar polifenol dan lignin daun tanaman kopi, mahoni dan pinus.....	23
4.	Hasil analisa berat kering serasah pada penggunaan lahan yang berbeda per minggu	24
5.	Hasil rerata pengamatan berat kering <i>understorey</i>	27
6.	Data suhu tanah pada plot pengamatan.....	53



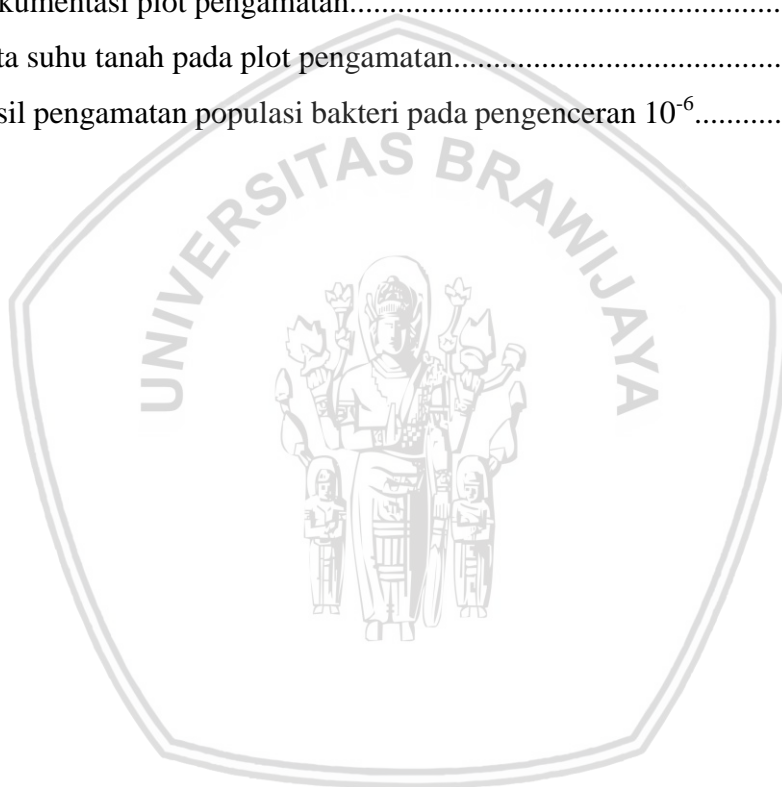
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Titik lokasi pengamatan di Dusun Sumpersari.....	12
2.	Titik lokasi pengamatan di Dusun Bocek.....	13
3.	Titik pengambilan sampel tanah komposit.....	15
4.	Analisis biomassa C mikroba.....	17
5.	Analisis total populasi bakteri.....	18
6.	Analisis pH tanah (H ₂ O).....	18
7.	Rerata input serasah in situ pada penggunaan lahan berbeda.....	22
8.	Grafik pengamatan masukan serasah setiap 2 minggu sekali pada penggunaan lahan yang berbeda.....	25
9.	Grafik kadar C-organik pada lahan dengan umur dan jenis tutupan lahan yang berbeda.....	28
10.	Grafik pH tanah pada lahan dengan umur dan jenis tutupan lahan yang berbeda.....	29
11.	Grafik biomassa C mikroba pada lahan dengan umur dan jenis tutupan lahan yang berbeda.....	30
12.	Grafik total populasi bakteri pada lahan dengan umur dan jenis tutupan lahan yang berbeda.....	31
13.	Hasil pengamatan dan perhitungan total populasi bakteri pada pengenceran 10 ⁻⁶ lahan PS (a) dan lahan PK3 (b).....	32
14.	Hasil analisa regresi antara total populasi bakteri, biomassa C mikroba, C-organik dan berat kering serasah in situ.....	37
15.	Analisis biomassa C mikroba.....	50
16.	Pengamatan dan perhitungan total populasi bakteri.....	51
17.	Kondisi tutupan lahan pengamatan.....	52
18.	Hasil pengamatan populasi bakteri pada pengenceran 10 ⁶	55



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Hasil analisa keragaman vegetasi.....	44
2.	Hasil analisa keragaman sifat kimia tanah.....	47
3.	Hasil analisa keragaman biologi tanah.....	48
4.	Matriks korelasi antara variabel pengamatan.....	48
5.	Analisis biomassa C mikroba.....	49
6.	Pengamatan dan perhitungan total populasi bakteri.....	50
7.	Dokumentasi plot pengamatan.....	52
8.	Data suhu tanah pada plot pengamatan.....	53
9.	Hasil pengamatan populasi bakteri pada pengenceran 10^{-6}	54



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus Universitas Brawijaya (KHDTK-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.

Manusia telah meningkatkan jumlah CO₂ yang dilepas ke atmosfer dengan melakukan pembakaran bahan bakar fosil, menggerakkan kendaraan dan menghasilkan listrik. Pada saat yang sama, jumlah vegetasi yang mampu menyerap karbondioksida semakin berkurang, akibat perambahan hutan untuk diambil kayunya maupun untuk perluasan lahan pertanian. Walaupun proses alam mampu mengurangi karbondioksida di atmosfer, aktifitas manusia yang melepaskan karbondioksida ke udara jauh lebih cepat dari kemampuan alam untuk mengurangnya (Afdal, 2007).

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. Mikroba tanah, tanah dan tanaman memiliki peran penting dalam siklus biogeokimia dan mendaur ulang unsur C, N, P dan mineral lainnya (Keiluweit *et al.*, 2015). 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.

1.2. Rumusan Masalah

1. Apakah perubahan penggunaan lahan mempengaruhi kemampuan vegetasi dalam menghasilkan serasah sebagai sumber makanan utama bagi mikroba tanah?
2. Bagaimana pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap biomassa C mikroba tanah dan total populasi bakteri?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun penelitian ini dilaksanakan untuk mencapai tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap kemampuan tanaman tersebut dalam menghasilkan serasah sebagai sumber makanan utama mikroba tanah.
2. Untuk mengetahui pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap biomassa C mikroba tanah dan total populasi bakteri.

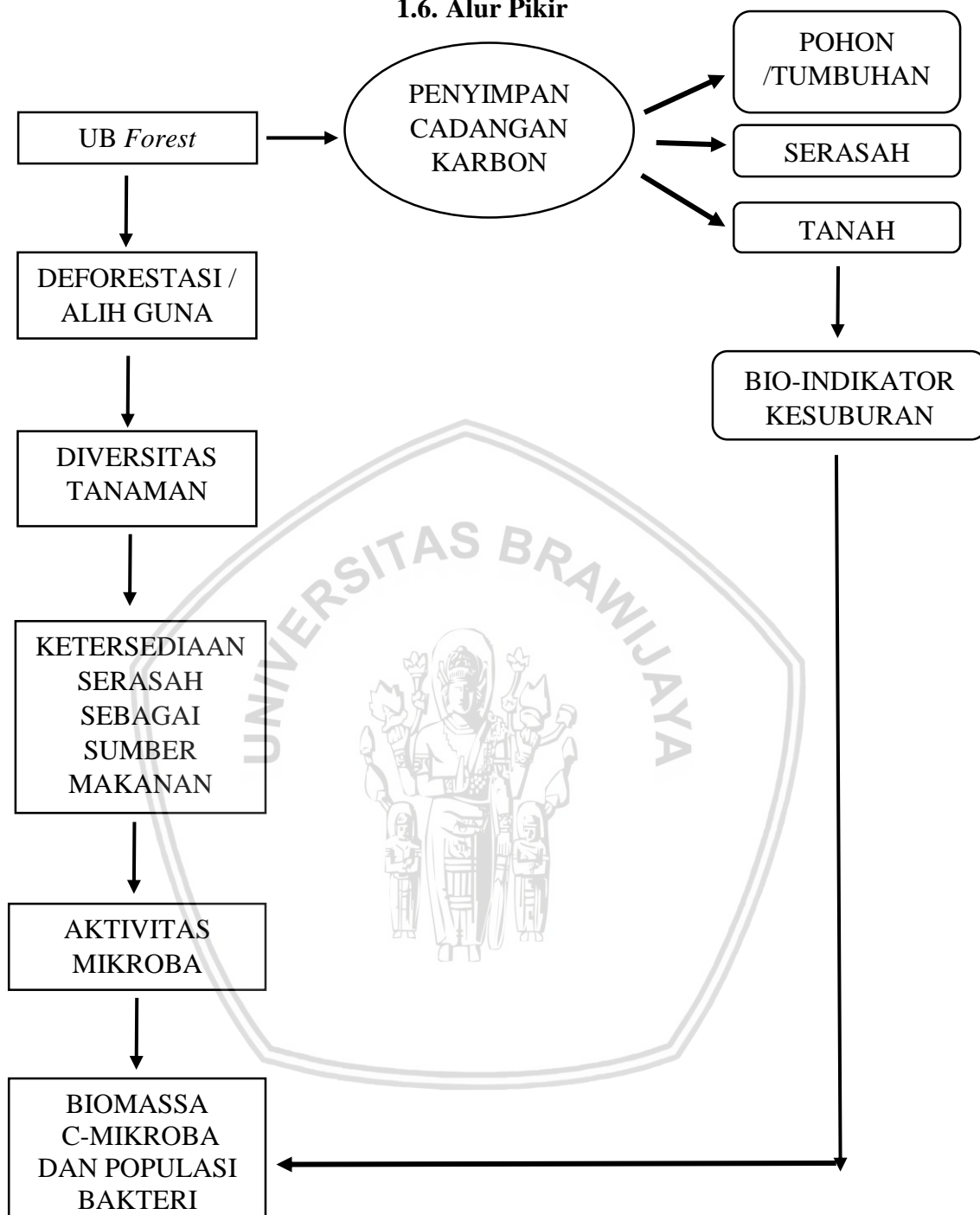
1.4. Hipotesis

1. Lahan hutan yang dialihfungsikan menjadi lahan pinus dan tanaman semusim menghasilkan serasah paling sedikit, sehingga sumber makanan dan sumber bahan organik berkurang.
2. Aktivitas mikroba tertinggi meliputi biomassa C mikroba tanah dan total populasi bakteri paling rendah terdapat pada lahan hutan yang dialihfungsikan menjadi lahan pinus yang memiliki kelas umur 8 dan tanaman semusim berupa kubis.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya pelaksanaan penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai keterkaitan antara umur dan jenis tanaman terhadap jumlah serasah yang dihasilkan dan kondisi lahan yang memiliki biomassa C mikroba tanah dan total populasi bakteri tertinggi didukung oleh sumber makanan dan faktor lingkungan.

1.6. Alur Pikir



Keterangan : *UB Forest* merupakan salah satu contoh hutan yang berfungsi sebagai penyimpan cadangan karbon. Adanya alih fungsi *UB Forest* menjadi penggunaan lahan lain, mengubah komposisi tanaman sehingga mempengaruhi kemampuan tanaman dalam menghasilkan serasah sebagai sumber makanan mikroba dan sumber bahan organik. Karbon dari atmosfer diserap oleh pohon dan tumbuhan melalui proses fotosintesis kemudian disimpan di dalam jaringan tanaman. Pada saat tumbuhan menggugurkan daun dan menghasilkan serasah, menjadi sumber karbon organik pada tanah dan sumber makanan bagi mikroba sebagai biondikator kesuburan tanah yang sensitif terhadap perubahan penggunaan lahan.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mikroba Tanah

Tanah merupakan habitat organisme hidup termasuk mikroba berupa bakteri, cendawan, algae, aktinomisetes, nematoda. Semua mikroba tersebut berperan dalam aktivitas biologi tanah dan mikrobiologi berupa penguraian seresah, sisa-sisa organisme yang telah mati dan sisa bahan organik lain yang terakumulasi di permukaan tanah (PEI, 2014). Organisme yang tergolong mikroba adalah bakteri, cendawan, algae, dan aktinomisetes (Bot dan Benites, 2005), mikroba mampu mentransformasikan bahan organik menjadi unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman.

Bakteri merupakan uniseluler, pada umumnya tidak berklorofil, ada beberapa yang fotosintetik dan produksi aseksualnya secara pembelahan dan bakteri mempunyai ukuran sel kecil dimana setiap selnya hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop. Bakteri pada umumnya mempunyai ukuran sel 0,5-1,0 μm kali 2,0-5,0 μm , dan terdiri dari tiga bentuk dasar yaitu bentuk bulat atau kokus, bentuk batang atau *Bacillus*, bentuk spiral (Dwidjoseputro, 1985). Bakteri memiliki sel tunggal yang hanya dapat dilihat menggunakan mikroskop elektron dengan perbesaran 1000 kali. Bakteri menyumbang biomassa tertinggi dari seluruh organisme tanah. Pada umumnya, bakteri terdapat dalam jumlah melimpah dan hidup berdekatan dengan daerah perakaran yang merupakan salah satu sumber makanan bakteri tersebut. Bakteri dapat memproduksi zat pekat mengandung polisakarida yang mampu mengikat partikel tanah menjadi agregat kecil dan mempertahankan stabilitas struktur tanah. Cendawan atau jamur berperan dalam siklus utama dekomposisi pada suatu ekosistem yaitu memecah dan mengasimilasi selulosa yang merupakan komponen dari dinding sel tanaman. Cendawan terbentuk dari sel mikroskopis yang tumbuh menjadi benang atau untaian yang disebut hifa (Bot dan Benites, 2005).

C Biomassa mikroba didefinisikan sebagai bagian dari bahan organik tanah yang terdiri atas makhluk hidup berukuran $\leq 5 - 10 \mu\text{m}^3$ (Alef dan Nannipieri, 1995). Biomassa mikroba tanah merupakan fraksi yang berubah-ubah atau tidak tetap yang terbentuk dari bahan organik tanah dan berperan penting dalam

mempertahankan kesuburan tanah dan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Biomassa mikroba merupakan indikator yang rentan terhadap dinamika bahan organik karena fraksi mikroba terbilang berubah dalam waktu singkat dan perbedaannya mudah dideteksi (Rodrigues, 2009).

Sifat mikrobiologi tanah seperti biomassa mikroba digunakan sebagai indikator yang rentan terhadap kualitas tanah, dengan perbandingan penggunaan lahan yang berbeda. Aktivitas mikroba yang tinggi tersebut digunakan sebagai dasar untuk memperbaiki kualitas tanah. Biomassa mikroba tanah merupakan sumber unsur hara yang potensial bagi tanaman, biomassa mikroba yang semakin tinggi menunjukkan tingkat kesuburan tanah yang tinggi (Yadav, 2012).

2.2. Faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Mikroba Tanah

Aktivitas mikroba tanah bergantung pada sumber makanan, beberapa spesies dan grup hidup apabila berada pada tanah yang menyediakan sumber makanan, ruang tumbuh, dan kelembaban yang sesuai (Bot dan Benites, 2005). Iklim, pH tanah dan pengolahan lahan dapat mempengaruhi keberadaan mikroba tanah karena hal-hal tersebut berkaitan langsung dengan ketersediaan bahan organik sebagai sumber makanan mikroba tanah (McCauley *et al.*, 2017). Iklim dapat mempengaruhi proses akumulasi dan dekomposisi bahan organik, pada suhu rendah, proses dekomposisi terhambat oleh kelembaban tinggi sehingga ketersediaan makanan bagi mikroorganisme terhambat. Pada lahan yang diolah secara intensif memiliki bahan organik tanah dengan level yang lebih rendah dibandingkan ekosistem alami. Sebagian besar aktivitas mikroba tanah yang tinggi ditemukan pada kondisi tanah dengan pH mendekati netral, namun beberapa mikroba tertentu seperti bakteri nitrifikasi yang berasosiasi dengan leguminosa dapat hidup pada pH > 6 atau dalam kondisi basa. Bot dan Benites (2005) menyatakan bahwa salinitas, toksisitas dan kemasaman tanah (pH) dapat mempengaruhi mikroba. Hal-hal tersebut mempengaruhi proses dekomposisi dan ketersediaan makanan bagi mikroba tanah, apalagi cendawan dan jamur merupakan organisme yang sensitif terhadap kondisi kemasaman tanah.

Faktor lingkungan seperti suhu udara dan kelembaban tanah dapat mempengaruhi aktivitas mikroba dalam mengontrol dekomposisi bahan organik

(Rigobelo dan Nahas, 2004). Peningkatan jumlah populasi bakteri dalam aktivitas mikroba disebabkan oleh akumulasi bahan organik yang berkorelasi positif dengan jumlah mikroba, respirasi mikroba dan aktivitas dehidrogenasi. Peningkatan biomassa mikroba dihasilkan dari peningkatan C-organik tanah (McGill *et al.*, dalam Rigobelo dan Nahas, 2004). Aktivitas mikroba juga dipengaruhi oleh kualitas seresah (Rodrigues *et al.*, 2009), pada kondisi lahan dengan kualitas seresah yang rendah, populasi mikroba akan berada pada tingkat rendah (*stress level*) sehingga menyebabkan penurunan mineralisasi dan dekomposisi C-organik dan meningkatkan pelepasan karbon ke atmosfer. Penambahan seresah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap populasi mikroba (Fanin *et al.*, 2014), peningkatan jumlah mikroba tanah didukung oleh ketersediaan nutrisi dan kegunaan dari mikroba tersebut (Banerjee *et al.* 2016).

Penelitian Yang *et al.* (2015) menunjukkan bahwa, *zero tillage* dan *minimum tillage* pada lahan dapat mendukung pertumbuhan mikroba, secara signifikan dapat meningkatkan biomassa mikroba tanah dan jumlah mikroba. Efek dari mesin pengolahan lahan pada *minimum tillage* dan *zero tillage* sangat kecil terhadap kerusakan tanah, sehingga dapat melindungi lingkungan hidup mikroba dan mendukung pertumbuhan mikroba tersebut. Bot dan Benites (2005), menambahkan bahwa beberapa faktor yang dapat meningkatkan jumlah dan aktivitas mikroba meliputi suhu dan kelembaban, aerasi tanah, salinitas, pH tanah didukung dengan perlakuan manajemen penggunaan lahan, tanpa olah tanah atau pengolahan tanah minimum. Perlakuan tersebut dapat mengurangi gangguan terhadap mikroba tanah dan menyediakan sumber makanan.

2.3. Aktivitas Mikroba Tanah Mempengaruhi Kesuburan Tanah

Mikroba menjalankan peran penting yang disebut proses mikrobial yaitu mengolah bahan organik dan unsur hara sebanyak 80-90% dari total tanah (Jeffery *et al.*, 2010). Di antara semua mikroba tanah, bakteri dan cendawan memberikan nilai biomassa dan respirasi metabolik tertinggi serta berperan besar dalam proses dekomposisi bahan organik. Bakteri mewakili grup utama mikroba menyumbang 25-30% total biomassa mikroba. Peningkatan bakteri dan cendawan dalam jumlah

tertentu diimbangi dengan peningkatan kesuburan tanah (Rigobelo dan Nahas, 2004).

Keanekaragaman mikroba dinyatakan sebagai indikator penting dari kualitas tanah karena mikroba merupakan formasi dasar dan berkaitan langsung dengan siklus hara di dalam tanah. Penurunan keanekaragaman mikroba di dalam tanah disebabkan oleh siklus hara yang terhambat dan pertumbuhan tanaman yang rendah (Rodrigues *et al.*, 2009). Mikroba merupakan karakteristik penting yang menggambarkan kualitas tanah, semakin tinggi efisiensi aktivitas mikroba mengindikasikan bahwa lingkungan tanah kondusif dan sesuai untuk pertumbuhan mikroba tersebut (Yang *et al.*, 2015). Biomassa mikroba digunakan sebagai indikator dalam usaha restorasi lahan pada lahan yang mengalami degradasi, biomassa C mikroba (*Micorbial Biomass Carbon*) merupakan komponen penting dalam siklus unsur hara dalam tanah dan mencakup 1-3% dari total C-organik tanah (Yadav, 2012).

Mikroba tanah mendekomposisi bahan organik tanah hingga dapat dimanfaatkan oleh jaringan tanaman (Crow dan Dunn, 2016). Bahan organik yang melimpah dapat meningkatkan ketersediaan sumber makanan bagi organisme tanah, sehingga secara langsung dapat meningkatkan keanekaragaman dan aktivitas mikroba yang mampu mengendalikan gangguan hama dan penyakit pada tanaman. Selain itu, dengan meningkatnya aktivitas dan keanekaragaman mikroba dapat memperbanyak ruang pori tanah sehingga lebih banyak air yang mengalami infiltrasi daripada limpasan permukaan (Megan *et al.*, 2008). Sifat fisik dan kimia organik yang terdapat pada tanah berinteraksi dengan mikroorganisme sehingga membangun lingkungan yang menyuburkan. Terkondisikannya lingkungan tanah karena asupan bahan organik akan mendukung ketersediaan dan kemudahan transportasi hara dari tanah ke tanaman. Hara hasil mineralisasi dapat terikat oleh tanah yang mengandung bahan organik (humus) dan menyebabkan hara tidak mudah terbawa aliran air (Antonius *et al.*, 2015).

Aktivitas mikroba tanah tersebut tergabung dalam jaring-jaring makanan yang kompleks dan berinteraksi dengan tanaman maupun organisme lain. Komponen yang hidup dalam tanah termasuk jaring-jaring makanan memiliki

komposisi berbeda pada ekosistem yang berbeda. Pada tanah yang subur terdapat populasi mikroba dan sumber makanan dengan jumlah yang besar. Sedangkan pada tanah yang terganggu, misalnya perlakuan pestisida, pupuk kimia dan fungisida yang berlebihan dapat merusak keseimbangan rantai makanan termasuk memusnahkan organisme yang bermanfaat bagi tanah (Bot dan Benites, 2005).

Keanekaragaman organisme yang melimpah akan membentuk rantai makanan, dimulai dari organisme yang paling kecil yaitu bakteri, algae, fungi, protozoa, nematoda hingga cacing, serangga dan tanaman sebagai produsen. Menurut penelitian Krivstov (2005), bakteri dan cendawan berkontribusi penting dan saling menguntungkan, karena kedua organisme tersebut merupakan agen dalam mendekomposisi seresah yang ada di ekosistem hutan. Pascoal dan Cassio (2004) menambahkan bahwa, dekomposisi seresah secara terus-menerus merupakan proses penting dalam ekosistem. Bakteri dan cendawan memecah karbon pada seresah menjadi biomassa mikroba dan meningkatkan ketersediaan makanan bagi mikroorganisme lainnya.

Nilai sebuah bentang lahan berkaitan erat dengan kondisi kesehatan tanah atau kesuburannya. Ciri-ciri tanah yang sehat adalah : (1) populasi organismenya beragam dan aktif (2) memiliki dalam jumlah tinggi residu yang relatif segar sebagai sumber makanan organisme dan (3) memiliki dalam jumlah tinggi bahan organik yang terhumifikasi untuk mengikat air dan muatan negatif untuk pertukaran kation (Solihin dan Fitriatin, 2017).

Guillaume *et al.* (2016) menyatakan bahwa, aktivitas mikroba merupakan indikator utama kesehatan dan kesuburan tanah karena mikroba dapat membantu mengendalikan siklus hara terutama C-organik. Manajemen praktik yang tidak tepat contohnya budidaya tanaman secara intensif akan meningkatkan kehilangan C-organik tanah sehingga menyebabkan aktivitas mikroba dan kesuburan tanah menurun secara signifikan. Menurut Rao (1994); Solihin dan Fitriatin (2017) yang mengklasifikasikan tingkat populasi mikroba tanah ke dalam beberapa kelas. Semakin tinggi tingkat kelas, maka semakin tinggi potensi mikroba tanah tersebut dalam menunjang pertanian yang berkelanjutan. Jumlah mikroba tersebut menunjukkan tingkat aktivitasnya di dalam tanah. Semakin tinggi tingkat aktivitas

mikroba, maka perannya dalam proses biokimia dalam tanah menjadi lebih besar sehingga penggunaan pupuk anorganik dapat dikurangi.

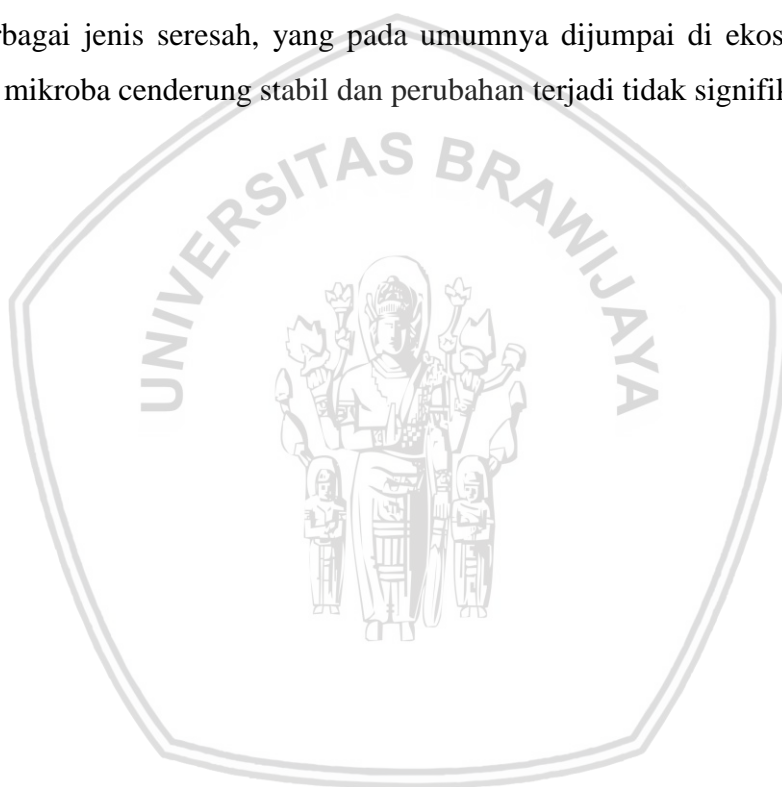
1.4. Pengaruh Perbedaan Penggunaan Lahan dan Tutupan Lahan dalam Mempengaruhi Aktivitas Mikroba Tanah

Penggunaan lahan dan tutupan lahan yang tumbuh diatas tanah sangat mempengaruhi kehidupan mikroba. Penelitian Bot dan Benites (2005) menunjukkan bahwa, penggunaan lahan sebagai lahan pertanian dapat memberikan pengaruh positif maupun negatif terhadap organisme tanah. Manajemen lahan dan kegiatan pertanian mengubah komposisi organisme tanah pada semua level, berakibat pula terhadap kesuburan tanah dan produktivitas tanaman. Pembersihan lahan hutan atau padang rumput menjadi lahan budidaya dapat memberikan efek drastis terhadap kondisi tanah, terutama pada jumlah dan jenis mikroba. Secara umum, kegiatan tersebut menurunkan kualitas dan kuantitas residu tanaman dan spesies organisme dalam jumlah yang besar. Hal tersebut diikuti dengan menurunnya sumber makanan dan habitat organisme tanah secara signifikan.

USDA (1996) menambahkan bahwa, pengolahan tanah menyebabkan dekomposisi berlangsung lebih cepat karena terdapat beberapa perubahan kondisi seperti aerasi, ketersediaan air dan temperatur. Dekomposisi berlangsung lambat pada kisaran suhu 4⁰C, namun meningkat dengan stabil hingga mencapai 40⁰C dengan kadar air tinggi. Apabila dekomposisi terhambat, maka ketersediaan makanan untuk mikroba akan menurun sehingga dapat mengganggu aktivitas mikroba dan potensi kesuburan tanah.

Seresah yang berasal dari kanopi berbeda akan memproduksi biomassa yang tinggi dan menghasilkan aktivitas biologi yang tinggi di dalam dan di permukaan tanah (Bot dan Benites, 2005). Beberapa kajian telah menunjukkan bahwa, aktivitas, biomassa dan kelimpahan mikroba bergantung pada vegetasi yang ada sehingga keanekaragaman seresah menstimulasi keanekaragaman mikroba (Rodrigues, 2009). Rodrigues (2009) juga mengemukakan hasil penelitiannya bahwa, keanekaragaman organisme yang ada di hutan berbanding lurus dengan kelimpahan mikroba sehingga menyebabkan biologis tanah semakin aktif.

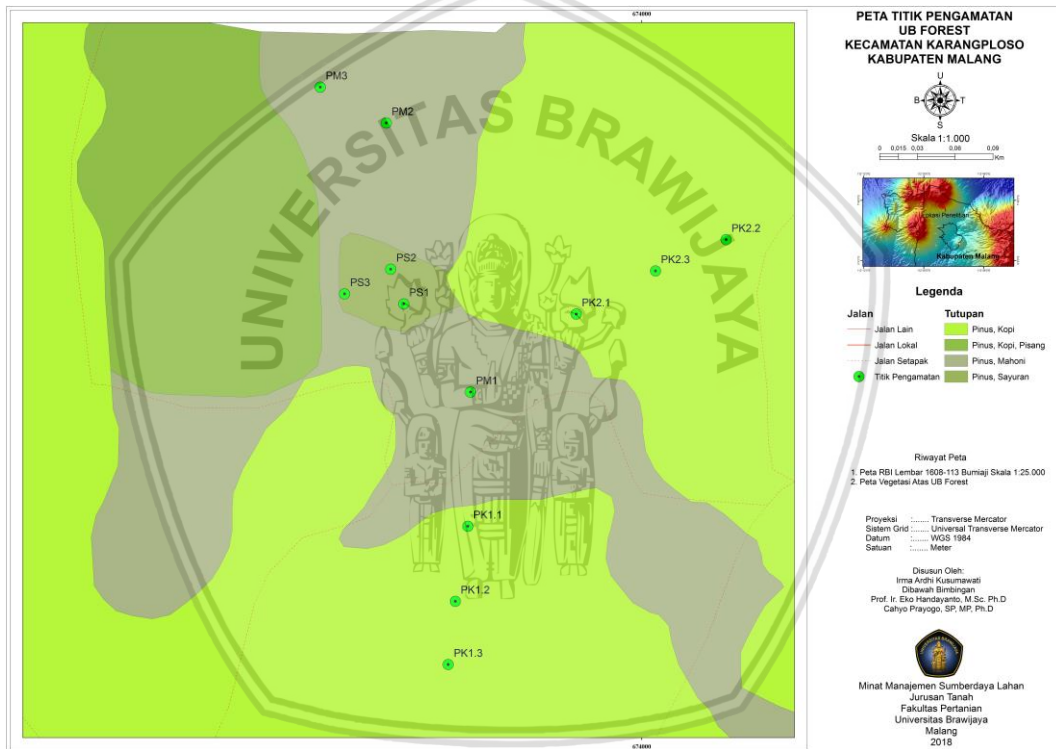
Coleman *et al.* (2005) menyatakan bahwa biodiversitas tinggi dari mikroba terdapat pada tanah-tanah dengan vegetasi yang berbeda. Solihin dan Fitriatin (2017) menambahkan bahwa, ekosistem hutan merupakan suatu habitat yang memiliki keragaman hayati tinggi sehingga mendukung pertumbuhan mikroba yang tinggi. Guillaume *et al.* (2016) menyatakan bahwa, sifat biologi tanah terutama biomassa mikroba merupakan faktor yang lebih sensitif terhadap perubahan manajemen dan penggunaan lahan. Penelitian yang dilakukan Samantha *et al.* (2013), menunjukkan bahwa kondisi kelimpahan mikroba dan beberapa jenis dekomposer dapat berubah-ubah pada dekomposisi seresah yang sejenis. Namun pada berbagai jenis seresah, yang pada umumnya dijumpai di ekosistem hutan, populasi mikroba cenderung stabil dan perubahan terjadi tidak signifikan.



iii. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

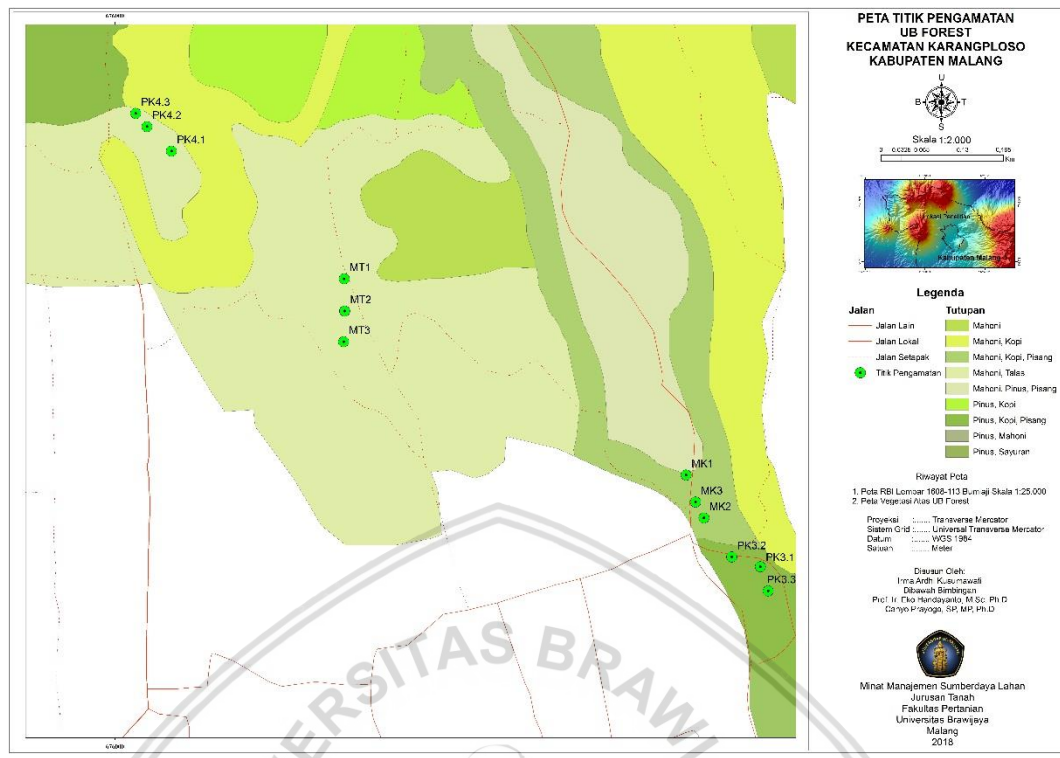
Penelitian akan dilaksanakan di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus Univeritas Brawijaya (KHDTK-UB) lebih dikenal sebagai UB *Forest*, Dusun Summersari dan Dusun Bocek, Desa Tawang Argo, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. Analisa laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Biologi dan Kimia Jurusan Tanah. Penelitian dimulai pada bulan Oktober 2017 hingga bulan April 2018. Berikut ini merupakan peta lokasi penelitian UB *Forest* (Gambar 1 dan Gambar 2):



Gambar 1. Titik lokasi pengamatan di Dusun Summersari

Lokasi penelitian di Dusun Summersari terdapat 4 plot dengan 3 kali ulangan sehingga menghasilkan 12 plot pengamatan. Plot pengamatan tersebut adalah 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).





Gambar 2. Titik lokasi pengamatan di Dusun Bocek

Lokasi penelitian di Dusun Bocek terdapat 4 plot dengan 3 kali ulangan sehingga menghasilkan 12 plot pengamatan. Plot pengamatan tersebut adalah MK (Mahoni Umur 40 Tahun dan Kopi Kelas Umur 2-4 Tahun), 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).

3.1.2. Kondisi Lahan

UB Forest merupakan kawasan sebagian besar lahannya tergolong ke dalam penggunaan lahan agroforestri dan sebagian kecil lahan masih tergolong hutan lindung. Pengamatan dilaksanakan pada 8 plot, dengan tanaman utama berupa pohon pinus, mahoni dan kopi. Untuk mengklasifikasikan lahan yang terdapat di UB Forest, diberlakukan sistem KU (Kelas Umur) terhadap pohon pinus dan mahoni. Setiap 1 KU menandakan bahwa umur tanaman tersebut adalah ± 5 tahun. Pada plot yang diamati pada penelitian ini, terjadi alih fungsi lahan dari lahan hutan yang ditanami pohon akasia menjadi lahan pinus dan tanaman semusim sebanyak 81,42 ha. Perubahan penggunaan lahan ini terjadi pada tahun ± 1976 , sehingga tanaman pinus di lahan tersebut termasuk ke dalam KU 8 atau berumur ± 40 tahun.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada saat pengamatan di lapang adalah tali rafia berukuran 20 m x 20 m, *litter trap* berukuran 1 m x 3 m, *frame* ukuran 50 cm x 50 cm, plastik, gunting dan alat tulis, sedangkan alat yang digunakan untuk pengamatan di laboratorium adalah mikropipet, *beaker glass* 25 ml, 250 ml dan 500 ml, tabung reaksi, amplop kertas, timbangan analitik, oven, labu erlenmeyer 500 ml, buret mikro, autoklaf, *desiccator*, cawan petri, segitiga kaca, bunsen, *plastic wrap*, vortex, kertas saring whatman nomor 42, inkubator, LAFC. Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah seresah, sampel tanah, alkohol 70%, aquades, $K_2Cr_2O_7$, H_2SO_4 , H_3PO_4 85%, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, kloroform, 0.5 M K_2SO_4 , difenilamina, NaCl, K_2SO_4 , $FeSO_4$, natrium agar, CTAB, silicon antifoam, methanol, Na_2CO_3 , Na_2WO_4 , asam orthoposporic, asam phosphomolybdic, asam tannic.

3.3. Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Petak Tersarang (*Nested*) dengan 8 perlakuan dan 3 kali ulangan, sehingga total plot pengamatan berjumlah 24 plot. Berikut ini merupakan Tabel 1 yang berisi kombinasi pengamatan dalam penelitian:

Tabel 1. Kombinasi Pengamatan

Kode	Pengamatan
PK1	Pinus (Kelas Umur 5) + Kopi
PK2	Pinus (Kelas Umur 6) + Kopi
PM	Pinus Monokultur (Kelas Umur 4)
PS	Pinus (Kelas Umur 8) + Sayuran (Kubis, Wortel)
MT	Mahoni (Kelas Umur 8) + Talas
MK	Mahoni (Kelas Umur 8) + Kopi
PK3	Pinus (Kelas Umur 7) + Kopi
PK4	Pinus (Kelas Umur 8) + Kopi

Berikut ini merupakan Tabel 2 yang berisi parameter pengamatan yang diamati dalam pelaksanaan penelitian:

Tabel 2. Parameter pengamatan

Objek	Parameter	Satuan	Metode Analisa
Tanah	C-organik tanah	%	Walkley & Black
	<i>Microbial Biomass Carbon</i> (MBC)	mg/kg	Ekstraksi-fumigasi
	pH	-	pH H ₂ O
	Jumlah populasi bakteri	cfu/ml ⁻¹	<i>Spread plate technique</i>
Biomassa tanaman bawah dan serasah	Berat kering	gram	Oven
	Kadar lignin dan polifenol	%	Anderson & Ingram

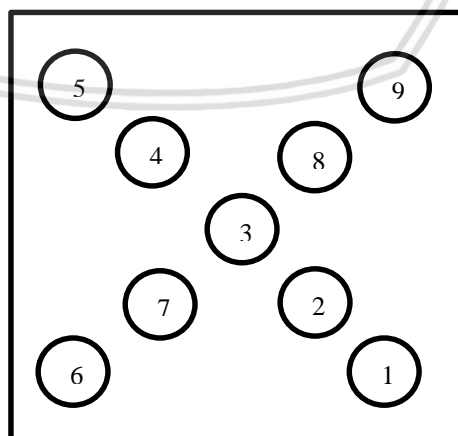
3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Pembuatan Plot Pengamatan

Plot pengamatan dibuat dengan membatasi areal perlakuan seluas 20 m x 20 m menggunakan tali rafia.

3.4.2. Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan secara komposit *zig-zag* dengan jumlah titik sebanyak 9 titik pada plot pengamatan 20 m x 20 m dengan kedalaman 0 – 20 cm. Sampel tanah yang telah diambil kemudian dicampur dan diletakkan ke dalam plastik yang telah diberi label, selanjutnya dimasukkan ke dalam *cooling box* untuk menjaga kondisi tanah agar tetap lembab dan segera dianalisis di laboratorium. Berikut ini (Gambar 3) merupakan denah pengambilan sampel dalam plot:



Gambar 3. Titik pengambilan sampel tanah komposit

3.4.3. Perhitungan Berat Kering Seresah

Pengambilan seresah pada awal pengamatan dilakukan 1 kali menggunakan alat berupa *frame*, sedangkan untuk monitoring seresah yang dilakukan 2 minggu sekali selama 3 bulan dilakukan menggunakan paranet berukuran 1 m x 3 m. Seresah yang telah diambil kemudian ditimbang berat basah menggunakan timbangan analitik, lalu dimasukkan ke amplop kertas untuk dioven selama 48 jam dengan suhu 80°C. Setelah itu seresah diambil dari oven untuk diukur berat setelah dioven menggunakan timbangan analitik, kemudian dihitung berat kering dengan menggunakan persamaan matematis sebagai berikut:

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

3.4.4. Perhitungan C-organik Tanah

Analisis C-organik tanah dilakukan dengan menimbang 0,5 gram tanah yang lolos ayakan 0,5 mm kemudian dimasukkan ke dalam labu enlemeyer. Selanjutnya memasukkan 10 ml K₂Cr₂O₇ 1 N dan 20 ml H₂SO₄ kemudian digoyangkan dan didiamkan selama 30 menit, proses ini dilakukan di ruang asam. Selanjutnya ditambahkan aquades sebanyak 200 ml, 10 ml H₃PO₄ 85% dan indikator difenilamina 30 tetes. Selanjutnya larutan dititrasi dengan FeSO₄ 7 H₂O 1 N melalui buret. Titrasi dihentikan apabila terjadi perubahan warna dari gelap menjadi hijau terang dan catat volume yang dibutuhkan untuk titrasi.

C-organik tanah dihitung dengan menggunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$\%C = \frac{(\text{ml blanko} - \text{ml contoh}) \times 3}{(\text{ml blanko} \times 0,5 \text{ gram})} \times \frac{100 + KA}{100} \quad (1)$$

$$\text{Kandungan bahan organik tanah} = \% \text{ C-organik} \times 1,729 \quad (2)$$

3.4.5. Perhitungan MBC (*Microbial Biomass Carbon*)

Analisis *Microbial Biomass Carbon* tanah dengan menggunakan metode ekstraksi-fumigasi (Vance *et al.* 1987). Langkah analisis dimulai dengan mempersiapkan sampel tanah komposit, kemudian masing-masing sampel ditimbang sebanyak 10 gram untuk fumigasi dan 10 gram untuk non fumigasi. Semua sampel yang akan diberi perlakuan fumigasi diletakkan di dalam desikator dengan 1 *beaker glass* berisi 40 ml kloroform. Desikator tersebut didiamkan hingga kloroform mendidih kemudian inkubasi desikator selama 36 jam dengan suhu 24°C

di tempat gelap. Setelah fumigasi, tanah dipindahkan ke dalam *beaker glass* ukuran 250 ml dan dilakukan ekstraksi dengan menggunakan 0,5 M K_2SO_4 sebanyak 50 ml. Ekstraksi dilakukan selama 30 menit dengan mengocok larutan dalam kecepatan 200 rpm menggunakan *shaker*, kemudian saring menggunakan kertas whattman nomor 42. Kemudian dilakukan analisa C-organik dengan metode Walkley-Black pada sampel yang telah diberi perlakuan fumigasi.

Untuk perlakuan non fumigasi, dilakukan ekstraksi dengan menggunakan 0,5 M K_2SO_4 sebanyak 50 ml, kemudian dilakukan analisa C-organik metode Walkley-Black dan perhitungan C-organik. Kemudian dilakukan perhitungan atau estimasi biomassa C mikroba dengan rumus (Voroney *et al.*, 2006) sebagai berikut:

$$S,C = C\text{-organik (S,C)} \times \left(\frac{V}{B}\right) \quad (1)$$

$$\text{Biomassa C-mikroba } (\mu\text{g g tanah}) = \frac{S-C}{0,35} \quad (2)$$

Keterangan:

S = nilai rata-rata kadar C-organik contoh dengan kloroform

C = nilai rata-rata kadar C-organik kontrol tanpa kloroform

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

V = volume total ekstrak sampel (ml)

B = berat sampel tanah (gram)



Gambar 4. Analisa biomassa C mikroba

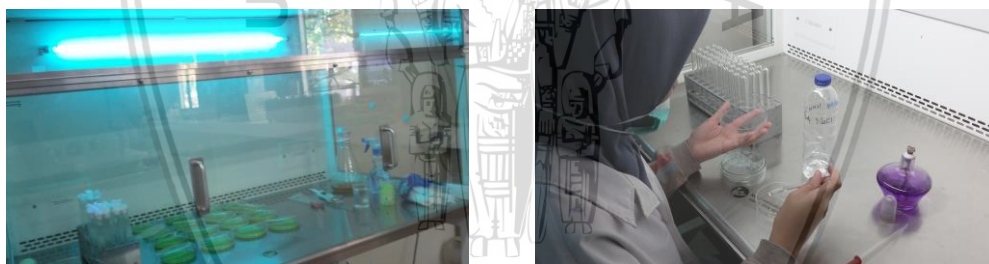
3.4.6. Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri menggunakan pengenceran berseri. Tanah komposit yang telah diambil dari setiap lokasi, ditimbang 5 gram untuk dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, tambahkan larutan fisiologis hingga mencapai 50 ml. Kemudian dikocok dengan shaker 20 menit agar partikelnya terlepas di dalam air kemudian endapkan *suspense* selama 30 detik. Sebelum melakukan pengenceran, terlebih

dahulu masukkan cawan petri yang akan digunakan, tabung reaksi berisi 9 ml larutan fisiologis, dan media NA ke dalam *autoclave* untuk proses sterilisasi. Untuk seri 10^{-1} siapkan tabung reaksi yang telah diisi 9 ml larutan fisiologis steril kemudian ambil 1 ml dari 50 ml larutan tanah untuk di masukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml air dan dikocok. Untuk seri 10^{-2} , ambil 1 ml dari seri 10^{-1} dan tambahkan pada tabung reaksi berisi 9 ml air, dan ulangi seterusnya hingga seri 10^{-6} . Setelah media cair hangat, kemudian tuang ke dalam cawan petri lalu dinginkan hingga suhu kurang dari 40°C . Kemudian 1 ml suspensi tanah dengan pengenceran seri 10^{-5} dan 10^{-6} dimasukkan ke dalam masing-masing cawan petri steril yang telah terdapat media NA dan beri label. Isolat kemudian diinkubasi dengan posisi terbalik dan amati setiap hari.

Perhitungan total populasi bakteri dihitung menggunakan rumus berdasarkan Skinner et al. dalam Hastuti dan Ginting (2007) dengan formula sebagai berikut:

$$\text{total populasi bakteri (cfu/ml}^{-1}\text{)} = \frac{\text{jumlah koloni} \times \text{faktor pengencer}}{\text{berat kering tanah}}$$



Gambar 5. Analisa total populasi bakteri

3.4.7. Analisa pH Tanah (H_2O)

Menimbang tanah 10 gram, tambahkan aquades, kocok dengan *rotary shaker* lalu ukur dengan pH meter.



Gambar 6. Analisa pH tanah (H_2O)

3.4.8. Penetapan Kadar Lignin

Mempersiapkan alat dan bahan serta membuat bahan pereaksi sebagai berikut:

a. Acid detergent solution

Sebanyak 8 gram CTAB (cetyltrimethyl-ammonium bromide) dilarutkan dalam 400 ml H₂SO₄ 0.5 M (28 ml H₂SO₄ pekat yang dilarutkan dengan aquades hingga volume mencapai 1000 ml)

b. Antifoam solution

Sebanyak 2,5 ml silicon antifoam 30% (30 ml silicon antifoam pekat yang dilarutkan dalam 100 ml aquades) dilarutkan dalam 100 ml aquades.

c. H₂SO₄ 72%

Sebanyak 720 ml H₂SO₄ pekat dilarutkan ke dalam aquades hingga mencapai volume 1000 ml.

Menimbang 0,5 gram contoh tanaman (W1) dan ditambahkan 25 ml acid detergent solution dan 1 ml antifoam solution ke dalam 250 ml botol volumetrik, kemudian dipanaskan dengan suhu 150 °C selama 1 jam, setelah mendidih turunkan suhu pada awal terjadinya pembuihan dan goyang-goyang untuk beberapa saat, kemudian disaring dalam filter glass crucible (W2) dan cuci dengan acetone 1 kali dan disusul dengan air panas hingga tidak berwarna. Crucible dan isinya di oven pada suhu 105 °C selama 24 jam dan dinginkan ke dalam desikator kemudian timbang (W3). Crucible dan isinya ditempatkan dalam beaker glass dan tambahkan H₂SO₄ 72% secukupnya sampai setengah dari volume crucible dan didiamkan selama 3-4 jam. Menyedot atau membilas menggunakan vacuum pump, setelah bersih dibilas dengan air panas hingga tidak ada asam (tidak berwarna atau berbuih). Crucible dan isinya di oven pada suhu 105 °C selama 24 jam, dinginkan dan timbang (W4), sedangkan isinya diabukan pada suhu 500 °C selama 4-5 jam kemudian dinginkan dan timbang (W5). Selanjutnya dilakukan perhitungan berikut :

$$ADF (\%) = \frac{W_3 - W_2}{W_1} \times 100$$

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

3.4.9. Penetapan Kadar Polifenol

Mempersiapkan alat dan bahan serta membuat bahan pereaksi sebagai berikut:

a. Methanol

Melarutkan 101,01 ml ethanol 99% dalam 200 ml aquades.

b. Sodium carbonat

25,5 gram Na_2CO_3 dalam 124,5 ml aquades dilarutkan dalam beaker glass.

c. Sodium tungstate (Na_2WO_4)

d. Asam orthophosporic

e. Asam phosphomolybdic

f. Asam tannic

g. Reagent Follin-Denis

Sebanyak 25 gram sodium tungstate ditambah 5 gram asam phosphomolybdic dan 12,5 ml asam orthophosphoric dimasukkan ke dalam 250 ml botol volumetrik yang berisi 187,5 ml aquades kemudian di reflux selama 2 jam dan diencerkan untuk 250 ml dengan menggunakan aquades.

Selanjutnya adalah pembuatan larutan standart yaitu dengan melarutkan 0,01 gram asam tannic ke dalam 100 ml botol ml volumetrik dengan aquades kemudian diambil 0,1 mg/ml asam tannic dimasukkan dalam 50 ml cuvet yang berisi 20 ml aquades lalu tambahkan 2.5 ml reagent Folin-Denis dan 10 ml Na_2CO_3 17% kemudian dibaca dengan spektrofotometer absorbansi 760 nm.

Menimbang 0,75 gram contoh tanaman dan diekstrak dengan 20 ml methanol 50% ke dalam beaker glass 100 ml dan ditutup dengan menggunakan para film atau aluminium foil. Didihkan dalam water bath pada suhu 70-80 °C selama 1 jam dan hasil ekstraksi disaring dengan kertas saring whattman no. 42 dan dibilas dengan menggunakan methanol 50 % dan diencerka sampai 50 ml dalam botol volumetrik (konsentrasi = 15 mg/ml). Pipet 1 ml hasil ekstraksi ke dalam cuvet 50 ml, tambahkan 20 ml aquades dan 2,5 ml reagent Folin-Denis dan 10 ml Na_2CO_3 17% kemudian encerkan sampai 50 ml dengan menggunakan aquades dan diamkan selama 20 menit. Baca menggunakan spektrofotometer absorbansi 760 nm. Selanjutnya mencari persamaan regresi dari larutan standart dan tentukan TAE sampel tanah dan TAE blanko berdasarkan persamaan regresi.

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

3.5. Analisis Data

Data kuantitatif yang diperoleh dari hasil pengamatan diolah menggunakan *Microsoft Excel* dan dianalisis menggunakan ANOVA, berdasarkan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Apabila hasil menunjukkan pengaruh nyata, analisa dilanjutkan dengan uji Duncan 5%. Tahap berikutnya adalah melakukan uji korelasi dan regresi untuk mengetahui hubungan antar parameter pengamatan dengan menggunakan *software* Genstat dan *Microsoft Excel*.



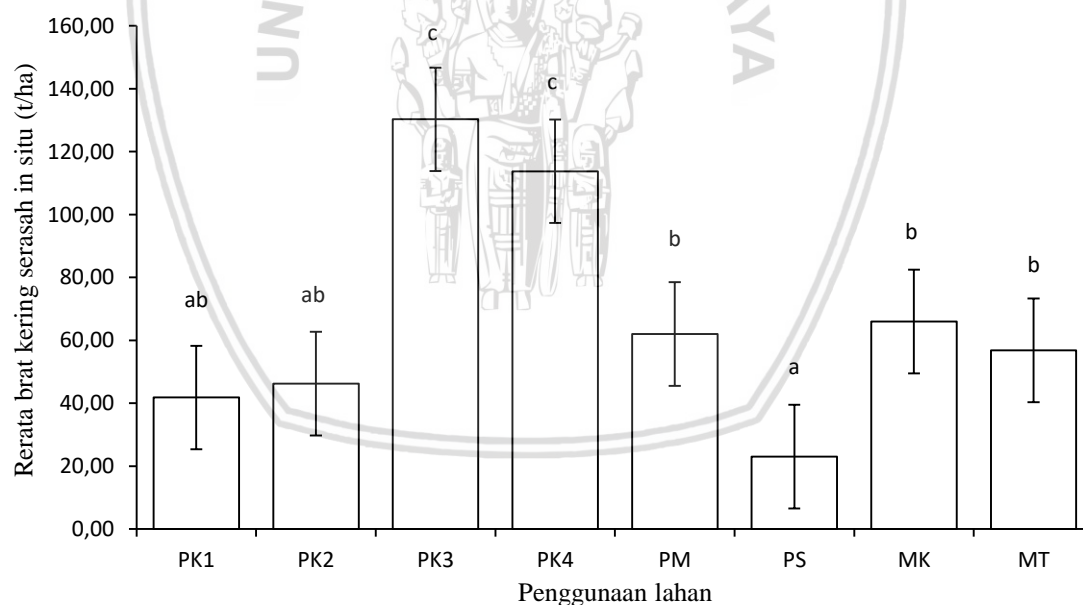
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Perubahan penggunaan lahan di kawasan UB *Forest* mempengaruhi parameter pengamatan berupa berat kering serasah in situ, berat kering input serasah setiap 2 minggu sekali, berat kering *understorey*, kadar C-organik tanah, biomassa C mikroba, jumlah populasi bakteri, pH tanah, kadar lignin dan polifenol yang secara detail dijelaskan sebagai berikut:

4.1.1. 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 ($P < 0,01$). 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, PK3 dan PK4, namun tidak berbeda nyata dengan lahan PK1 dan PK2 (Gambar 7).



Keterangan : Huruf yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada uji lanjut Duncan 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); s.e.d = 16,47.

Gambar 7. Rerata input serasah in situ pada penggunaan lahan yang berbeda

Pengamatan masukan serasah in situ dilakukan untuk mengetahui rerata jumlah serasah yang tersedia pada lahan tersebut sebagai sumber utama bahan organik, sebagai penyedia unsur hara, memperbaiki sifat fisika kimia dan biologi tanah. Pengamatan masukan serasah in situ dilakukan dengan mengambil serasah yang terjatuh di permukaan tanah sebanyak 3 kali ulangan menggunakan *frame* berukuran 50 cm x 50 cm.

Dari keseluruhan pengamatan yang dilakukan, didapatkan rerata hasil tertinggi berat kering serasah in situ terdapat pada lahan PK3 yaitu senilai 130,28 t/ha sedangkan rerata hasil terendah berat kering serasah in situ terdapat pada lahan PS senilai 23,04 t/ha. 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 oleh masukan serasah yang minimal.

4.1.2. Kadar Polifenol dan Lignin Serasah

Kadar polifenol dan lignin yang terkandung di dalam suatu tanaman dapat mempengaruhi laju dekomposisi serasah. Semakin tinggi kualitas suatu serasah, maka akan semakin cepat serasah tersebut terdekomposisi. Berikut ini merupakan hasil analisa laboratorium mengenai kadar polifenol dan lignin yang terkandung pada serasah daun tanaman kopi, mahoni dan pinus di beberapa lahan di kawasan UB *Forest*:

Tabel 3. 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

Keterangan: Kadar lignin <15% tergolong rendah dan berkualitas tinggi; kadar polifenol <4% tergolong rendah dan berkualitas tinggi (Palm dan Sanchez, 1991). 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%) (Catherine *et al*, 2004).

Hasil analisa vegetasi menunjukkan bahwa daun mahoni memiliki kadar polifenol yang tergolong rendah dan berkualitas tinggi yaitu 2,84%, sedangkan daun kopi memiliki kadar polifenol 5,56% dan daun pinus memiliki kadar polifenol

6,76% yang tergolong tinggi. Hasil analisa vegetasi menunjukkan bahwa kadar lignin daun mahoni senilai 19,46%, daun kopi senilai 24,76%, daun pinus senilai 29,42%. Ketiga hasil analisa lignin tersebut tergolong tinggi dan berkualitas rendah sesuai dengan klasifikasi analisa polifenol dan lignin yang dikemukakan oleh Palm dan Sanchez (1991), sedangkan tergolong kelas II sesuai dengan klasifikasi analisa polifenol dan lignin yang dikemukakan oleh Catherine *et al.* (2004).

4.1.3. 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. Berikut ini merupakan tabel hasil analisa berat kering serasah setiap 2 minggu sekali:

Tabel 4. Hasil analisa berat kering serasah pada penggunaan lahan yang berbeda per minggu

Kode	Minggu 2		Minggu 4		Minggu 6		Minggu 8		Minggu 10	
	t/ha		t/ha		t/ha		t/ha		t/ha	
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

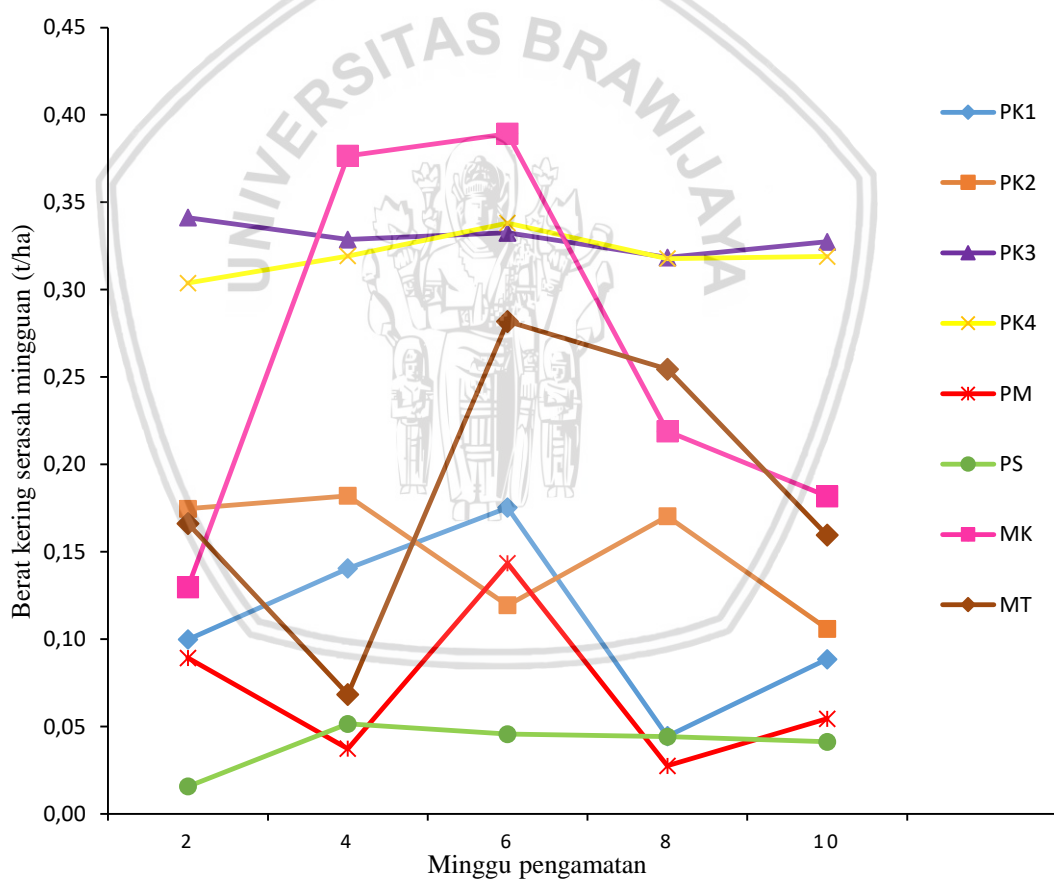
Keterangan : Huruf yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada uji lanjut Duncan 5%. Jenis pengamatan : MK (Mahoni Umur 40 Tahun dan Kopi Kelas Umur 2-4 Tahun), PK1 (Pinus Umur 20 Tahun dan Kopi Umur 4-6 tahun), PK2 (Pinus Umur 30 Tahun 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 pada satu waktu, tidak berbeda nyata, sedangkan huruf besar yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan pengamatan satu plot setiap 2 minggu, tidak berbeda nyata.

Dari analisis ragam pengamatan pengaruh perbedaan penggunaan lahan terhadap rata-rata berat kering masukan serasah pada plot yang sama setiap 2 minggu sekali menunjukkan pengaruh nyata ($P < 0,05$) pada plot MK, PK1, dan PM sedangkan menunjukkan pengaruh tidak nyata pada plot MT, PK2, PK3, PK4 dan

PS. Pada plot yang menunjukkan pengaruh tidak nyata ($P>0,05$) membuktikan bahwa, lahan tersebut memberikan masukan serasah yang konsisten.

Pengamatan masukan serasah setiap 2 minggu sekali dilakukan untuk memantau dinamika masukan serasah yang dihasilkan tanaman, pengamatan masukan serasah setiap 2 minggu sekali menggunakan *litter trap* berukuran 1 m x 3 m. Lahan PK3 dan PK4 secara konsisten memberikan masukan serasah yang tinggi, lahan PS memberikan masukan serasah yang rendah. Lahan MK dan MT memberikan masukan serasah yang fluktuatif, pada minggu ke-4 dan minggu ke-6 terjadi peningkatan serasah secara signifikan.

Berikut ini merupakan grafik pengamatan masukan serasah setiap 2 minggu sekali pada lahan yang diamati:



Gambar 8. Grafik pengamatan masukan serasah setiap 2 minggu sekali pada penggunaan lahan yang berbeda

Grafik pengamatan (Gambar 8) menunjukkan bahwa, masukan serasah setiap 2 minggu sekali pada setiap lahan pengamatan tergolong fluktuatif. Pada pengamatan masukan serasah minggu ke-2 didapatkan hasil berkisar antara 0,02

t/ha sampai 0,34 t/ha. Pada pengamatan masukan serasah minggu ke-4 didapatkan hasil berkisar antara 0,04 t/ha sampai 0,38 t/ha. Pada pengamatan masukan serasah minggu ke-6 didapatkan hasil berkisar antara 0,05 t/ha sampai 0,39 t/ha dimana terjadi peningkatan masukan serasah pada lahan PK1, PK3, PK4, PM, MK dan MT, sedangkan terjadi penurunan masukan serasah pada lahan PK2 dan PS dibandingkan dengan pengamatan minggu ke-4. Pada pengamatan masukan serasah minggu ke-8 didapatkan hasil berkisar antara 0,03 t/ha sampai 0,32 t/ha dimana terjadi peningkatan masukan serasah pada lahan PK2, sedangkan pada PK1, PK3, PK4, PM, PS, MT dan MK mengalami penurunan masukan serasah dibandingkan dengan pengamatan minggu ke-6. Pada pengamatan masukan serasah minggu ke-10 didapatkan hasil berkisar antara 0,04 t/ha sampai 0,33 t/ha dimana terjadi penurunan masukan serasah pada lahan PK2, PS, MK dan MT sedangkan terjadi peningkatan masukan serasah pada lahan PK1, PK3, PK4 dan PM dibandingkan pengamatan minggu ke-8.

Serasah yang diamati setiap dua minggu sekali tergolong fluktuatif, hal tersebut dapat disebabkan oleh faktor lingkungan yang memicu 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. Dimungkinkan terdapat faktor lingkungan yang memicu faktor gen dan hormon untuk melakukan proses *senescence* atau pengguguran bunga dan daun mahoni, seperti pada penelitian Woo *et al.* (2013), kekeringan, suhu, unsur hara rendah, dan serangan pathogen dapat memicu gen ORE1 dan ANAC092 dan mempengaruhi hormon etilen pada tanaman *Arabidopsis thaliana* sehingga terjadi senese 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. Selain itu, dapat dimungkinkan pula kadar C-organik dan aktivitas mikroba yang tinggi didukung oleh faktor lain berupa *understorey*. Tanaman bawah atau *understorey* dapat mempertahankan bahan organik tanah melalui penutupan permukaan lahan dari sinar matahari dan hujan secara langsung yang dapat

menyebabkan *leaching*. Selain itu, *understorey* yang menutupi permukaan lahan dapat mengondisikan iklim mikro (suhu dan kelembaban tanah) sehingga sesuai dengan syarat tumbuh mikroorganisme dan mendukung aktivitas mikroorganisme tersebut. Hasil penelitian menunjukkan *understorey* memiliki peranan penting dalam suatu lahan, terutama mengenai kesuburan tanah yang dicerminkan dari kadar C-organik dan aktivitas mikroba. Dari analisis ragam, terlihat pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap rerata berat kering *understorey* menunjukkan pengaruh sangat nyata ($P < 0,01$). Berikut ini (Tabel 5) merupakan hasil rerata pengamatan berat kering *understorey*:

Tabel 5. Hasil rerata pengamatan berat kering *understorey*

Plot Pengamatan	Rerata <i>Understorey</i> (t/ha)
PK1	7,50 bc
PK2	6,58 b
PK3	12,21 c
PK4	10,03 bc
PM	9,27 bc
PS	1,22 a
MK	7,69 bc
MT	7,09 b

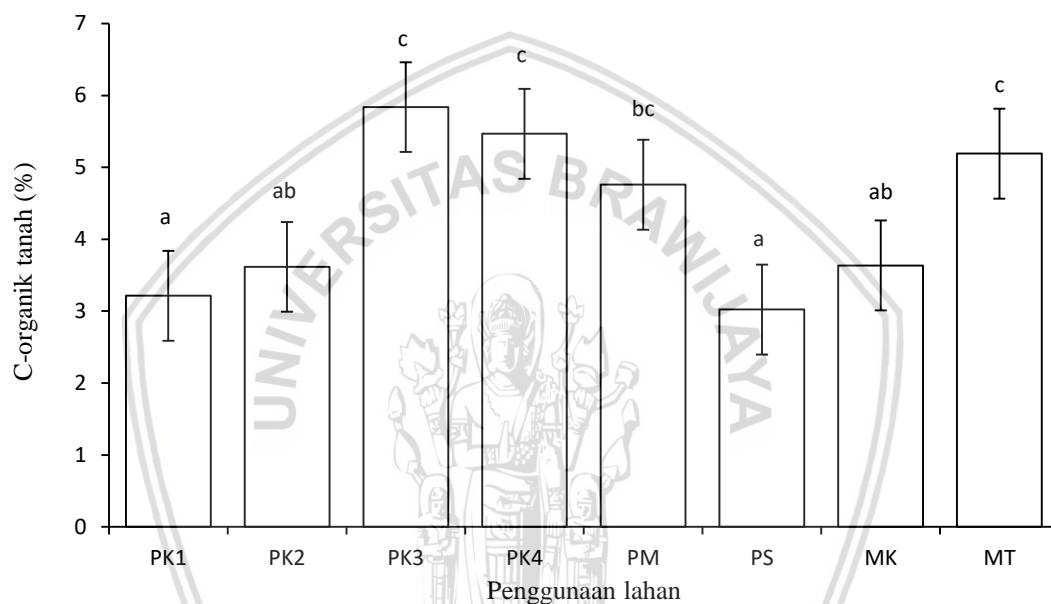
Keterangan : Huruf yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada uji lanjut Duncan 5%. Jenis pengamatan : MK (Mahoni Umur 40 Tahun dan Kopi Kelas Umur 2-4 Tahun), PK1 (Pinus Umur 20 Tahun dan Kopi Umur 4-6 tahun), PK2 (Pinus Umur 30 Tahun 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); s.e.d = 4,75.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada lahan PK3 memiliki berat kering *understorey* tertinggi yaitu sebanyak 12,21 t/ha dengan kondisi lahan tertutup *understorey* tanpa ada gangguan atau pengolahan lahan. Sedangkan pada lahan PS memiliki berat kering *understorey* terendah yaitu sebanyak 1,22 t/ha dengan kondisi lahan yang ditanami tanaman semusim berupa kubis dan dilakukan pengolahan tanah serta pemangkasan cabang pohon pinus. Hasil analisa ragam pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap berat kering *understorey* menunjukkan pengaruh nyata ($P < 0,05$). Tanaman bawah atau *understorey* memberikan pengaruh terhadap suhu dan kelembaban tanah (Gurlevik *et al*, 2004; Pan *et al*, 2018). 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. Namun hasil pengamatan

menunjukkan bahwa, pada lahan yang ditanami tanaman tua dengan pengolahan tanah, pemeliharaan tanaman dan *understorey* yang minim memiliki bahan organik tanah yang rendah.

4.1.4. Kadar 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 9).



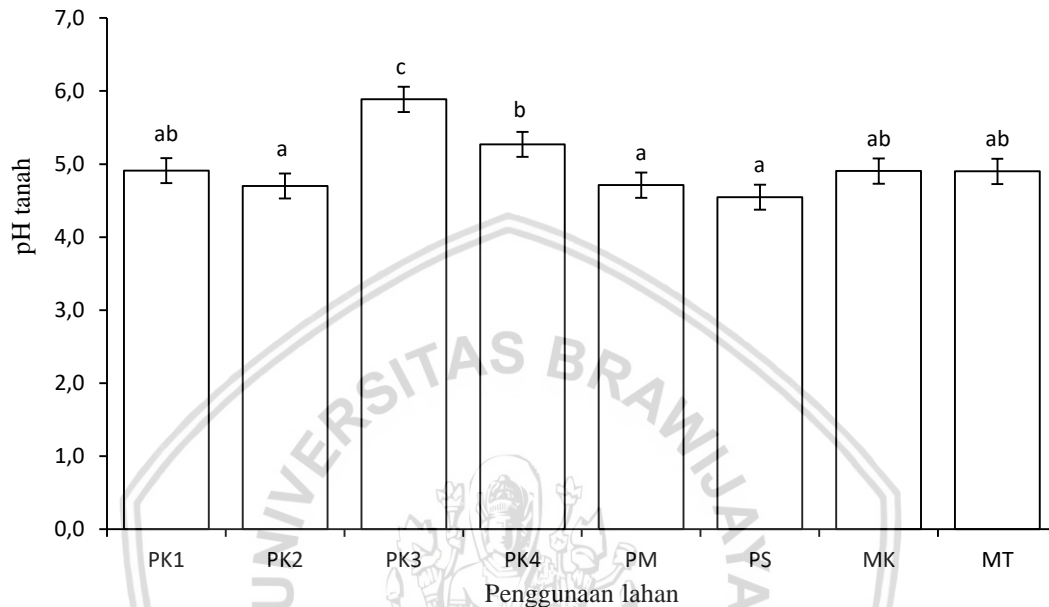
Keterangan : Huruf yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada uji lanjut Duncan 5%. Jenis pengamatan : MK (Mahoni Umur 40 Tahun dan Kopi Kelas Umur 2-4 Tahun), PK1 (Pinus Umur 20 Tahun dan Kopi Umur 4-6 tahun), PK2 (Pinus Umur 30 Tahun dan Kopi Umur 2-4 Tahun), PS (Pinus Umur 25 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); s.e.d = 0,625.

Gambar 9. Grafik kadar C-organik pada penggunaan lahan yang berbeda

Dari keseluruhan pengamatan, 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%. (Gambar 4). Terjadi penurunan kadar C-organik secara signifikan dari lahan PK3 ke PS sebanyak 2,78%. Kadar C-organik pada lahan PK3 (pinus umur 35 tahun dan kopi) 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.

4.1.5. 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 10).



Keterangan : Huruf yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada uji lanjut Duncan 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); s.e.d = 0,1725.

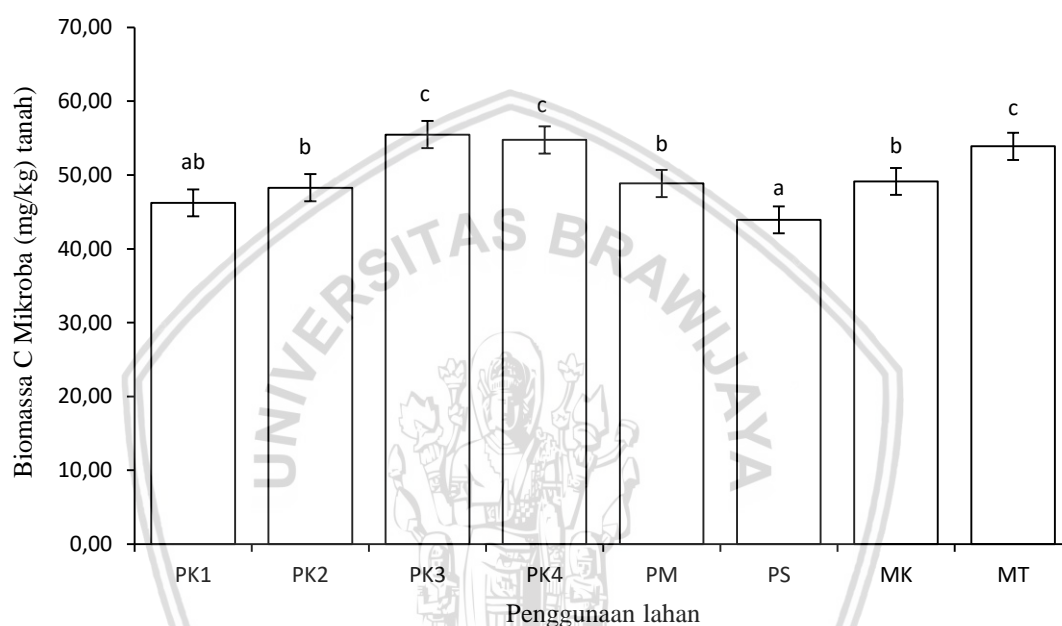
Gambar 10. Grafik pH tanah pada penggunaan lahan yang berbeda

Dari keseluruhan pengamatan yang dilakukan, didapatkan 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%. Sesuai dengan hasil uji lanjut DUNCAN 5% didapatkan hasil bahwa 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 tersebut berkaitan dengan syarat hidup mikroorganisme tanah, khususnya bakteri. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pH tanah pada lahan yang diamati berkisar antara 4,5 – 5,8. 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.

4.1.6. Biomassa C 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 11).



Keterangan : Huruf yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada uji lanjut Duncan 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); s.e.d = 1,834.

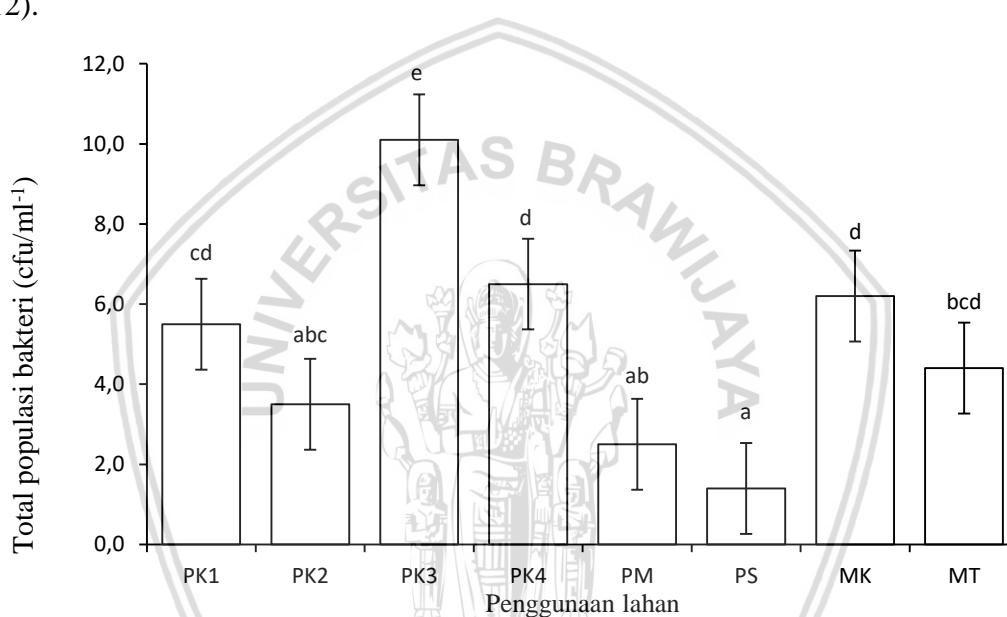
Gambar 11. Grafik biomassa C mikroba pada penggunaan lahan yang berbeda

Dari keseluruhan pengamatan yang dilaksanakan, didapatkan hasil bahwa 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 (Gambar 11). Terjadi penurunan biomassa C mikroba secara signifikan dari lahan PK3 ke PS sebanyak 20,81%. Sesuai dengan hasil uji lanjut Duncan 5% didapatkan hasil bahwa biomassa C mikroba pada lahan PK3 (pinus umur 35 tahun dan kopi) 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 (pinus umur 40 tahun dan kopi), yang berarti memiliki nilai yang hampir sama atau tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Terjadi penurunan biomassa C mikroba secara signifikan dari lahan PK4 ke PS sebanyak 19,77%.

4.1.7. 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 12).

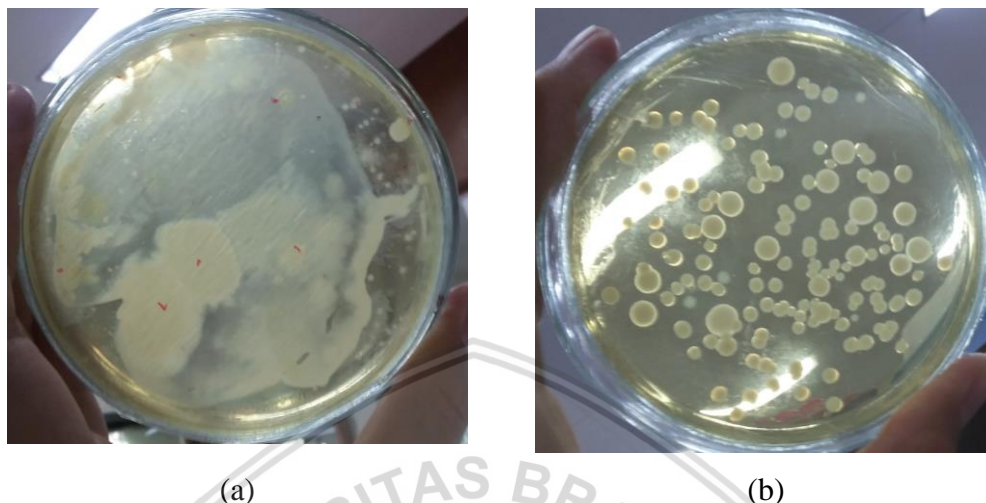


Keterangan : Huruf yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada uji lanjut Duncan 5%. Jenis pengamatan : MK (Mahoni Umur 40 Tahun dan Kopi Kelas Umur 2-4 Tahun), PK1 (Pinus Umur 20 Tahun dan Kopi Umur 4-6 tahun), PK2 (Pinus Umur 30 Tahun 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); s.e.d = 1,134.

Gambar 12. Grafik total populasi bakteri pengenceran 10^{-6} pada penggunaan lahan yang berbeda

Dari keseluruhan pengamatan yang dilaksanakan, didapatkan 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%. Sesuai dengan hasil uji lanjut Duncan 5% didapatkan hasil bahwa jumlah 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.



Gambar 13. Hasil pengamatan dan perhitungan total populasi bakteri pengenceran 10^{-6} pada lahan PS (a) dan lahan PK3 (b)

Total populasi bakteri yang tinggi pada lahan PK3 (Gambar 8) menunjukkan bahwa lahan tersebut memiliki tingkat kesuburan yang tinggi dan sesuai dengan syarat tumbuh bakteri yang dipengaruhi oleh *understorey* sehingga bakteri tersebut dapat aktif, tumbuh dan berkembang biak. Tingkat kesuburan tanah yang tinggi tersebut berkaitan dengan ketersediaan serasah sebagai sumber bahan organik yang melimpah sehingga total populasi yang terdapat pada lahan juga semakin banyak.

4.2. Pembahasan

4.2.1. C-Organik Tanah

Kadar C-organik tanah bergantung pada keseimbangan masukan serasah oleh tanaman dan proses dekomposisi serasah oleh mikroorganisme tanah (Saggar *et al*, 2001; Huang dan Song, 2010; Fang, 2014). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar C-organik tanah pada lahan PS yaitu lahan hutan yang telah dialihgunakan menjadi lahan agroforestri sederhana (pinus dan tanaman semusim berupa kubis) tergolong rendah. Penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa kadar C-organik menurun ketika terjadi konversi lahan hutan menjadi lahan pertanian (Yang *et al*, 2009; Pandey, 2010, Fang *et al*, 2014). Perubahan penggunaan lahan dapat mempercepat kehilangan C-organik tanah (Smith *et al*. 2002; Chen *et al*, 2016). Perubahan penggunaan lahan secara umum berarti mengubah komposisi tanaman

(Fang, 2014). Perubahan komposisi tanaman yang awalnya adalah pohon akasia kemudian menjadi pohon pinus dan tanaman semusim, ditambah dengan adanya pemangkasan cabang pohon pinus agar tanaman semusim mendapat cahaya matahari maksimal dapat menurunkan masukan serasah pada lahan tersebut. Apabila masukan serasah rendah atau sedikit maka sumber bahan organik yang tersedia pada lahan tersebut juga menurun, sehingga mempengaruhi kadar C-organik dan aktivitas mikroba.

Tanaman memiliki peranan penting dalam mempengaruhi kesuburan tanah karena kadar polifenol dan lignin yang terdapat pada tanaman menjadi indikator kualitas serasah tanaman tersebut. Kualitas serasah dapat mempengaruhi cepat lambat proses dekomposisi. Bot dan Benites (2005), menjelaskan bahwa akumulasi bahan organik dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas masukan serasah. Landgraff dan Klose (2002); Fang (2014) mengemukakan bahwa sumber karbon yang mudah terdekomposisi akan menunjang perkembangan 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. Menurut Zhang *et al.* (2017); Pan *et al.* (2018), serasah yang memiliki kualitas tinggi dapat meningkatkan atau mempercepat proses dekomposisi serasah sehingga dapat mengakibatkan unsur hara cepat tersedia dan terlepas.

Pengelolaan lahan pada berbagai sistem penggunaan lahan memberikan pengaruh terhadap ketersediaan bahan organik tanah. Penelitian Chen *et al.* (2016) membuktikan bahwa pengolahan tanah pada lahan pertanian dapat mengakibatkan

penurunan KTK, berat isi, bahan organik dan rendahnya nilai pH dibandingkan dengan lahan *coniferous*. Pada lahan PS berupa lahan pinus dan tanaman semusim berupa kubis, terjadi proses dekomposisi yang dipercepat dengan pengolahan lahan secara intensif, selain itu terjadi pemangkasan cabang pohon pinus sehingga menurunkan masukan serasah, *understorey* atau tanaman bawah sangat sedikit karena ditanami tanaman semusim, sehingga hasil analisa C-organik tergolong rendah dan berbeda signifikan dibandingkan penggunaan lahan lainnya. Sedangkan pada lahan PK3 yang memiliki kadar C-organik tergolong tinggi dan berbeda signifikan dibandingkan penggunaan lahan lainnya, terdapat serasah dibiarkan tetap di permukaan tanah, tidak dilakukan pengolahan tanah, sehingga dekomposisi berjalan secara alami oleh mikroorganisme tanah.

Tanaman bawah atau *understorey* memberikan pengaruh terhadap suhu dan kelembaban tanah (Gurlevik *et al*, 2004; Pan *et al*, 2018), kelimpahan populasi mikroba (Wu *et al*, 2011; Blazier *et al*, 2005; Stokdyk *et al*, 2016), dan C/N (Inoue *et al*, 2017; Minick *et al*, 2014; Sohng *et al*, 2017; Pan *et al*, 2018). *Understorey* bermanfaat sebagai tanaman penutup permukaan tanah yang dapat meningkatkan kekasaran permukaan sehingga meminimalisir hilangnya bahan organik tanah pada suatu lahan, khususnya pada provinsi Jiangxi, China yang memiliki potensi erosi dan limpasan permukaan yang tinggi (Pan *et al*, 2018). Nilai berat kering *understorey* pada lahan PK3 merupakan nilai tertinggi yaitu 12,21 t/ha, dimana dapat dinyatakan *understorey* yang ada di lahan tersebut melimpah. Kelimpahan *understorey* pada lahan PK3 mempengaruhi suhu tanah pada lahan tersebut yaitu 22 °C. Sedangkan pada lahan PS yang memiliki nilai berat kering *understorey* terendah yaitu 1,22 t/ha memiliki nilai suhu tanah 21 °C (Lampiran 8). Adanya suhu yang lebih tinggi pada lahan PK3 daripada lahan PS juga membuktikan bahwa aktivitas mikroba pada lahan PK3 tinggi, meskipun perbedaan suhu antara lahan PK3 dan PS tidak signifikan.

4.2.2. Biomassa C Mikroba Tanah

Dari hasil penelitian, diketahui bahwa berbagai faktor dapat mempengaruhi biomassa C mikroba tanah. Hasil analisa menunjukkan korelasi positif ($r=0,74$) antara biomassa C mikroba dengan C-organik tanah, hal tersebut dapat disebabkan karena aktivitas dan perkembangbiakan mikroba bergantung pada ketersediaan

sumber makanan, hasil penelitian tersebut sejalan dengan pernyataan Fang *et al.* (2014); Moscatelli *et al.* (2007), korelasi positif antara biomassa C mikroba dengan kadar C-organik tanah disebabkan oleh mikroorganisme yang bersifat heterotrof dan memiliki aktivitas biologis yang bergantung pada bahan organik. Peningkatan biomassa C mikroba disebabkan oleh peningkatan C-organik dan akumulasi serasah (McGill *et al.* 1986; Rigobelo dan Nahas, 2004). Konversi lahan hutan menjadi lahan agroforestri sederhana yang terjadi pada lahan PS dapat mempengaruhi kadar C-organik tanah dan berdampak pada penurunan biomassa C mikroba. Pada lahan PS, serasah *in situ* dan kadar C-organik tergolong paling rendah dibandingkan penggunaan lahan lain, hal ini disebabkan karena terjadi pemangkasan cabang pinus dan pengolahan tanah sehingga hal tersebut berpengaruh pada penurunan biomassa C mikroba pada lahan tersebut. Yang *et al.* (2015), mengemukakan bahwa pada lahan tanpa pengolahan tanah dan pengolahan tanah yang minim dapat meningkatkan pertumbuhan mikoriza, jamur dan secara signifikan mampu meningkatkan biomassa mikroba yang berperan dalam mendekomposisi akumulasi karbon. Pada lahan PK3 merupakan lahan agroforestri tanpa pengolahan tanah, dengan vegetasi berupa lahan pinus, kopi dan berbagai *understorey* memiliki nilai biomassa C mikroba paling tinggi dan berbeda signifikan dengan penggunaan lahan lainnya yaitu 55,48 mg/kg.

4.2.3. Total Populasi Bakteri

Bakteri memiliki peranan penting dalam pembentukan tanah, dekomposisi bahan organik, remediasi tanah-tanah tercemar, transformasi unsur hara, berintegrasi secara mutualisme dengan tanaman, dan juga sebagai penyebab penyakit tanaman (Hastuti dan Ginting 2007). Pada penelitian ini, digunakan media NA (Nutrient Agar) sebagai media dalam menganalisa total populasi bakteri. Total populasi bakteri memiliki korelasi positif dan kuat dengan pH tanah ($r=0,78$) hal tersebut membuktikan bahwa aktivitas dan perkembangbiakan mikroba bergantung pada kondisi lingkungan yang sesuai dengan syarat hidupnya. Hasil pengamatan terhadap pH tanah menunjukkan bahwa pada lahan yang diamati nilai pH tanah berkisar antara 4,4 – 6,2, sesuai dengan penelitian Cahyaningtyas dan Sumantri (2012) yang menyatakan bahwa pH optimum bagi mayoritas bakteri adalah 4-9. Total populasi bakteri memiliki korelasi positif dengan biomassa C mikroba ($r =$

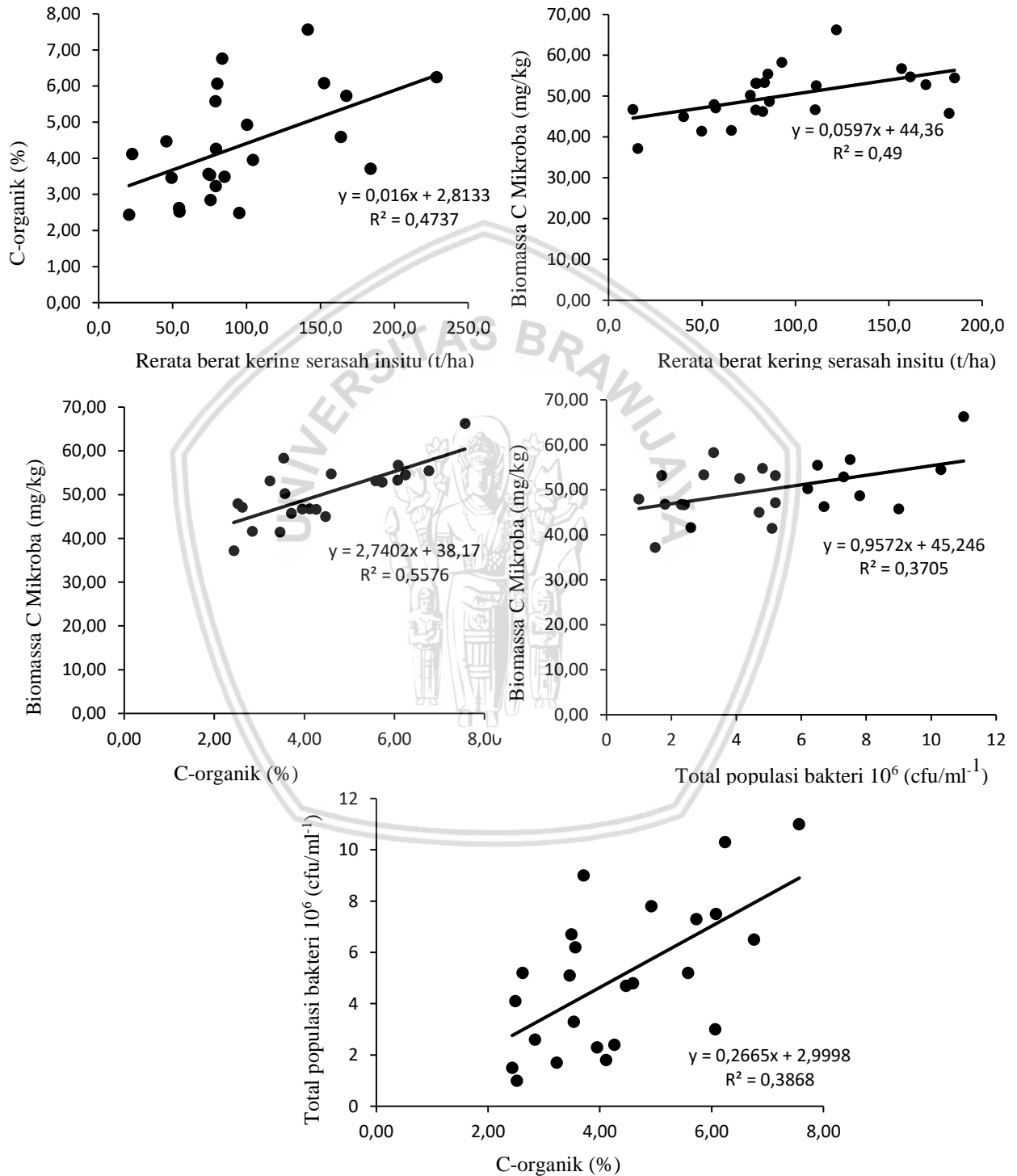
0,60) hal tersebut membuktikan bahwa semakin tinggi kandungan mikroba dalam bahan organik akan berpengaruh pada peningkatan populasi pada lahan tersebut. Yadav (2012) menjelaskan bahwa biomassa mikroba tanah merupakan indikator kesuburan tanah, dimana biomassa mikroba adalah bagian dari bahan organik yang terdiri dari makhluk hidup berupa mikroorganisme.

Adanya ketersediaan sumber makanan berupa masukan serasah yang melimpah dan kadar C-organik yang tinggi pada lahan PK3 terbukti menunjang aktivitas serta populasi mikroba tanah khususnya bakteri, dibuktikan dengan adanya korelasi positif. 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 kadar C-organik, $r = 0,61$ sedangkan korelasi antara *understorey* dan total populasi bakteri menunjukkan $r = 0,60$. Hasil analisa korelasi tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya *understorey* dapat mempertahankan bahan organik tanah dan menunjang pertumbuhan mikroba. Menghilangkan *understorey* dari permukaan tanah di hutan *Eucalyptus* dapat menurunkan nilai biomassa akar, input bahan organik, populasi mikroba tanah (Wu *et al*, 2014), kelembaban tanah dan bahan organik tanah (Wan *et al*, 2014).

Yang *et al*. (2015) menyatakan bahwa pada lahan tanpa olah tanah memiliki tingkat gangguan yang rendah sehingga melindungi kehidupan mikroba dan sesuai dengan syarat hidup dan aktivitasnya. Bot dan Benites (2005) menambahkan, 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). Lahan PK3 tergolong lahan tanpa olah tanah (*no tillage*) sehingga mempengaruhi tingginya aktivitas dan total populasi mikroba.

4.2.4. Hubungan Antara Biomassa C Mikroba dan Sifat Biokimia Tanah

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 (Gambar 14):



Gambar 14. Hasil analisa regresi antara total populasi bakteri, biomassa C mikroba, C-organik dan berat kering serasah insitu

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 $r = 0,70$ (Gambar 14). 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, $r = 0,74$ (Gambar 14); kadar C-organik tanah memiliki hubungan yang positif dan kuat dengan total populasi bakteri, $r = 0,62$ (Gambar 14); biomassa C mikroba juga memiliki hubungan yang positif dengan total populasi bakteri, $r = 0,74$ (Gambar 14).

Hubungan yang kuat diantara parameter pengamatan 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. Pada lahan yang tidak terdapat pengolahan tanah, memiliki kondisi alam yang dapat menunjang kesuburan tanah contohnya terdapat tanaman pepohonan sebagai penyuplai utama masukan serasah di lahan, *understorey* dan serasah yang menutup permukaan tanah, dengan adanya serasah dapat menjadi sumber makanan utama mikroorganisme, *understorey* dapat mengkondisikan iklim mikro (suhu dan kelembaban tanah) sehingga sesuai dengan syarat tumbuh mikroorganisme dan melindungi permukaan tanah dari cahaya matahari dan air hujan secara langsung sehingga dapat mempertahankan bahan organik tanah dan aktivitas mikroorganisme tanah sebagai indikator kesuburan tanah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Perubahan penggunaan lahan dari lahan hutan menjadi agroforestri sederhana berupa pinus dan tanaman semusim dapat berdampak pada penurunan masukan serasah sebagai sumber utama bahan organik dan sumber energi bagi mikroba pada lahan tersebut sehingga terjadi penurunan nilai biomassa C mikroba dan total populasi bakteri.
2. Hasil pengamatan pada lahan PS (pinus 40 tahun dan kubis) memiliki nilai biomassa C mikroba (43,93 mg/kg) dan total populasi bakteri ($1,4 \text{ cfu/ml}^{-1}$) yang paling rendah dibandingkan dengan penggunaan lahan lain, hal tersebut dipengaruhi oleh masukan serasah in situ yang rendah (23,04 t/ha), masukan serasah per dua minggu yang konsisten rendah, *understorey* yang rendah (1,2 t/ha), sehingga hasil kadar C-organik tanah rendah (3,02%) apabila dibandingkan dengan lahan lainnya. Rendahnya nilai tersebut dapat disebabkan oleh alih fungsi lahan hutan sehingga mengubah komposisi tanaman sebagai sumber utama cadangan karbon, pengolahan tanah secara intensif tanpa adanya input bahan organik. Hasil pengamatan pada lahan PK3 (pinus 35 tahun dan kopi 5-8 tahun) memiliki nilai biomassa C mikroba tertinggi (55,48 mg/kg), total populasi bakteri tertinggi ($10,1 \text{ cfu/ml}^{-1}$), didukung oleh masukan serasah in situ yang tinggi (130,28 t/ha), masukan serasah per dua minggu yang tergolong konsisten tinggi, berat kering *understorey* yang tinggi (12,21 t/ha) dan melimpah di lahan dan kadar C-organik tanah tinggi (5,8%) dibandingkan lahan lainnya. 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.

5.2. Saran

Penelitian mengenai pengaruh *understorey*, respon gen tanaman dan iklim mikro terhadap dinamika karbon pada perubahan penggunaan lahan di UB *Forest* perlu dilaksanakan lebih lanjut, agar mampu mendapatkan data dan informasi secara detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonius Sarjiya, Maman Rahmansyah dan Dwi Agustiyani Muslichah. 2015. Pemanfaatan Inokulan Mikroba Sebagai Pengkaya Kompos pada Budidaya Sayuran. *Berita Biologi Jurnal-Jurnal Ilmu Hayati* Vol. 14 No. 3. LIPI. Bogor.
- Arief, Arifin. 2001. *Hutan dan Kehutanan*. Kanisius.
- Banerjee S, Baah-Acheamfour M, Carlyle CN, Bissett A, Richardson AE, Siddique T, Bork EW, Chang SX. 2016. Determinants of Bacterial Communities in Canadian Agroforestry Systems. *Environmental Microbiology* 18:1805–1816
- Belinda A.M., Peter V.P., Svetiana T., Fred S., dan Matthew C. H. 2014. Primary Forest Cover Lost in Indonesia Over 2000-2012. *Nature Climate Change*. Advance Online Publication DOI 10.1038.
- Bot, Alexandra and Benites, Jose. 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.
- Cahayanigtyas, 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. Gachengo, Bernard Vanlauwe, Cheryl A. Palm, George Cadish. 2004. Chemical characterisation of a standart set of organic materials. *Modelling Nutrient Management in Tropical Cropping System*. 48-53.
- Chen, Chiou-Pin., Juang, Kai-Wei., Cheng, Pai. 2016. Effects of adjacent land-use types on the distribution of soil organic carbon stocks in themontane area of central Taiwan. *Botanical Studies*.5732
- Coleman, David C., William B. Whitmanb. 2005. Linking species richness, Biodiversity and Ecosystem Function in Soil Systems. *International Symposium on Impacts of Soil Biodiversity on Biogeochemical Rocesses in Ecosystems*. *Pedobiologia* Vol. 49 Hal. 479—497. Taipei, Taiwan.
- Fang Xiangmin, Wang Qingli, Zhou Wangming, Zaho Wei, Wei Yawei, Niu Lijun, Dai Limin. 2014. Land Use Effects on Soil Organic Carbon, Microbial Biomass and Microbial Activity in Changbai Mountains of Northeast China. *Chinese Geographical Science* Vol. 24 No. 3
- Fanin N, Hattenschwiler S, Fromin N. 2014. Litter Fingerprint on Microbial Biomass Activity and Community Structure in the Underlying Soil. *Plant and Soil* 379:79-91.
- 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. Pusat Litbang Sosial Budaya dan Ekonomi Kehutanan. Bogor.
- Guillaume, Thomas., DeeJay Maranguit, Kukuh Murti Laksono, Yakov Kuzyakov. 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
- Hastuti, R.D dan Ginting. R. C. B. 2007. Enumerasi Bakteri, Cendawan, dan Aktinomisetes, dalam Saraswati, R., E. Husein, dan R.D.M Simanungkit (Ed.) *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan. Bogor.
- Jeffery, S., F. Verheijen., a.C. Bastos., M. van der Veide., I. Diafas. 2010. Biochar Application to Soils: A Critical Scientific Review of Effect on Soil Properties Processes and Functions. European Commission Institute for Environment and Sustainability. ISBN 978-92-79-14293.
- Jenkinson, D. S. dan Ladd, J. N. 1981. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. *Soil Biology & Biochemistry*, vol. 5, page 415-417. Oxford.
- Joergensen, R. G. 2010. The Fumigation-Extraction Method to Estimate Soil Microbial Biomass: Calibration of the Ken Value. *Soil Biology and Biochemistry*, Vol. 28, No. 1, Hal. 25-31.
- Keiluweit M, Nico P, Harmon ME, Mao J, Pett-Ridge J, Kleber M. 2015. Long-term litter decomposition controlled by manganese redox cycling. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112:E5253–E5260
- Krivtsov Vladimir, Keith Liddell, Tanya Bezginova, Ross Salmond, Harry J. Staines, Roy Watling, Adam Garside, Jacqueline A. Thompson, Bryan S. Griffiths, Anne Brendler. 2005. Forest Litter Bacteria: Relationships With Fungi, Microfauna, and Litter Composition. *Polish Journal of Ecology*.
- McCauley, Ann., Clain Jones, Kathrin Olson-Rutz. 2017. Soil pH and Organic Matter. *Nutrient Management Module 8* 4449-8. Montana State University.
- Megan Fenton, Carl Albers, Quirine Ketterings. 2008. Soil Organic Matter. Department of Crop and Soil Science. Cornell University.
- MoF (Ministry of Forestry of Indonesia). 2012. Forest Monitoring in Indonesia: Overview of The Forest Monitoring Activities. Jakarta UNREDD Documentation.
- Moscatelli M C, Di Tizio A, Marinari S. 2007 Microbial Indicators Related to soil carbon in Mediterranean land use system. *Soil and Tillage Research* 97 (1): 51-59
- Nemergut DR, Cleveland CC, Wieder WR, Washenberger CL, Townsend AR. 2010. Plot-scale manipulations of organic matter inputs to soils correlate with shifts in microbial community composition in a lowland tropical rain forest. *Soil Biology and Biochemistry* 42:2153–2160

- Palm, C.A. dan Sanchez, P.A. 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology and Biochemistry* 23, 83-88.
- Pascoal, Cláudia and Cassio, Fernanda. 2004. Contribution of Fungi and Bacteria to Leaf Litter Decomposition in a Polluted River. *Applied and Environmental Microbiology* No. 9 Vol. 70 American Society for Microbiology.
- PEI. 2014. Analytical Laboratories Soil Testing. Canada
- Rigobelo, C.R and Nahas, E. 2004. Seasonal Fluctuations of Bacterial Population Land Microbial Activity in Soils Cultivated with Eucalyptus and Pinus. *Science and Agriculture* Vol. 61, No.1, Hal 88-93. Brazil.
- Rodrigues, Gama., S.M. Ndaw, K.R.N. Sales, and A.S. Rosado. 2009. Relationships Between Bacterial Diversity, Microbial Biomass, and Litter Quality in Soils Under Different Plant Covers in Northern Rio De Janeiro State, Brazil . *Can. Journal Microbiol.* 55: 1089–1095 NRC Research Press. Brazil.
- Samantha K. Chapman, Gregory S. Newman, Stephen C. Hart, Jennifer A. Schweitzer, George W. Koch. 2013. Leaf Litter Mixtures Alter Microbial Community Development: Mechanisms for Non-Additive Effects in Litter Decomposition. PLOS ONE Publishing.
- Sharma, L.K., Pandey, P.C., Nathawat, M.S. 2012. Assesment of Land Consumption Rate With Urban Dynamic Changes Using Geospatial Approach *Land Use Scientific* Vol. 7 No. 2. Hal. 131-148.
- Solihin, M.A dan Fitriatin, B.N. 2017. Sebaran Mikroba Tanah pada Berbagai Jenis Penggunaan Lahan di Kawasan Bandung Utara. *Soilrens* Vol. 15 No. 1. Bandung.
- Sphon, M. 2015. Microbial respiration per unit microbial biomass depends on litter layer carbon-to-nitrogen ratio. *Biogeosciences*, 12, 817–823 Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union.
- UNFAO (The United Nation Food and Agricultural Organization). 2010. Global Forest Resource Assesment Country Report: Indonesia Forestry Department.
- USDA. 1996. Soil Quality Indicators:Organic Matter. Natural Resources Conservataion Service.
- Valdinar B. Santos, Ademir S.F. Araújo, Luiz F.C. Leite, Luís A.P.L. Nunes, Wanderley J. Melo. 2012. Soil microbial biomass and organic matter fractions during transition from conventional to organic farming systems. *Geoderma*. Elsevier. Brazil.
- Vance, E.D., P.C. Brookes, & D.S. Jenkinson. 1987. An extraction for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol Biochem* 19: 703 – 707.
- Woo, Hye Ryun., Hyo Jung Kim, Hong Gil Nam dan Pyung Ok Lim. 2013. Plant leaf senescence and death – regulation by multiple layers of control and implications for aging in general. *Journal of Cell Science* 126 (21).

- Yadav, Richi. 2012. Soil organic carbon and soil microbial biomass as affected by restoration measures after 26 years of restoration in mined areas of Doon Valley. *International Journal Of Environmental Sciences* Volume 2, No 3. ISSN 0976 – 4402. India.
- Yang Zhincen, Hong Li, Jinshua Bai. 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* Vol. 8 No.1(1):34-42.

