

**BIOMASSA MIKROBA TANAH PADA BERBAGAI JARAK DAN LEBAR  
TUTUPAN KANOPI KOPI AGROFORESTRI DENGAN SISTEM  
MANAJEMEN YANG BERBEDA**

oleh  
**FITRIANA LUTFININGSIH**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
MALANG**

**2019**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Oktober 2019



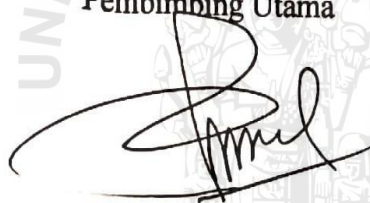
Fitriana Lutfiningsih  
155040200111162

### LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Biomassa Mikroba Tanah pada Berbagai Jarak dan Lebar Tutupan Kanopi Kopi Agroforestri dengan Sistem Manajemen yang Berbeda  
Nama Mahasiswa : Fitriana Lutfiningsih  
NIM : 155040200111162  
Jurusan : Tanah  
Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui,

Pembimbing Utama



Cahyo Prayogo, S.P., M.P., Ph.D.

NIP : 197301031998021002

Diketahui,

Ketua Jurusan Tanah

Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya



Syahrul Kurniawan, S.P., M.P., Ph.D.

NIP. 1979101820005011002

Tanggal Persetujuan:

19 SEP 2019

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan  
MAJELIS PENGUJI

Penguji I



Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU  
NIP. 195405011981031006

Penguji II



Cahyo Prayogo, S.P., M.P., Ph.D  
NIP. 197301031998021002

Penguji III



Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc., Ph.D  
NIP. 196110281987012001

Penguji IV



Novalia Kusumarini, S.P., M.P  
NIP. 198911082015042001

Tanggal Lulus: 31 OCT 2019

## RINGKASAN

**FITRIANA LUTFININGSIH. 155040200111162. Biomassa Mikroba Tanah pada Berbagai Jarak dan Lebar Tutupan Kanopi Kopi Agroforestri dengan Sistem Manajemen yang Berbeda. Di bawah bimbingan Cahyo Prayogo, S.P., M.P., Ph.D. sebagai Pembimbing Utama.**

---

Mikroba tanah merupakan komponen penting dalam ekosistem tanah karena perannya dalam proses dinamika bahan organik dan siklus nutrisi dalam tanah. Kondisi mikroba tanah dapat diukur melalui biomassa C-mikroba tanah. Biomassa C-mikroba sangat responsif terhadap adanya perubahan dan manajemen pada lahan, misalnya pengaruh pengelolaan tanah, pola dan jarak tanam, masukan seresah dan bahan organik tanah, serta faktor lingkungan abiotik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh manajemen yang berbeda serta pengaruh jarak antar tanaman dan lebar tutupan kanopi pada setiap zona pohon terhadap input seresah dan biomassa C-mikroba tanah. Pengukuran biomassa C-mikroba dapat berfungsi sebagai bioindikator kesuburan tanah yang penting sebagai dasar untuk pengelolaan lahan yang berkelanjutan.

Penelitian dilaksanakan di kawasan agroforestri kopi dan pinus di KHDTK UB *Forest*, Dusun Sumpersari, Kecamatan Karangploso, Malang, pada bulan Januari 2019 sampai dengan bulan Juli 2019. Pengamatan dilakukan pada 4 area plot dengan manajemen berbeda, yaitu plot LC (*low density, low management*), MC (*medium density, medium management*), HC (*high density, high management*), dan BAU (*business as usual*) dengan masing-masing luasan 60 m x 40 m. Identifikasi karakteristik plot dilakukan dengan mengukur kondisi iklim mikro (suhu tanah, suhu udara, intensitas cahaya), karakteristik tegakan (basal area, kerapatan tajuk, masukan seresah) serta sifat fisika (tekstur tanah, berat isi dan berat jenis tanah) dan sifat kimia tanah (C-organik, pH, N-total, C/N rasio tanah). Data dianalisis menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) dan apabila hasilnya menunjukkan pengaruh yang nyata, maka analisis lanjut menggunakan uji *duncan multiple range test* (DMRT) taraf 5%. Selanjutnya dilakukan uji korelasi dan regresi untuk mengetahui hubungan antar parameter yang diamati.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa manajemen yang berbeda pada keempat plot pengamatan mempengaruhi seresah yang masuk pada lahan serta biomassa C-mikroba tanah. Plot HC dengan total populasi tanaman paling tinggi serta kanopi yang paling rapat (78,20%) menghasilkan input seresah paling banyak ( $6,35 \text{ g m}^{-2} \text{ minggu}^{-1}$ ) dan biomassa C-mikroba paling tinggi ( $1021,16 \mu\text{g C g}^{-1}$ ) dibandingkan dengan plot LC, MC, dan BAU. Input seresah dan biomassa C-mikroba tanah menunjukkan korelasi positif dengan nilai  $r = 0,632$  dan koefisien determinan ( $R^2$ ) = 0,40. Namun demikian, jarak antar tanaman dan lebar tutupan kanopi pada setiap zona tanaman pada plot pengamatan tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap masukan seresah dan biomassa C-mikroba tanah.

## SUMMARY

**FITRIANA LUTFININGSIH. 155040200111162. Soil Microbial Biomass in Different Canopy Cover Width and Distance of Coffee Agroforestry with Different Management Systems. Under the guidance of Cahyo Prayogo, S.P., M.P., Ph.D.**

---

Soil microorganisms are an important component in soil ecosystem because of its role in the process of nutrient cycle and dynamics of soil organic matter. The condition of soil microorganisms can be measured through the soil microbial biomass carbon. Microbial biomass carbon is very responsive to land use change and land management, such as the influence of soil management, cropping pattern and spacing, litter input and soil organic matter, as well as environmental or abiotic factors. The purpose of this study is to know the effect of different management as well as the influence of the distance between plants and the canopy cover width on litter inputs and soil microbial biomass. Measurement of microbial biomass carbon can be the bioindicator of soil fertility as the basis for sustainable land management.

The research was held in the area of coffee-pine agroforestry in the UB Forest, Dusun Summersari, Kecamatan Karangploso, Malang, in January 2019 until July 2019. The observation was conducted on 4 plot areas with different management, namely the plot LC (low density, low management), MC (medium density, medium management), HC (high density, high management), and BAU (business as usual) with each area 60 m x 40 m. Identification of the plot's characteristics was done by measuring the conditions of the micro climate (soil temperature, air temperature, light intensity), the characteristic of standing vegetation (basal area, trees' density, litter input), the properties of soil physics (soil texture, bulk and particle density of soil) and soil chemical properties (Total organic-C, pH, Total-N, C/N soil ratio). The data was analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) and if the result shows a noticeable effect, then the data is analyzed using a 5% duncan multiple range test (DMRT). Correlation and regression test were performed to determine the relationship between the observed parameters.

The results showed that different management on the four observation plots influenced the litter input entered on the land as well as the biomass C-microbial soil. HC Plot with the highest plant's population as well as the most tightly canopy (78.20%) produce the most litter input (6.35 g litter fall m<sup>-2</sup> weeks<sup>-1</sup>) and the most high microbial biomass carbon (1021.16 µg C g<sup>-1</sup>) compared to LC, MC, and BAU plots. Litter input and soil microbial biomass carbon indicates a positive correlation with the value of R= 0.61 and coefficient of determinant (R<sup>2</sup>) = 0.40. However, the distance between the plant and the canopy cover width in each crop zone on the observation plot does not show a significant effect on litter input and soil microbial biomass carbon.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi yang berjudul **“Biomassa Mikroba Tanah pada Berbagai Jarak dan Lebar Tutupan Kanopi Kopi Agroforestri dengan Sistem Manajemen yang Berbeda”**. Skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Cahyo Prayogo, S.P., M.P., Ph.D selaku dosen pembimbing yang paling baik, yang telah memberikan ilmu, bimbingan serta nasehat kepada penulis. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan satu tim penelitian di UB *Forest* yang telah bekerja sama dan turut membantu dalam penelitian ini, serta kepada *Centre for Ecology and Hidrology* (CEH) UK, yang telah memberikan fasilitas penunjang pada penelitian di UB *Forest*. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Bapak Syahrul Kurniawan, S.P., M.P., Ph.D, serta kepada seluruh dosen dan karyawan Jurusan Tanah atas ilmu, bimbingan dan bantuan yang diberikan kepada penulis selama menjadi mahasiswa.

Ucapan terima kasih yang tulus penulis berikan kepada kedua orang tua penulis, Ibu Harmini dan Bapak Yusmin serta kedua adik penulis atas doa yang tidak pernah putus, kasih sayang, semangat dan dukungannya kepada penulis. Kepada sahabat penulis, Muktitika, Setia, Lila, Ihdina, Indah dan Anisha, penulis ucapkan terima kasih atas dukungan serta semangat yang diberikan kepada penulis. Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada Rangga Prima atas doa, bantuan, dan kebaikan yang diberikan kepada penulis. Kepada teman-teman baik penulis, Pratiwi, Arin, Anissa, Mila, Lita, Siska, Prita, Hafidz, Mas Adam, Hilman, Affina, Safira, Devanda, Yuda serta Rizki D.P., penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya. Penulis mengucapkan terima kasih juga kepada rekan-rekan mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, khususnya mahasiswa Jurusan Tanah atas semangat dan dukungannya selama ini.



Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi teman mahasiswa, masyarakat umum, serta kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Oktober 2019

Penulis





## DAFTAR RIWAYAT

Penulis dilahirkan di Kabupaten Semarang pada tanggal 15 Februari 1997 sebagai putri pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Yusmin dan Ibu Harmini.

Penulis menempuh pendidikan taman kanak-kanak di TK Islam Teladan Tarbiyatul Banin II pada tahun 2002-2003, pendidikan dasar di SDN 01 Salatiga, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Salatiga pada tahun 2009-2012. Pada tahun 2012-2015 penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 01 Salatiga. Pada tahun 2015 penulis melanjutkan studi sebagai mahasiswi Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi di Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif dalam Organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FP UB pada periode 2016-2017 dan 2017-2018 dan Organisasi Eksekutif Mahasiswa (EM) UB pada periode 2016-2017. Kepanitiaan yang pernah diikuti meliputi, Expo Kewirausahaan Mahasiswa Indonesia ke-7 pada tahun 2016, AVG (Agriculture Vaganza) 2016, Olimpiade Dekan FP UB 2017, GATRAKSI (Galang Mitra Kenal Profesi) 2018. Penulis pernah menjadi staff magang di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian pada tahun 2018 dengan topik magang yaitu “Analisis Emisi Gas Dinitrogen Oksida (N<sub>2</sub>O) pada Lahan Budidaya Tanaman Kacang Hijau di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian. Penulis menjadi asisten mata kuliah Pertanian Berlanjut pada tahun 2019.

## DAFTAR ISI

<b>RINGKASAN</b> .....	i
<b>SUMMARY</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR RIWAYAT</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	ix
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Alur Pikir .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Biomassa C-Mikroba sebagai Indikator Kualitas Tanah.....	5
2.2 Faktor-Faktor yang mempengaruhi Biomassa C-Mikroba Tanah.....	7
2.3 Peran Seresah dalam Sistem Agroforestri .....	8
2.4 Pengaruh Manajemen Lahan terhadap Biomassa C-Mikroba pada Sistem Agroforestri .....	9
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	12
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan .....	13
3.3 Rancangan Penelitian .....	14
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	15
3.5 Analisis Data .....	20
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	21
4.1 Karakteristik Plot Pengamatan .....	21
4.2 Produksi Seresah .....	32
4.3 Biomassa C-Mikroba pada Plot Agroforestri Kopi-Pinus dengan Sistem Manajemen yang Berbeda .....	35
4.4 Rasio Biomassa C-Mikroba terhadap C-Organik Tanah ( $C_{mic}/C_{org}$ ) .....	36
4.5 Pembahasan Umum .....	37
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	42
<b>LAMPIRAN</b> .....	48

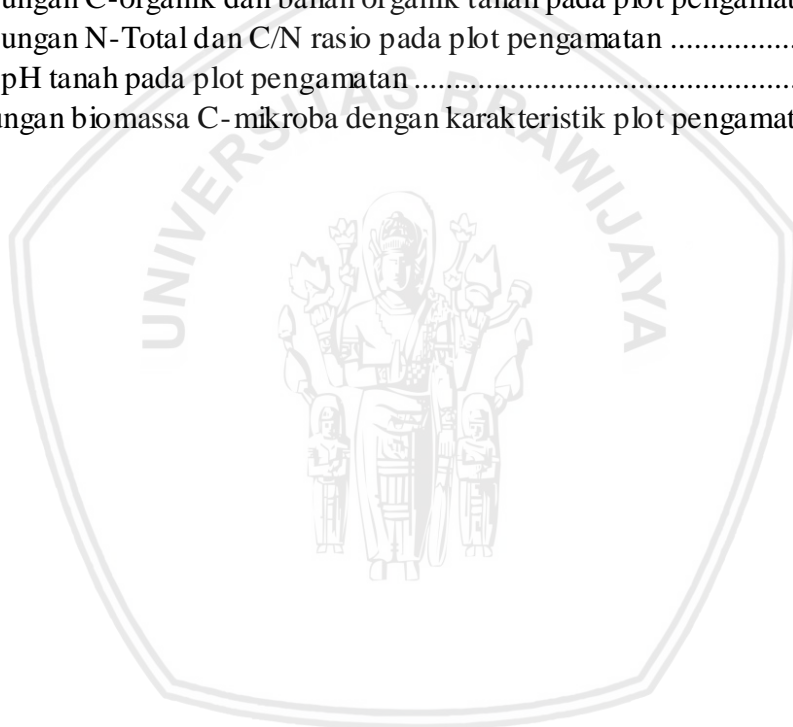


## DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Alur pikir penelitian .....	4
2.	Lokasi plot pengamatan .....	12
3.	Skema pengukuran diameter batang pohon .....	16
4.	Denah pengambilan sampel pada setiap zona tanaman .....	17
5.	Pengambilan sampel tanah pada lokasi plot penelitian .....	18
6.	Proses fumigasi sampel tanah dengan kloroform.....	19
7.	Rata-rata curah hujan per bulan berdasarkan data tahun 2014 s.d. 2018 .....	21
8.	Hubungan suhu udara dengan suhu tanah pada pagi hari. ....	23
9.	Hubungan suhu udara dengan suhu tanah pada siang hari. ....	23
10.	Total populasi tanaman pada plot penelitian. ....	25
11.	Sebaran diameter pohon (DBH) pada setiap plot pengamatan .....	26
12.	Perbandingan persentase partikel pasir, debu dan liat pada plot pengamatan. 28	
13.	Rata-rata berat isi tanah pada plot pengamatan.....	28
14.	Rata-Rata Berat Jenis Tanah pada Plot Pengamatan. ....	29
15.	Dinamika produksi seresah mingguan .....	32
16.	Rata-rata produksi kumulatif seresah pada setiap plot.....	33
17.	Rata-rata masukan seresah in-situ pada setiap zona di plot pengamatan.....	34
18.	Rerata biomassa C-mikroba pada setiap plot pengamatan.....	35
19.	Rasio biomassa C-mikroba terhadap C-Organik Tanah (%).....	36
20.	Hubungan antara biomassa C-mikroba tanah dengan masukan seresah tiap zona tanaman.....	37

**DAFTAR TABEL**

<b>No.</b>	<b>Teks</b>	<b>Hal</b>
1.	Titik koordinat pengamatan .....	13
2.	Karakteristik plot pengamatan .....	14
3.	Parameter pengamatan .....	15
4.	Interpretasi nilai korelasi.....	20
5.	Rata-rata suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ) pada lokasi plot pengamatan .....	22
6.	Rata-rata suhu tanah ( $^{\circ}\text{C}$ ) pada lokasi plot pengamatan.....	22
7.	Intensitas cahaya pada plot pengamatan .....	24
8.	Karakteristik vegetasi dari setiap plot pengamatan .....	26
9.	Rata-rata kerapatan tajuk pada setiap plot pengamatan .....	27
10.	Kandungan C-organik dan bahan organik tanah pada plot pengamatan .....	30
11.	Kandungan N-Total dan C/N rasio pada plot pengamatan .....	31
12.	Nilai pH tanah pada plot pengamatan .....	31
13.	Hubungan biomassa C-mikroba dengan karakteristik plot pengamatan.....	39



## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Hal
1.	Anova pada Variabel Pengamatan .....	48
2.	Analisis Sifat Fisika dan Kimia Tanah.....	51
3.	Kriteria Sifat Kimia Tanah.....	51
4.	Kriteria Kerapatan Tajuk.....	52
5.	Tabel Korelasi Parameter Pengamatan .....	53
6.	Analisis <i>Multiple Regression</i> .....	54
7.	Data rata-rata curah hujan tahun 2014-2018 .....	56
8.	Peta Lokasi Plot Pengamatan .....	57
9.	Posisi dan Sebaran Tanaman pada Plot Pengamatan .....	57
10.	Dokumentasi Penelitian.....	59



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia yang terus meningkat serta keterbatasan lahan pertanian mengakibatkan pembukaan lahan baru di kawasan hutan. Konversi lahan hutan menjadi lahan pertanian dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan serta mempengaruhi kemampuan tanah dalam memberikan layanan ekosistem (Van Leuween *et al.*, 2017). Salah satu upaya untuk mengatasi kebutuhan akan lahan pertanian dengan tetap mempertahankan fungsi hutan adalah melalui penerapan sistem agroforestri (Henok *et al.*, 2017). Model agroforestri yang sudah berkembang di Indonesia salah satunya yaitu agroforestri berbasis kopi. Model agroforestri ini mampu menyediakan layanan ekosistem yang hampir sama dengan hutan, dan pada saat yang hampir sama dapat memenuhi kepentingan sosial, ekonomi dan ekologi (konservasi) (Prasmatiwi *et al.*, 2010).

Wilayah UB *Forest* merupakan salah satu Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) yang terletak di bagian lereng Gunung Arjuno, Jawa Timur, Indonesia. Potensi yang dimiliki UB *Forest* begitu besar untuk para petani maupun masyarakat setempat. Selain berfungsi sebagai hutan pendidikan, UB *Forest* juga merupakan kawasan hutan produksi yang dapat ditanami berbagai macam komoditas tanaman. Salah satu komoditas yang dibudidayakan di kawasan UB *Forest* yaitu tanaman kopi yang dikelola secara agroforestri bersama dengan tanaman pinus sebagai tanaman penabung.

Status kepemilikan lahan UB *Forest* yang sebelumnya dibawah regulasi PERHUTANI menjadi KHDTK mengakibatkan teknik manajemen lahan pada wilayah ini berbeda, dimana tidak dilakukannya pemangkasan atau penjarangan pada pohon penabung utama. Pada sistem agroforestri berbasis kopi di UB *Forest*, terdapat berbagai manajemen serta tingkatan kerapatan tanaman yang berbeda, yaitu (1) tingkat tutupan naungan tinggi, kepadatan kopi rendah dan kopi tidak dirawat (LC= *Low density coffee, low management*), (2) tutupan naungan sedang, kepadatan kopi sedang, kopi dirawat (MC= *Medium density coffee, medium management*), (3) tutupan naungan rendah, kepadatan kopi tinggi, kopi dirawat (HC= *High density coffee, high management*), (4) yaitu blok kontrol, dengan

tutupan naungan sedang dan perawatan kopi yang baik (*well maintained coffee*) (BAU= *Bussiness as usual* atau *control*).

Manajemen serta tingkat kerapatan naungan yang berbeda pada agroforestri kopi akan mempengaruhi kondisi iklim mikro serta masukan bahan organik pada lahan. Jumlah cahaya matahari yang mencapai permukaan tanah pada tutupan kanopi yang rapat lebih sedikit sehingga menyebabkan temperatur tanah cenderung lebih rendah (Zul *et al.*, 2013). Kerapatan kanopi akan mempengaruhi input bahan organik pada lahan, dimana lahan yang memiliki tutupan kanopi yang lebih rapat akan menghasilkan input bahan organik yang lebih tinggi dikarenakan jumlah seresah yang masuk pada lahan lebih banyak. Jumlah akumulasi seresah dapat mempengaruhi siklus nutrisi serta proses-proses biokimia di bawah tanah yang melibatkan komunitas mikroba tanah (Ghimire *et al.*, 2015, Miao *et al.*, 2019). Mikroba tanah memiliki fungsi yang penting pada tanah berkaitan dengan perannya dalam proses dinamika bahan organik dan siklus nutrisi dalam tanah (Araujo *et al.*, 2012).

Kondisi mikroba tanah dapat diukur melalui biomassa C-mikroba tanah. Biomassa C-mikroba tanah dapat digunakan sebagai indikator dari kualitas tanah yang lebih peka dibandingkan sifat kimia (misalnya C-organik total) maupun sifat fisik tanah (Dariah *et al.*, 2005). Biomassa mikroba tanah mewakili sebagian kecil fraksi total karbon dan nitrogen tanah (Susilawati, *et al.*, 2013). Rasio biomassa C-mikroba tanah berkisar antara 1% sampai 5% dari total C-organik tanah (Nsabimana *et al.*, 2004). Biomassa C-mikroba dapat dijadikan indeks penting untuk kesehatan tanah dan kelestarian lingkungan (Singh *et al.*, 2018).

Pengukuran biomassa C-mikroba tanah berkaitan dengan manajemen lahan pada sistem agroforestri kopi belum banyak dilakukan, padahal biomassa C-mikroba dapat berfungsi sebagai bioindikator perubahan status nutrisi tanah yang lebih responsif akibat praktik manajemen lahan (Foote *et al.*, 2015). Pada penelitian ini, diukur kondisi biomassa C-mikroba tanah berkaitan dengan manajemen dan tingkat kerapatan tanaman pada lahan agroforestri kopi dan pinus di UB *Forest* pada jarak antar pohon yang berbeda, berdasarkan input seresah yang masuk pada lahan. Pengukuran biomassa mikroba tanah sangat berguna untuk menilai kualitas dari tanah itu sendiri. Dengan memahami kondisi

lingkungan tanah dengan baik, maka tindakan pengelolaan tanah untuk memelihara kesuburan lahan dapat dilakukan secara tepat. Status biologi tanah dapat memberikan peluang besar dalam pengelolaan lahan yang lebih berkelanjutan (Loreau *et al.* 2001).

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Apakah perbedaan manajemen lahan dan kerapatan kanopi pada sistem agroforestri kopi dan pinus berpengaruh terhadap input seresah dan biomassa C- mikroba tanah?
2. Apakah jarak antar tanaman dan lebar tutupan kanopi berpengaruh terhadap ketersediaan seresah serta kondisi biomassa C-mikroba tanah?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan untuk mencapai tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh manajemen lahan dan perbedaan kerapatan kanopi pada lahan agroforestri kopi dan pinus terhadap masukan seresah dan biomassa C-mikroba tanah.
2. Mengetahui pengaruh dari jarak antar tanaman dan lebar tutupan kanopi pada setiap zonasi pohon terhadap ketersediaan seresah hubungannya terhadap biomassa C-mikroba tanah.

### **1.4 Hipotesis penelitian**

1. Perbedaan manajemen lahan dan kerapatan kanopi mempengaruhi kondisi iklim mikro serta jumlah masukan seresah pada lahan sehingga akan mempengaruhi biomassa C- mikroba tanah.
2. Perbedaan jarak antar tanaman pada tiap zonasi pohon, mempengaruhi masukan seresah dan biomassa C- mikroba tanah.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

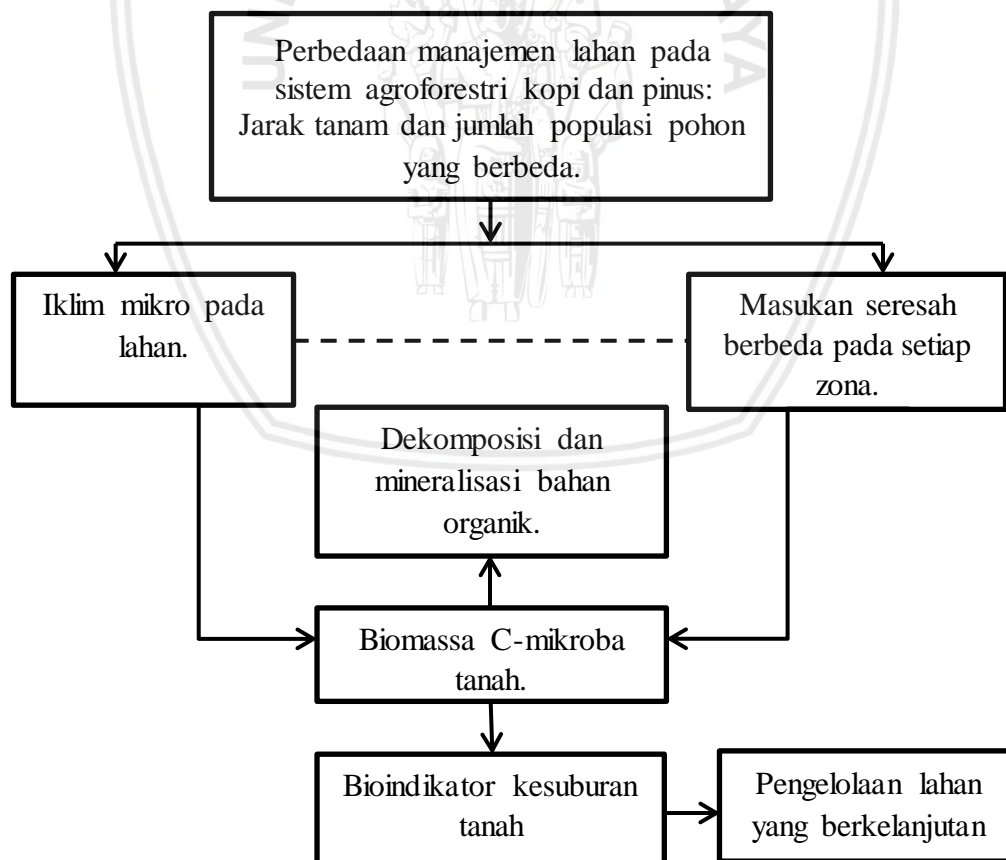
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai keterkaitan antara manajemen lahan pada agroforestri kopi dan pinus maupun pengaruh jarak antar tanaman dalam mempengaruhi ketersediaan seresah serta biomassa C-mikroba tanah. Pengukuran biomassa C-mikroba diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kualitas tanah di UB *Forest* yang selanjutnya



dapat digunakan sebagai pengetahuan untuk pengelolaan lahan yang berkelanjutan.

### 1.6 Alur Pikir

Praktik manajemen lahan pada sistem agroforestri kopi (seperti pengaturan jarak tanam, penjarangan tanaman naungan, pemupukan, dan sebagainya) banyak dilakukan untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Manajemen yang diberikan pada lahan agroforestri kopi dan pinus di UB *Forest* akan berpengaruh terhadap jumlah masukan seresah pada lahan dan juga kondisi iklim mikro sehingga berdampak pula terhadap biomassa C-mikroba tanah. Kuantitas seresah yang terdapat pada zona yang tertutup kanopi akan berbeda dengan seresah pada zona yang terbuka. Ketebalan seresah ini mengindikasikan kecukupan suplai makanan atau energi yang mendukung aktivitas mikroba tanah. Pengukuran biomassa C- mikroba dapat digunakan sebagai bioindikator untuk menilai kualitas tanah pada lahan agroforestri kopi dan pinus UB *Forest*.



**Gambar 1.** Alur pikir penelitian

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biomassa C-Mikroba sebagai Indikator Kualitas Tanah

Biomassa mikroba tanah terdiri dari semua organisme tanah dengan volume kurang dari  $5 \times 10^3 \mu\text{m}^3$  dan merupakan komponen hidup dari bahan organik tanah (Brookes, 2001, Pankhurst *et al.*, 2002). Biomassa C-mikroba tanah (pada setiap  $\text{mg kg}^{-1}$  tanah) berkisar 1% hingga 5% dari total karbon organik tanah dan banyak terdapat pada permukaan tanah bagian atas (Bhatt, dan Bhanmeru, 2014). Biomassa C-mikroba tanah merupakan jumlah komponen mikroba pada suatu ekosistem yang dengan cepat dapat merespon perubahan kondisi tanah terutama apabila terjadi peningkatan ataupun penurunan residu tanaman dan hewan pada tanah. Biomassa C-mikroba memiliki peran dalam siklus nutrisi di dalam tanah. Biomassa C-mikroba yang sebagian besar terdiri dari fungi dan bakteri dapat mendekomposisi residu tanaman dan bahan organik tanah. Pada proses ini akan dilepaskan nutrisi, misalnya nitrogen (N), ke dalam tanah yang selanjutnya menjadi unsur hara tersedia yang diserap tanaman.

Biomassa C-mikroba tanah banyak terdapat pada kedalaman 0-10 cm dari profil tanah, dimana sebagian besar pelepasan unsur hara dalam tanah terjadi pada kedalaman tersebut (Heyle *et al.*, 2006, Bhatt dan Banmeru, 2014). Peranan biomassa C-mikroba tanah dalam siklus hara tanaman juga ditunjukkan dari adanya korelasi antara jumlah nutrisi yang telah dimineralisasi dengan jumlah nutrisi yang terdapat pada biomassa C-mikroba tanah. Biomassa C-mikroba tanah dapat digunakan sebagai indikator perubahan kualitas tanah dan siklus nutrisi (Zul *et al.*, 2013).

Biomassa C-mikroba berkaitan erat dengan kadar bahan organik tanah sehingga sangat dipengaruhi oleh penambahan bahan organik seperti sisa tanaman dan pupuk kandang (Franzluebbers dan Arshad, 1997). Bahan organik tanah terlibat dalam peningkatan kualitas tanah karena mempengaruhi struktur tanah, penyimpanan nutrisi serta aktivitas biologis. Perubahan total bahan organik tanah atau *total organic carbon* (TOC) sebagai hasil dari pengelolaan tanah seringkali sulit untuk diukur dan diperlukan beberapa tahun untuk mendeteksi perubahan yang dihasilkan dari praktik manajemen, namun perubahan dari fraksi C-organik tanah yang relatif labil dapat memberikan indikasi awal mengenai respon dari

praktik manajemen lahan (Melero *et al.*, 2010). Biomassa C-mikroba merupakan kelompok bahan organik aktif (*active pool*) atau disebut juga fraksi labil. Biomassa C-mikroba sangat penting dalam mempertahankan status bahan organik tanah yang berperan sebagai *source* dan *sink* bagi ketersediaan hara karena daur hidupnya relatif singkat (Hairiah *et al.*, 2007). Sifat dinamis dari fraksi labil bahan organik dapat memberikan informasi mengenai perubahan awal status bahan organik tanah karena praktik manajemen suatu lahan (Leite, 2014). Fraksi labil dari C-organik tanah penting untuk dipelajari karena fraksi ini merupakan sumber karbon yang paling tersedia untuk mikroba tanah serta mempengaruhi siklus hara dan sifat biologis tanah lainnya. Fraksi labil tanah berhubungan dengan aktivitas mikroba dan lebih sensitif terhadap praktik manajemen tanah dibandingkan dari total C-organik (TOC) (Weil *et al.*, 2003).

Peningkatan jumlah dan aktivitas mikroba ditunjukkan oleh meningkatnya biomassa C-mikroba dan meningkatnya respirasi CO<sub>2</sub> (Joergensen 1996; Chantigny *et al.*, 1997). Cadangan karbon yang tersimpan dalam tanah merupakan *resultante* dari kehilangan melalui dekomposisi menjadi CO<sub>2</sub> dan yang berinteraksi dengan tanah menjadi agregat mikro. Bahan organik yang terdapat pada agregat mikro sangat terlindungi dari degradasi karena adanya mikroba tanah (Golchin *et al.* 1994).

Beberapa penelitian mengenai biomassa C-mikroba tanah pada berbagai jenis ekosistem telah banyak dilaporkan. Susilawati *et al.* (2013) menyebutkan pada penelitiannya mengenai biomassa C-mikroba pada berbagai penggunaan lahan di kawasan Plateau Dieng, biomassa C-mikroba tanah pada hutan lindung, lahan kentang bagian atas, lahan kentang bagian bawah (kaki bukit) berturut turut sebesar 869,45  $\mu\text{g g}^{-1}$ ; 305,14  $\mu\text{g g}^{-1}$  ; 759,12  $\mu\text{g g}^{-1}$ . Kawasan hutan lindung memiliki kesuburan tanah yang lebih tinggi dikarenakan masih alami dan terdapat seresah tumbuhan serta vegetasi-vegetasinya dapat menahan limpasan air yang membawa bahan organik serta garam-garam tanah (Susilawati *et al.*, 2013). Sementara itu, dalam penelitian Fang (2014) yang berlokasi di Hutan Lushuihe Bureau, Provinsi Jilin, Timur Laut Cina, disebutkan bahwa nilai biomassa C-mikroba berkisar antara 304,4  $\text{mg kg}^{-1}$  pada lahan pertanian dan 1350,3  $\text{mg kg}^{-1}$  pada hutan campuran pinus berdaun lebar. Penelitian Fang (2014) menunjukkan

bahwa penggunaan lahan berupa pertanian dan perkebunan dapat menyebabkan penurunan bahan organik dan biomassa mikroba tanah serta penurunan tingkat efisiensi pemanfaatan substrat dari komunitas mikroba pada tanah. Penelitian Dariah *et al.* (2005) mengenai biomassa C-mikroba pada berbagai penggunaan lahan diantaranya lahan hutan, kaliandra, kebun campuran, kopi muda dan kopi dewasa berturut-turut bernilai  $813,45 \mu\text{g g}^{-1}$ ;  $740,26 \mu\text{g g}^{-1}$ ;  $504,58 \mu\text{g g}^{-1}$ ;  $323,40 \mu\text{g g}^{-1}$ ; dan  $238,70 \mu\text{g g}^{-1}$ . Pada penelitian Dariah (2005), disebutkan pula bahwa nisbah  $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$  pada lahan hutan dan kaliandra lebih tinggi dibandingkan dengan kebun kopi multistrata (kebun campuran) dan kebun kopi yang ditanam secara monokultur, menunjukkan bahwa ketersediaan substrat segar yang lebih tinggi.

## 2.2 Faktor-Faktor yang mempengaruhi Biomassa C-Mikroba Tanah

Mikroba tanah selalu berubah-ubah baik dalam jumlah maupun aktivitasnya. Perubahan jumlah dan keadaan mikroba tanah ini dipengaruhi dari berbagai faktor, diantaranya adalah kedalaman dan tipe tanah. Beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain struktur tanah, tekstur, kelembapan, serta kondisi lingkungan tanah seperti keadaan aerobik dan anaerobik. Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi biomassa C-mikroba antara lain unsur liat pada tanah, pH tanah, kandungan C-organik. Tanah dengan liat yang tinggi umumnya memiliki biomassa C-mikroba yang lebih tinggi karena mempertahankan lebih banyak air dan biasanya memiliki C-organik yang lebih banyak. Sementara, pH yang mendekati 7,0 adalah pH yang cocok untuk biomassa C-mikroba (Carson, 2012).

Populasi mikroba secara umum lebih banyak terdapat di horizon permukaan. Jumlahnya juga dipengaruhi oleh praktik pengelolaan, karena pengelolaan pada tanah mempengaruhi kondisi kerapatan akar serta ketersediaan bahan organik dari dekomposisi akar dan seresah (Alexander 1977). Menurut Carson (2012), biomassa C-mikroba merupakan parameter sensitif terhadap aktivitas-aktivitas pengolahan tanah. Pengukuran biomassa C-mikroba menggambarkan kualitas tanah melalui aktivitas mikroba tanah yang berlangsung baik. Biomassa C-mikroba sangat dipengaruhi oleh bahan organik tanah yang merupakan sumber nutrisi bagi mikroba dalam aktivitas metabolisme.

Manajemen dari residu tanaman mempengaruhi keberadaan biomassa C-mikroba jika residu tersebut adalah salah satu bentuk utama dari C-organik dan

nutrisi yang digunakan oleh biomassa C-mikroba. Mempertahankan residu tanaman secara praktis akan meningkatkan biomassa C-mikroba pada tanah dengan menambah jumlah bahan organik tersedia bagi mikroba. Tanah dengan minimal *tillage* meningkatkan biomassa mikroba karena agregat tanah yang dibentuk oleh jaringan mikroba akan lebih terlindungi. Pori-pori ruang dalam agregat adalah habitat penting untuk biomassa mikroba di tanah. Sebaliknya perubahan serta praktik-praktik manajemen lahan akan dengan cepat dapat menguras karbon tanah di bagian atas tanah, khususnya mikroba biomassa karbon (Pankhurst *et al.*, 2002).

### 2.3 Peran Seresah dalam Sistem Agroforestri

Seresah merupakan salah satu komponen yang berperan penting dalam keluar-masuknya nutrisi dalam suatu ekosistem hutan maupun agroforestri. Sebagian besar unsur hara yang dikembalikan ke lantai hutan adalah dalam bentuk seresah. Kehadiran seresah di lantai hutan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap dinamika ekosistem hutan (Olson, 1963). Secara ekologis, istilah seresah memiliki dua arti, yaitu lapisan tanaman mati yang terdapat di permukaan tanah atau bahan tanaman mati yang terlepas dari tanaman hidup (Anderson dan Ingram, 1993).

Seresah mempunyai peranan penting bagi mikroba yang ada di dalamnya. Seresah merupakan substrat utama untuk mikroba tanah dimana seresah akan mempengaruhi aktivitas dari mikroba tanah (Loumeto, 2002). Seresah merupakan salah satu sumber bahan organik tanah yang didapatkan melalui proses dekomposisi, yaitu proses perombakan dan penghancuran bahan organik menjadi partikel yang lebih kecil sehingga menjadi unsur hara terlarut (Sudomo, 2017). Akumulasi bahan organik ditentukan oleh dua faktor, yaitu faktor produksi dan faktor dekomposisi.

Produktivitas seresah berhubungan dengan pemindahan energi dan unsur hara dari suatu ekosistem. Adanya suplai hara yang berasal dari bagian biomassa tanaman berupa daun, buah, ranting dan bunga akan dapat memperkaya tanah dengan membebaskan sejumlah mineral melalui dekomposisi. Studi mengenai aspek kuantitatif seresah merupakan bagian penting dari ekologi hutan, karena

seresah tanaman merupakan sumber utama dari karbon dan nitrogen tanah serta mempengaruhi fungsi dan perkembangan ekosistem hutan (Zeng *et al.*, 2017).

Secara umum, produksi bahan organik ditentukan oleh jenis dan kerapatan tegakan hutan, semakin rapat tegakan, produksi bahan organik juga akan semakin meningkat, sedangkan dekomposisi juga ditentukan oleh jenis bahan organik maupun dari faktor dekomposisinya (Andrianto *et al.*, 2015). Jenis penyusunan, tingkat kerapatan pohon, dan luas bidang dasar suatu tegakan diketahui akan berpengaruh terhadap produktivitas seresah. Adanya perubahan produktivitas seresah dari tahun ke tahun disebabkan karena adanya perbedaan struktur dan komposisi tegakan pada suatu petak. Produktivitas seresah akan meningkat dan mencapai maksimum pada saat musim kemarau dan menurun pada saat musim penghujan, karena pada musim kemarau terjadi persaingan antar tanaman juga antar organ dalam satu tanaman untuk mendapatkan air, sehingga menyebabkan efisiensi dalam proses fotosintesis dan tanaman akan cepat melakukan regenerasi (Sallata *et al.*, 2013). Proses jatuhnya seresah berhubungan erat dengan kondisi iklim dan unturnya, yaitu cahaya matahari, suhu udara, suhu tanah, kelembapan udara, dan curah hujan (Handayani, 2006).

#### **2.4 Pengaruh Manajemen Lahan terhadap Biomassa C-Mikroba pada Sistem Agroforestri**

Sistem agroforestri umumnya meningkatkan akumulasi bahan organik di tanah melalui masukan berbagai jenis tanaman dan vegetasi permanen sehingga dapat pula meningkatkan biomassa C-mikroba tanah. Biomassa C-mikroba tanah secara signifikan dipengaruhi oleh sistem sistem agroforestri dalam jangka panjang, baik dalam jumlah maupun aktivitas enzimatik biomassa C-mikroba lebih besar pada tanah dengan sistem agroforestri dibandingkan dengan sistem pertanian konvensional. Hal ini mencerminkan respon dari peningkatan input bahan organik pada tanah dibawah sistem agroforestri (Leite *et al.*, 2014).

Penelitian Belsky *et al.* (1989) di wilayah Kenya disebutkan bahwa sebesar 35% hingga 60% biomassa mikroba lebih banyak terdapat pada lahan dengan tegakan berupa *Adansonia digitata* dan *Acacia tortilis* dibandingkan pada daerah padang rumput terbuka. Kaur *et al.* (2000) menyebutkan bahwa Biomassa C-mikroba meningkat sebesar 42% dalam sistem agroforestri dibandingkan dengan sistem pertanian padi *monokultur* di wilayah India. Pada penelitian

Tangjang *et al.* (2009) disebutkan bahwa spesies dan komposisi tanaman, residu tanaman serta penambahan bahan organik dapat mengubah komposisi mikroba pada sistem agroforestri tradisional di India Timur. Tutupan vegetasi yang lebih tinggi umumnya meningkatkan biomassa C-mikroba tanah dan total konsentrasi karbon pada tanah (Vinyoles, 2008). Tutupan vegetasi juga dapat mempengaruhi kondisi iklim mikro yang mendukung mikroorganisme tanah untuk berkembang (Araujo, 2012).

Sistem agroforestri efektif untuk meningkatkan dan melestarikan kualitas tanah dengan deposisi biomassa tanaman serta siklus *turnover* dari seresah daun. Hal tersebut menyebabkan aliran material organik ke dalam tanah terjadi secara berkelanjutan sehingga akan meningkatkan bahan organik tanah dan potensi sequestrasi karbon (Leite *et al.*, 2014). Dari kelompok bahan organik (fraksi labil, stabil dan fraksi lambat terurai) yang komposisi biokimianya berbeda satu dengan yang lainnya, stabilitas biologis dan siklus karbon dipertimbangkan menjadi salah satu indikator kualitas tanah yang paling banyak digunakan karena sensitivitasnya yang tinggi terhadap perubahan penggunaan lahan, khususnya pada daerah tropis (Leite *et al.*, 2010).

Salah satu manajemen yang sering dilakukan pada sistem agroforestri yaitu pemangkasan (menghilangkan sejumlah kanopi) agar mendukung sejumlah tanaman lainnya yang lebih menguntungkan secara ekonomi. Menghilangkan sejumlah biomassa tanaman dari pemangkasan kanopi pohon dapat mempengaruhi kondisi iklim mikro pada lahan serta kondisi tanah. Biomassa C-mikroba tanah serta respirasi (baik autotrofik dan heterotropik) dapat berubah seiring dengan adanya praktik manajemen pada lahan, seperti pembakaran seresah, pemangkasan ataupun penjarangan tanaman.

Penelitian Chen *et al* (2015) mengenai manajemen penjarangan tanaman (*trimming*) yang berlokasi di perkebunan cemara di Lishui Tree Farm Research Station, menyebutkan bahwa manajemen penjarangan tanaman mempengaruhi biomassa C-mikroba tanah dengan perbedaan pengambilan pada musim dan kedalaman tanah yang berbeda. Secara signifikan, biomassa mikroba tanah tertinggi (669,94 mg kg<sup>-1</sup>) terdapat pada lahan dengan perlakuan penjarangan dengan intensitas tinggi (70% pohon ditebang) dibandingkan pada lahan kontrol

(571,21 mg kg<sup>-1</sup>) dan perlakuan penjarangan dengan intensitas sedang (30% pohon ditebang) (520,06 mg kg<sup>-1</sup>). Hal tersebut mencerminkan adanya pengaruh dari manajemen kanopi terhadap biomassa C-mikroba tanah.

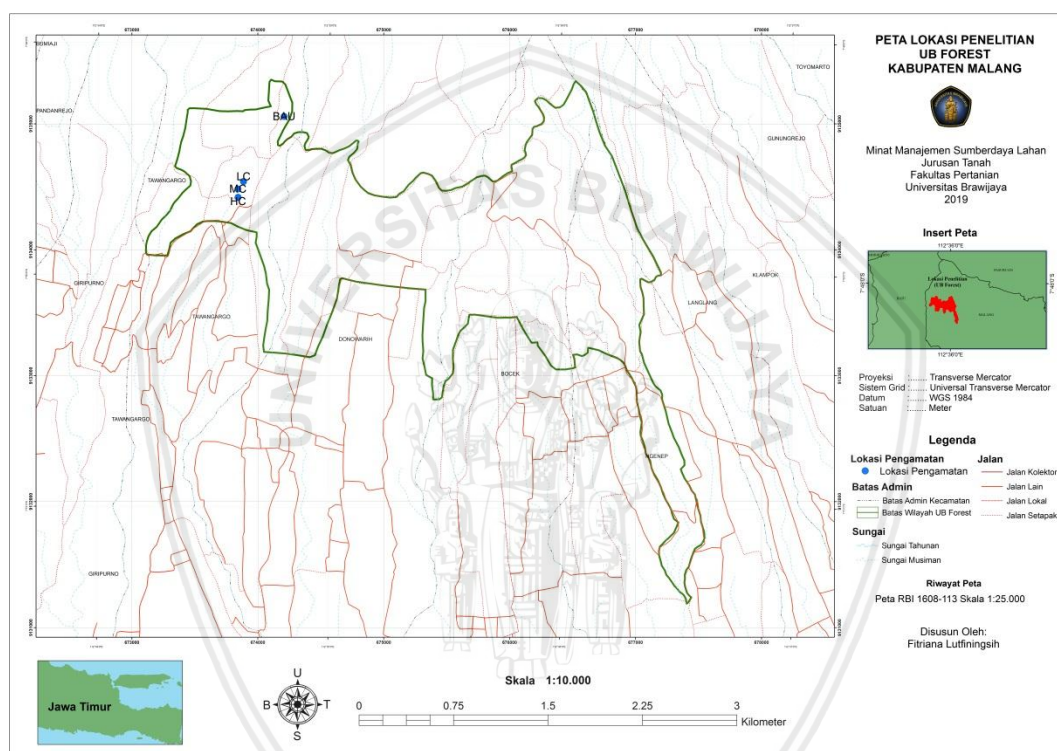




### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga bulan Juli 2019. Penelitian dilaksanakan di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus Universitas Brawijaya (KHDTK-UB) (UB *Forest*) yang berupa agroforestri dengan tutupan lahan yaitu tanaman kopi dan pinus (Gambar 2). Kegiatan analisis laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Biologi, Laboratorium Fisika dan Laboratorium Kimia Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.



**Gambar 2.** Lokasi plot pengamatan

##### 3.1.1. Kondisi Wilayah UB Forest

Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) UB *Forest* terletak di lereng Gunung Arjuno, Jawa Timur. Wilayah UB *Forest* terletak pada  $7^{\circ} 53' 35''$  Lintang Selatan dan  $112^{\circ} 53' 41''$  Bujur Timur. Lokasi penelitian bertempat di daerah UB *Forest*, tepatnya Dusun Summersari, Desa Tawangargo, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Secara administratif, Desa Tawangargo terletak di wilayah Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang dan dibatasi oleh desa dan hutan. Wilayah Utara Desa Tawangargo berbatasan dengan lahan hutan yang dikelola PERHUTANI dan Gunung Arjuno, sebelah Timur berbatasan dengan

Desa Donowarih, sebelah Selatan berbatasan dengan Desa Pendem, dan di sebelah Barat berbatasan dengan Desa Giripurno, Kecamatan Bumiaji. UB *Forest* merupakan area yang kompleks yang digunakan sebagai kawasan hutan lindung, hutan pendidikan maupun hutan produksi untuk berbagai komoditas pertanian. Sebagian besar kawasan UB *Forest* didominasi oleh tanaman pinus. Luas lahan UB *Forest* sekitar 543 ha dan terletak pada ketinggian 1.200 mdpl. Kawasan tersebut memiliki relief berombak dengan kelerengan 5-30%.

### 3.1.2. Kondisi Plot Pengamatan

Plot pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan lahan agroforestri yang memiliki tegakan pinus dan kopi dengan umur kopi 4 tahun dan pinus 25 tahun pada saat pengambilan sampel dilaksanakan. Plot pengamatan dipilih berdasarkan manajemen yang berbeda yang mempengaruhi tingkat densitas atau kerapatan tanaman. Perbedaan manajemen pada lahan berupa Blok 1 dengan tutupan naungan tinggi, kepadatan kopi rendah dan kopi tidak dirawat (LC= *Low density coffee, low management*), Blok 2 dengan tutupan naungan sedang, kepadatan kopi sedang, kopi dirawat (MC= *Medium density coffee, medium management*), Blok 3 dengan tutupan naungan rendah, kepadatan kopi tinggi, kopi dirawat (HC= *High density coffee, high manahement*), dan Blok 4 yaitu blok kontrol, dengan tutupan naungan sedang dan perawatan kopi yang baik (*well maintaned coffee*) (BAU= *Bussiness as usual atau control*). Titik koordinat pengamatan ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Titik koordinat pengamatan

Blok	Kode Plot	Koordinat	Ketinggian (m dpl)
1	LC	7°49'35.85"S 112°34'37.49"E	1.206
2	MC	7°49'37.06"S 112°34'36.09"E	1.201
3	HC	7°49'37.78"S 112°34'36.06"E	1.195
4	BAU	7°49'18.98"S 112°34'47.94"E	1.284

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk pengamatan serta pengambilan data di lapang antara lain adalah tali rafia yang masing- masing berukuran (60x40) m, frame seresah berukuran (50x50) cm, *litter trap*, plastik, dan alat tulis. Sedangkan alat yang digunakan untuk analisis di laboratorium diantaranya adalah desikator,

*beaker glass*, tabung reaksi, labu erlenmeyer, buret mikro, kertas whatmann nomor 42, amplop kertas, timbangan analitik, dan oven.

Bahan yang digunakan dalam penelitian diantaranya adalah sampel 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  $K_2SO_4$ , dan indikator difenilamina.

### 3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan Penelitian dalam penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Faktor pertama pada penelitian ini yaitu faktor manajemen lahan yang mempengaruhi kerapatan atau jumlah populasi tanaman pada lahan. Faktor manajemen lahan pada penelitian ini dibedakan dalam ke 4 plot lahan pengamatan yaitu (1) plot dengan tutupan naungan tinggi, kepadatan kopi rendah dan kopi tidak dirawat (LC= *Low density coffee, low management*), (2) plot dengan tutupan naungan sedang, kepadatan kopi sedang, kopi dirawat (MC= *Medium density coffee, medium management*), (3) plot dengan tutupan naungan rendah, kepadatan kopi tinggi, kopi dirawat (HC= *High density coffee, high management*), dan (4) plot kontrol, dengan tutupan naungan sedang dan perawatan kopi yang baik (*well maintained coffee*) (BAU= *Bussiness as usual atau control*). Faktor kedua yaitu yaitu jarak atau zona pohon, yang diambil pada 3 zonasi yang berbeda, yaitu Zona A (Jarak 50 cm dari tanaman kopi), Zona B (Jarak 50 cm dari tanaman pinus), dan Zona C (Jarak di antara tanaman kopi dan tanaman pinus). Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 6 kali ulangan. Karakteristik plot pengamatan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2, sedangkan parameter yang diamati dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 3.

**Tabel 2.** Karakteristik plot pengamatan

Blok	Kode Plot	Karakteristik
1	LC	<i>Low density coffee, low management</i>
2	MC	<i>Medium density coffee, medium management</i>
3	HC	<i>High density coffee, high management</i>
4	BAU	<i>Bussiness as usual (control)</i>

**Tabel 3.** Parameter pengamatan

Objek	Parameter	Satuan	Metode Analisis
Tanah	C-Organik Tanah	%	Walkey & Black
	Biomassa C-mikroba	$\mu\text{g g}^{-1}$	<i>Cloroform-fumigation extraction</i> (CFE) (Vance <i>et al.</i> , 1987).
	pH		pH H <sub>2</sub> O
	Kadar Air Tanah	%	Metode gravimetrik
	Tekstur Tanah		Metode pipet
	Suhu tanah	$^{\circ}\text{C}$	HOBO Pendant MX <i>Temperature Sensor</i>
	Berat Isi	$\text{g cm}^{-3}$	Silinder
	Berat Jenis	$\text{g cm}^{-3}$	Piknometer
Cahaya	Intensitas Cahaya	$\text{lm m}^{-2}$ (lux)	HOBO Pendant <i>Light/Temperature</i>
Vegetasi & seresah	Luas bidang dasar (LBD) tanaman		DBH ( <i>diameter at breast heigh</i> )
	<i>Canopy cover</i>	%	<i>Canopy Apps</i>
	masukan seresah mingguan ( <i>litter fall</i> )	gram	Oven
	Berat kering seresah pada permukaan tanah (frame seresah 50x50 m)	gram	Oven

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

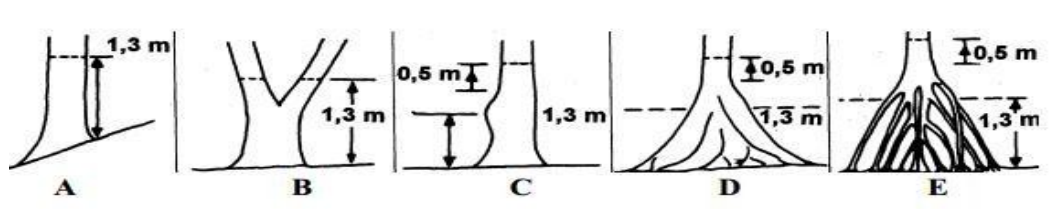
#### 3.4.1 Pembuatan Plot Pengamatan

Dalam satu blok yang berukuran 130 m x 40 m, dibagi menjadi 2 sub plot pengamatan. Sub plot pengamatan dibuat dengan membatasi areal seluas 40 m x 60 m pada setiap sub plot. Dalam areal dengan luasan tersebut, dibuat grid dengan ukuran 10 m x 10 m. Pengambilan sampel dilakukan pada *core area* atau area tengah pada sub plot pengamatan dengan pemilihan grid perwakilan pada setiap plot.

#### 3.4.2 Identifikasi Karakteristik Plot Pengamatan

Identifikasi karakteristik plot dilakukan dengan pengukuran iklim pada lokasi plot pengamatan, suhu udara dan suhu tanah, intensitas cahaya serta karakteristik dari vegetasi atau tegakan pada setiap plot pengamatan. Pengukuran karakteristik vegetasi pada masing masing plot pengamatan dilakukan dengan cara menghitung total populasi, persen tutupan kanopi dan luas bidang dasar (LBD). Pengukuran LBD mencerminkan kerapatan tegakan yang dihitung berdasarkan jumlah spesies pohon pendamping dan kerapatan populasinya (luas lahan yang diduduki oleh pohon (Hairiah *et al.*, 2006). Pengukuran biomassa

pohon dilakukan dengan mengukur tinggi dan diameter pohon (determined dengan cara mengukur diameter setinggi dada). Skema pengukuran diameter batang pohon disajikan dalam Gambar 3.



**Gambar 3.** Skema pengukuran diameter batang pohon (Weyerhaeuser dan Tennigkeit, 2000)

Keterangan:

- Pohon pada lahan berlereng, letakkan ujung tongkat 1,3 m pada lereng bagian atas.
- Pohon bercabang sebelum ketinggian 1,3 m, maka DBH diukur pada semua cabang.
- Bila pada ketinggian 1,3 m terdapat benjolan, maka DBH diukur pada 0,5 m setelah adanya benjolan.
- Bila pada ketinggian 1,3 m terdapat banir (batas akar papan) maka pengukuran DBH dilakukan pada 0,5 m setelah banir. Namun, apabila banir mencapai ketinggian  $>3$  m, maka diameter batang diestimasi dengan pendekatan geometri.

Pohon yang diukur adalah pohon yang memiliki diameter 5-30 cm atau lingkaran/lilit pohon 15-95 cm. Hasil pengukuran lingkaran/lilit pohon dikonversi menjadi diameter pohon, sementara penentuan LBD dihitung menggunakan rumus sebagai berikut;

$$\text{LBD} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

Keterangan:

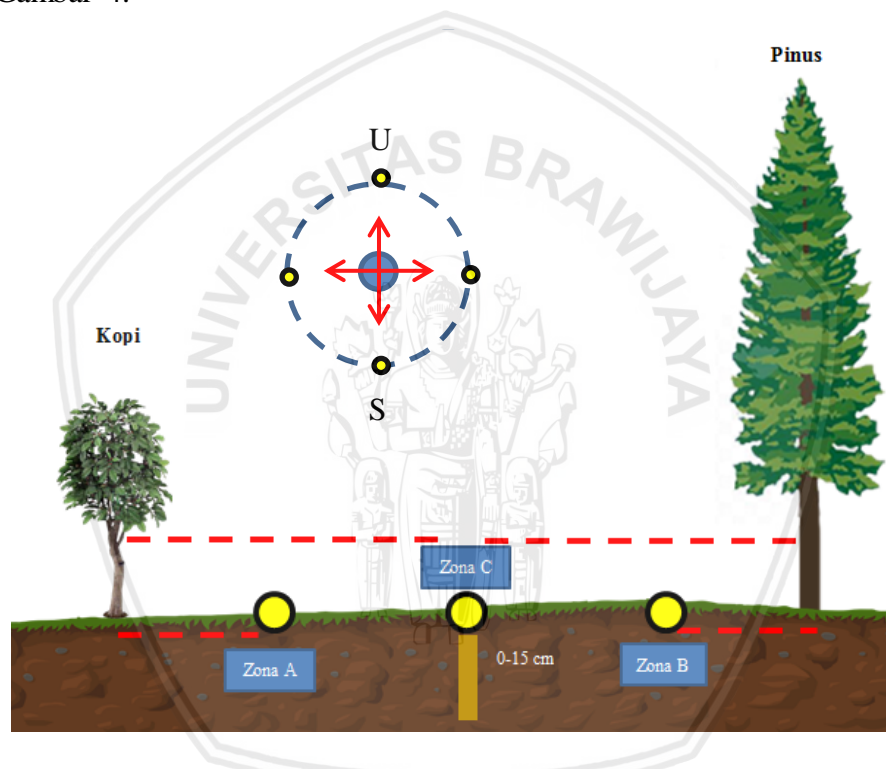
LBD= Luas Bidang Dasar

$\pi = 3,14$

D= Diameter pohon.

### 3.4.3 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada berbagai jarak (zona) antar tanaman yang berbeda. Zona A adalah zona yang dekat dengan tanaman kopi, yaitu sejauh 0,5 m dari tanaman kopi. Zona B adalah zona yang dekat dengan pinus, yaitu sejauh 0,5 m dari pinus. Zona C adalah zona diantara tanaman kopi dan pinus. Pengambilan sampel tanah pada setiap zona dilakukan secara komposit dengan mengambil pada empat titik berdasarkan arah mata angin. Denah pengambilan sampel pada setiap zona dalam sub plot pengamatan ditunjukkan pada Gambar 4.



Keterangan

● = Titik pengambilan sampel tanah

Zona A = 0,5 m dari tanaman kopi

Zona B = 0,5 m dari tanaman pinus

Zona C = jarak antara kopi dan pinus

**Gambar 4.** Denah pengambilan sampel pada setiap zona tanaman

Pada setiap zona, pengambilan sampel dilakukan sebanyak 6 kali ulangan. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-15 cm dan pengambilan sampel dilakukan secara komposit dengan jumlah titik pada setiap zona tanaman yaitu 4 titik yang searah dengan mata angin. Pengambilan sebanyak 4 titik, yaitu

berdasarkan jumlah plot pengamatan. Sampel tanah yang telah diambil kemudian diletakkan ke dalam *cooling box* untuk menjaga kondisi yang sesedikit mungkin terjadi perubahan. Sampel tanah kemudian dianalisis di laboratorium. Pengambilan sampel tanah pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Pengambilan sampel tanah pada lokasi plot penelitian

#### 3.4.4 Perhitungan Produksi Seresah dan Berat Kering Seresah

Pengambilan contoh seresah pada setiap titik pada zona tanaman dilakukan dengan menggunakan frame berukuran 50x50 cm. Estimasi biomassa seresah pada setiap plot diambil dengan menggunakan alat berupa *litter trap* yang menampung seresah yang gugur dari pohon. Alat yang digunakan berupa jaring seresah yang berukuran 1 x 2,5 meter. *Litter trap* dipasang pada ketinggian  $\pm$  50 cm dari tanah. Setiap lokasi pengamatan dipasang sebanyak 3 buah *litter trap*. Pengambilan seresah dilakukan selama 8 minggu. Jatuhan seresah (*litter fall*) yang tertangkap pada jaring dikumpulkan setiap minggu, dipisahkan sesuai kelompok (cabang, ranting, daun kopi dan daun pinus). Seresah yang telah diambil kemudian ditimbang berat basahya dengan menggunakan timbangan analitik, kemudian dimasukkan ke dalam amplop kertas dan dioven selama 48 jam dengan suhu 80°C. Setelah itu, seresah diambil dari oven untuk diukur berat keringnya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut;

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

Keterangan:

BK= Berat Kering Seresah.

BB= Berat Basah Seresah.

### 3.4.5 Perhitungan Biomassa C-mikroba

Biomassa mikroba dihitung dengan metode *chloroform fumigation extraction* (CFE) (Vance *et al.*, 1987). Sampel tanah yang masih lembab ditimbang masing-masing sebanyak sepuluh gram. Sampel tanah difumigasi selama 72 jam dengan 40 ml kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ) bebas alkohol dalam desikator yang ditempatkan di tempat gelap. Fumigasi dengan kloroform membunuh dan melarutkan sel mikroba dengan lepasnya sitoplasma ke dalam lingkungan tanah (Santosa dan Widati, 2007). Proses fumigasi sampel tanah dengan kloroform yang diletakkan dalam desikator ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Proses fumigasi sampel tanah dengan kloroform

Larutan pengestrak berupa 0,5 M  $\text{K}_2\text{SO}_4$  dibuat dengan cara melarutkan 87,135 g  $\text{K}_2\text{SO}_4$  dengan 1000 ml aquades. Sampel tanah kemudian diekstraksi dengan 50 ml 0,5 M  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Hal yang sama dilakukan untuk subsampel tanah tanpa perlakuan fumigasi. Ekstrak tanah disaring dengan kertas Whatman no. 42. Total biomassa C-mikroba dalam ekstrak subsampel tanah dihitung dengan metoda titrasi. Estimasi biomassa C-mikroba dihitung dengan menggunakan rumus Vance *et al.* (1987), sebagai berikut

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

$$\text{Biomassa C-microba } (\mu\text{g g tanah}) = \frac{S-C}{0,38} \quad (2)$$

Keterangan:

S = Nilai ekstrak C-Organik contoh dengan Kloroform

C = Nilai ekstrak C-Organik kontrol tanpa kloroform

V = Volume tota Ekstraksi sampel (ml)

B = Berat sampel tanah (gram)

0,38 = Faktor kEC (Konversi estimasi C ke C-Mikroba)



### 3.4.6 Analisis Sifat Kimia Tanah

Analisis sifat kimia tanah meliputi penentuan total C-organik tanah, bahan organik, N-total, C/N rasio, dan pH tanah. Penentuan C-organik tanah dilakukan dengan menggunakan metode Walkey-Black (1934). Penetapan N-total tanah dilakukan dengan menggunakan metode Kjeldahl (1883). Analisis pH tanah dilakukan dengan menggunakan pH meter.

### 3.4.7 Analisis Sifat Fisika Tanah

Analisis sifat fisik tanah yang dilakukan pada penelitian meliputi penetapan tekstur tanah, kadar air, penentuan berat jenis dan berat isi tanah. Penetapan tekstur tanah dilakukan dengan menggunakan metode pipet berdasarkan Priyono *et al.* (2012). Metode pipet merupakan metode langsung pengambilan contoh tanah dari dalam suspensi menggunakan pipet (Agus *et al.*, 2006). Analisis kadar air tanah dilakukan di laboratorium dengan menggunakan metode gravimetrik (Abdurrahman *et al.*, 2006). Penentuan berat jenis tanah dilakukan dengan menggunakan metode piknometer sementara penentuan berat isi tanah dilakukan dengan menggunakan metode silinder (Priyono *et al.*, 2012).

## 3.5 Analisis Data

Data yang telah didapatkan dari hasil pengamatan, diolah dengan *microsoft word*, *microsoft excel* dan *genstat*. Data dianalisis menggunakan ANOVA, berdasarkan Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAKF) lalu dan apabila hasilnya menunjukkan pengaruh nyata kemudian diuji lanjut dengan menggunakan uji *duncan multiple range test* (DMRT) dengan taraf 5%. Selanjutnya dilakukan uji korelasi dan regresi untuk mengetahui besarnya hubungan antar parameter yang diamati. Interpretasi nilai korelasi ditetapkan berdasarkan Sarwono (2006), disajikan dalam Tabel 4.

**Tabel 4.** Interpretasi nilai korelasi

Nilai	Kelas
0	Tidak ada korelasi
0,00-0,25	Korelasi lemah
0,25-0,50	Korelasi cukup
0,50-0,75	Korelasi kuat
0,75-0,99	Korelasi sangat kuat
1	Korelasi sempurna

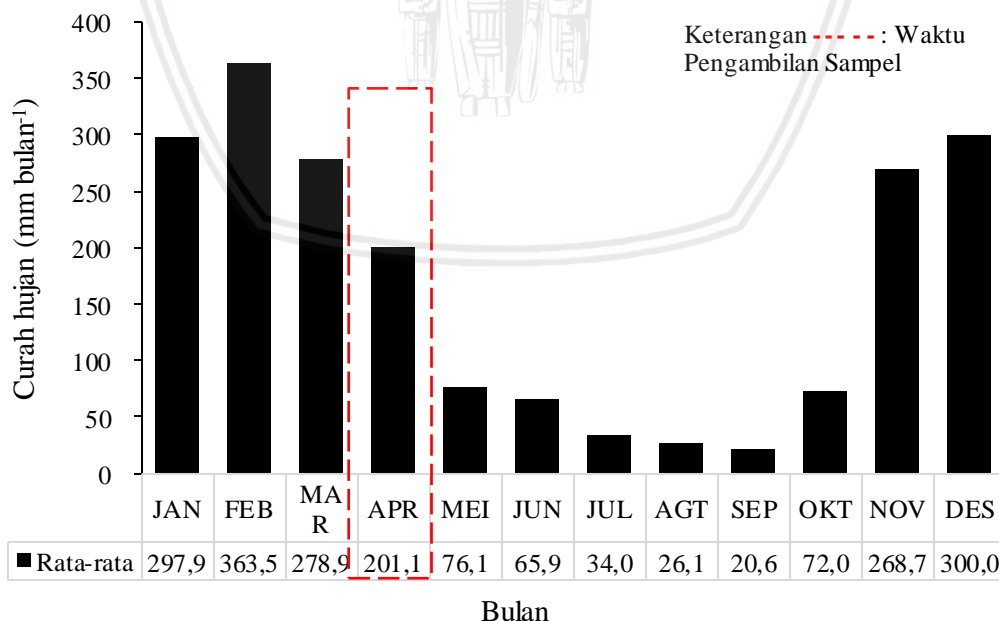
#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Karakteristik Plot Pengamatan

Lokasi pengambilan sampel dilakukan pada 4 plot pengamatan dengan sistem agroforestri kopi dan pinus yaitu plot LC (*Low density, low management*), MC (*Medium density, medium management*), HC (*High density, high management*), dan BAU (*Business as Usual*), dimana pada masing-masing plot memiliki karakteristik yang berbeda berdasarkan manajemen lahannya. Identifikasi karakteristik plot meliputi iklim, suhu tanah dan suhu udara, intensitas cahaya, karakteristik fisika tanah (tekstur tanah, berat isi dan berat jenis tanah), karakteristik kimia tanah (C-organik tanah, N-total, C/N rasio tanah) serta karakteristik tegakan atau vegetasi. Berikut merupakan hasil dari pengamatan yang telah dilaksanakan.

##### 4.1.1. Iklim

Rata-rata curah hujan 5 tahun terakhir pada tahun 2014-2018 (Gambar 7) termasuk ke dalam kategori C3 menurut Klasifikasi Iklim Oldeman, yaitu terjadi bulan basah selama 6 bulan dan bulan kering selama 6 bulan. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan April dengan rata-rata curah hujan 201,1 mm bulan<sup>-1</sup>, dimana pada bulan tersebut termasuk dalam kategori bulan basah.



**Gambar 7.** Rata-rata curah hujan per bulan berdasarkan data 5 tahun terakhir (2014 s.d. 2018) (Sumber: bmkgo.id)

#### 4.1.2. Iklim Mikro

##### 4.1.2.1. Suhu Udara

Suhu udara pagi hari (suhu minimum) pada lokasi plot penelitian berada pada kisaran 18,42°C hingga 19,20°C, sedangkan suhu udara siang hari (suhu maksimum) berada pada kisaran 22,14°C hingga 22,82°C. Rerata suhu udara maksimum dan minimum pada plot pengamatan ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Rata-rata suhu udara (°C) pada lokasi plot pengamatan

Plot Pengamatan	Rata-Rata Suhu Udara (°C)	
	Suhu Pagi (Minimum)	Suhu Siang (Maksimum)
LC	18,42 a	22,14 ab
MC	19,05 ab	21,27 a
HC	18,99 ab	22,82 b
BAU	19,20 b	22,55 b

Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan pengamatan yang tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%. Jenis pengamatan: LC: *low density plot, low management*; MC: *Medium density plot, medium management*; HC: *high density plot, high management*; BAU: *control/business as usual*.

Suhu udara pada pagi hari yang paling tinggi terdapat pada plot BAU dengan rata-rata sebesar 19,20°C dan berbeda secara signifikan dengan plot yang lainnya ( $p < 0,05$ ), sedangkan suhu udara pada siang hari yang paling tinggi terdapat pada plot HC dengan rata-rata sebesar 22,82°C namun tidak berbeda secara signifikan dengan suhu udara pada plot BAU.

##### 4.1.2.2. Suhu Tanah

Hasil pengukuran suhu tanah pada Bulan April di lokasi plot penelitian menunjukkan rata-rata suhu harian minimum pada lokasi pengamatan sebesar 19,65°C, sedangkan rata-rata suhu harian maksimum yaitu sebesar 20,49°C. Rata-rata suhu tanah pada lokasi plot pengamatan disajikan dalam Tabel 6.

**Tabel 6.** Rata-rata suhu tanah (°C) pada lokasi plot pengamatan

Plot Pengamatan	Rata-rata Suhu Tanah (°C)	
	Suhu Pagi (Minimum)	Suhu Siang (Maksimum)
LC	19,54 a	20,19 a
MC	19,61 ab	20,16 a
HC	20,05 b	20,28 a
BAU	19,43 a	21,35 b

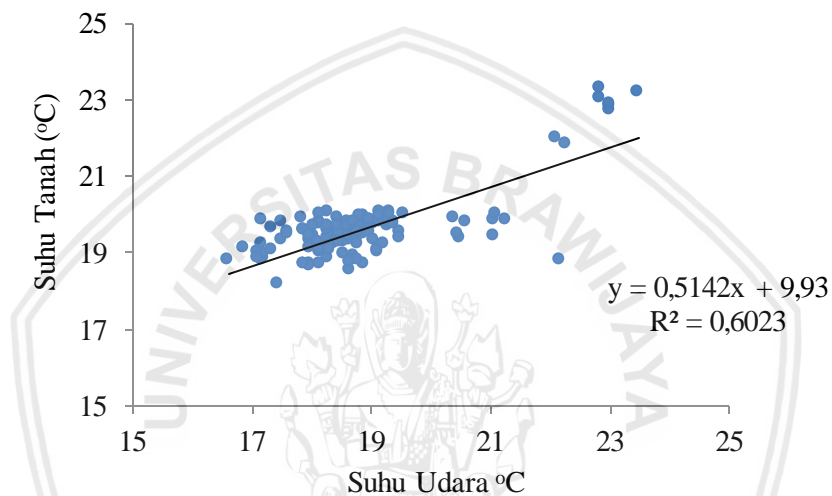
Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan pengamatan yang tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%. Jenis pengamatan: LC: *low density plot, low management*; MC: *Medium density plot, medium management*; HC: *high density plot, high management*; BAU: *control/business as usual*.

Rata-rata suhu tanah pada pagi hari yang paling tinggi terdapat pada plot HC (20,05°C) dan berbeda secara signifikan dengan plot yang lainnya ( $p < 0,05$ ),

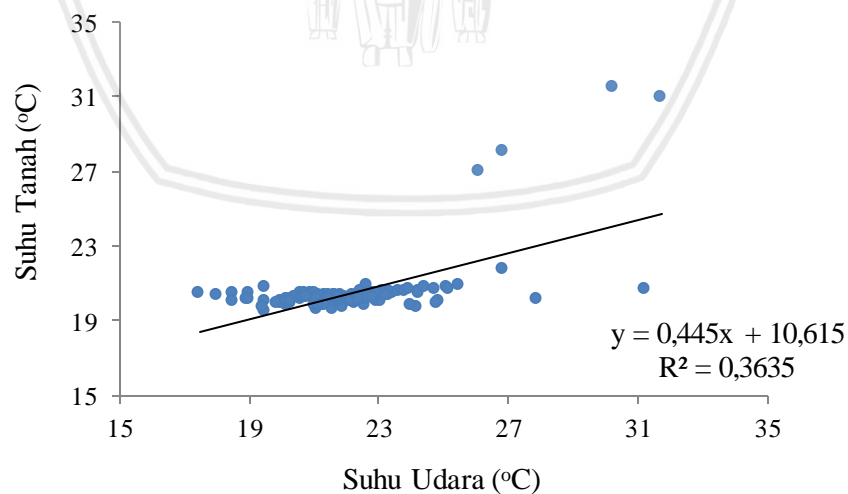
sedangkan rata-rata suhu tanah pada siang hari yang paling tinggi terdapat pada plot BAU (21,35°C) dan berbeda secara signifikan dengan plot lainnya ( $p < 0,05$ ).

#### 4.1.2.3. Hubungan Suhu Tanah dan Suhu Udara

Suhu udara dan suhu tanah pada setiap lokasi plot pengamatan memiliki hubungan positif dengan koefisien determinan sebesar  $R^2 = 0,6023$  (Gambar 8) pada pagi hari dan  $R^2 = 0,3635$  (Gambar 9). Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan ataupun penurunan pada suhu udara akan berpengaruh terhadap suhu tanah pada plot pengamatan.



**Gambar 8.** Hubungan suhu udara dengan suhu tanah pada pagi hari.



**Gambar 9.** Hubungan suhu udara dengan suhu tanah pada siang hari.

#### 4.1.2.4. Intensitas Cahaya

Pengukuran intensitas cahaya bertujuan untuk mengetahui banyaknya jumlah cahaya yang masuk pada lahan. Hasil rata-rata dari pengukuran intensitas cahaya pada plot pengamatan disajikan dalam Tabel 7.

**Tabel 7.** Intensitas cahaya pada plot pengamatan

Plot Pengamatan	Intensitas Cahaya (lx) di bawah kanopi kopi	Intensitas Cahaya (lx) di atas kanopi kopi
LC	3.432 <b>bc</b>	6.383 <b>b</b>
MC	4.354 <b>c</b>	5.866 <b>b</b>
HC	2.992 <b>b</b>	6.165 <b>b</b>
BAU	941 <b>a</b>	3.585 <b>a</b>

Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan pengamatan yang tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%. Jenis pengamatan: LC: *low density plot, low management*; MC: *Medium density plot, medium management*; HC: *high density plot, high management*; BAU: *control/business as usual*.

Tabel 7 menunjukkan hasil pengukuran intensitas cahaya pada Bulan April yang diukur pada 50 cm dari atas permukaan tanah (di bawah kanopi kopi) dan 200 cm dari atas permukaan tanah (di atas kanopi kopi). Hasil pengukuran intensitas cahaya di bawah kanopi kopi menunjukkan pada plot MC memiliki rata-rata intensitas cahaya paling tinggi sebesar 4354 lx dan berbeda nyata dengan plot lainnya ( $p < 0,05$ ), sedangkan intensitas cahaya yang paling rendah terdapat pada plot BAU dengan rata-rata sebesar 941 lx. Hasil pengukuran intensitas cahaya di atas kanopi kopi menunjukkan pada plot LC memiliki rata-rata intensitas cahaya paling tinggi (6383 lx), sementara plot BAU memiliki intensitas cahaya paling rendah (3585 lx).

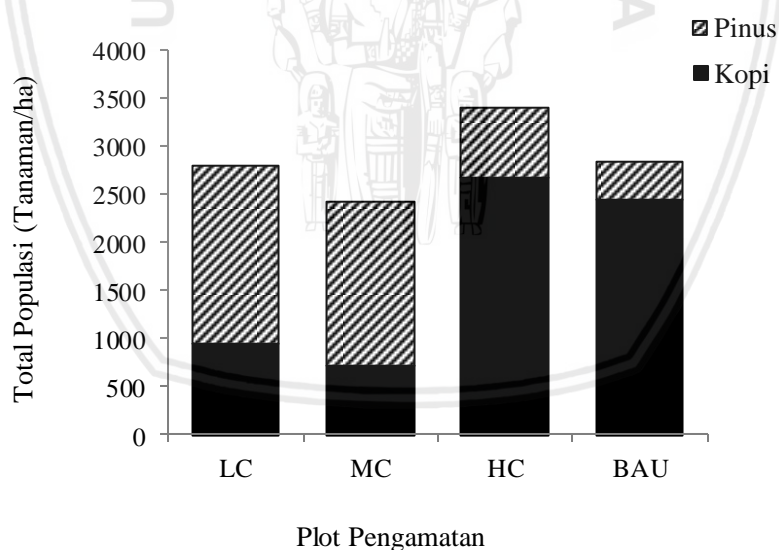
Intensitas cahaya yang diukur di atas kanopi kopi (2 m dari permukaan tanah) lebih tinggi dibandingkan dengan intensitas cahaya yang diukur di bawah kanopi kopi. Hal tersebut dapat disebabkan karena intensitas cahaya di atas kanopi kopi hanya dipengaruhi oleh luas tajuk dari tanaman pinus sebagai tanaman penayang, sementara intensitas cahaya di bawah kanopi kopi dipengaruhi oleh luas tajuk dari tanaman pinus serta tanaman kopi itu sendiri. Cahaya yang masuk pada lahan akan terlebih dahulu mengenai tajuk tanaman yang lebih tinggi sebelum sampai di permukaan tanah. Distribusi cahaya di bawah kanopi juga tergantung pada indeks luas daun (*leaf area indeks* atau LAI) yang juga ditentukan oleh tipe tegakan (Aussenac, 2000). Pinus memiliki bentuk daun yang sempit sehingga memungkinkan cahaya yang masuk lebih besar (Prakoswo *et al.*, 2018).

Intensitas cahaya matahari yang berbeda di empat plot pengamatan tersebut juga dapat disebabkan karena kemiringan lahan serta arah lereng dari sudut datang sinar matahari. Lahan datar memiliki intensitas cahaya matahari yang lebih tinggi, sementara pada lahan miring, intensitas cahaya yang masuk pada permukaan tanah akan lebih sedikit (Tarigan, 2017).

#### 4.1.3. Karakteristik Vegetasi

##### 4.1.3.1. Total Populasi dan Basal Area Tanaman

Hasil identifikasi total populasi tanaman menunjukkan plot HC memiliki jumlah populasi tanaman paling tinggi (3404 tanaman  $ha^{-1}$ ), sementara jumlah paling rendah terdapat pada plot MC (2429 tanaman  $ha^{-1}$ ). Plot HC memiliki total populasi kopi paling tinggi (643 tanaman) sementara plot MC memiliki jumlah populasi tanaman kopi paling rendah (172 tanaman). Sedangkan, jumlah populasi tanaman pinus paling banyak terdapat pada plot LC (444 tanaman) dan paling rendah terdapat pada plot BAU (92 tanaman). Total populasi tanaman (tanaman  $ha^{-1}$ ) yang terdapat pada masing-masing plot disajikan dalam Gambar 10.



**Gambar 10.** Total populasi tanaman pada plot penelitian.

Penentuan kerapatan tegakan juga dianalisis dari hasil luas bidang dasar tanaman (lbds) atau basal area (Tabel 8). Luas bidang dasar merupakan komponen informasi yang dapat membantu dalam penentuan kerapatan tegakan pada kawasan hutan atau sistem agroforestri. Semakin besar luas bidang dasar maka semakin rapat hutan tersebut (Hardjana, *et al.*, 2012). Total lbds atau basal area

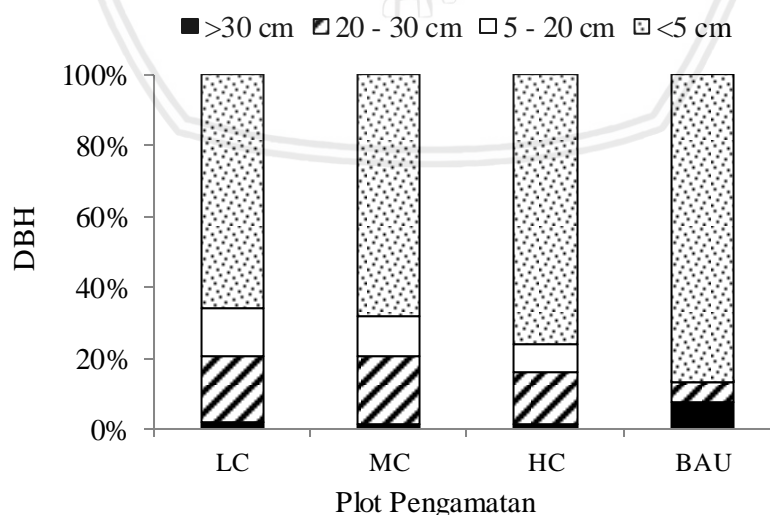
pohon pinus paling besar terdapat pada plot LC ( $36,22 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ ) dan terendah pada plot MC ( $29,05 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ ). Sementara total basal area tanaman kopi paling tinggi terdapat pada plot HC ( $1,74 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ ) dan terendah pada plot LC ( $1,09 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ ). Hal tersebut menunjukkan bahwa pinus merupakan jenis pohon yang paling dominan yang menutupi keempat plot.

**Tabel 8.** Karakteristik vegetasi dari setiap plot pengamatan

Plot	Rata-Rata DBH (cm)	Populasi (pohon $\text{ha}^{-1}$ )	Total BA ( $\text{m}^2\text{ha}^{-1}$ )	BA Pinus ( $\text{m}^2\text{ha}^{-1}$ )	BA Kopi ( $\text{m}^2\text{ha}^{-1}$ )
LC	21,55	2.796	37,09	36,21	1,090
MC	21,77	2.429	30,50	29,05	1,459
HC	23,36	3.404	34,14	32,40	1,740
BAU	30,56	2.838	30,33	29,15	1,180

#### 4.1.3.2. Sebaran Diameter Pohon (DBH)

Sebaran diameter pohon (DBH) pada keempat plot didominasi oleh pohon kecil (kopi) dengan diameter  $< 5\text{cm}$ . Pada lokasi plot BAU terdapat dominasi pohon dengan diameter  $< 5\text{cm}$  paling banyak, yaitu sebesar 86,5%. Lokasi plot LC terdapat persentase pohon dengan diameter 5-20 cm paling banyak yaitu sebesar 13%. Lokasi plot LC dan MC sama-sama memiliki persentase pohon dengan diameter 20-30 cm yang paling banyak yaitu sebesar 19%. Sementara itu, pohon dengan diameter  $>30\text{ cm}$  paling banyak terdapat pada plot BAU yaitu sebesar 7%. Sebaran diameter pohon pada keempat plot pengamatan disajikan dalam Gambar 11.



**Gambar 11.** Sebaran diameter pohon (DBH) pada setiap plot pengamatan

#### 4.1.3.3. Kerapatan Tajuk

Banyaknya populasi pohon yang terdapat pada lokasi plot pengamatan akan mempengaruhi kerapatan tajuk pada plot tersebut. Hasil pengukuran dari kerapatan tajuk pada plot pengamatan disajikan dalam Tabel 9.

**Tabel 9.** Rata-rata kerapatan tajuk pada setiap plot pengamatan

Plot	Rata-Rata Kerapatan Tajuk (%)	Kriteria *)
LC	70,27 <b>b</b>	Rapat
MC	71,74 <b>b</b>	Rapat
HC	78,20 <b>c</b>	Rapat
BAU	64,61 <b>a</b>	Cukup Rapat

Keterangan: \*) Kriteria berdasarkan Departemen Kehutanan (1992). Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan pengamatan yang tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%. Jenis pengamatan: LC: *low density plot, low management*; MC: *Medium density plot, medium management*; HC: *high density plot, high management*; BAU: *control/business as usual*.

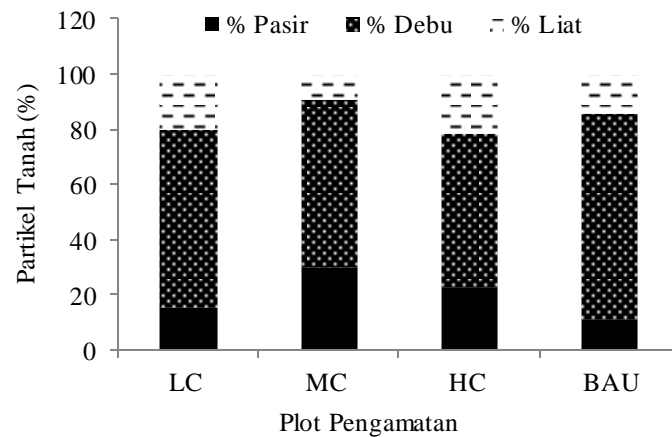
Hasil pengukuran kanopi menunjukkan plot HC memiliki kerapatan tajuk sebesar 78,204% (Tabel 9) dan berbeda secara signifikan dengan plot lainnya ( $p < 0,05$ ). Sementara kerapatan tajuk paling rendah terdapat pada plot BAU yaitu sebesar 64,6%. Kerapatan tajuk pada plot pengamatan dapat disebabkan karena perbedaan jumlah populasi tanaman di setiap plot pengamatan. Berdasarkan Departemen Kehutanan (1992), kerapatan tajuk pada plot HC, MC, dan LC termasuk ke dalam kriteria rapat, sementara kerapatan tajuk pada plot BAU termasuk ke dalam kriteria cukup (Lampiran 4).

#### 4.1.4. Karakteristik Sifat Fisik Tanah

##### 4.1.4.1. Tekstur Tanah

Tekstur tanah pada keempat plot pengamatan termasuk pada kelas lempung berdebu. Pada seluruh plot didapatkan persentase fraksi tertinggi adalah fraksi debu, kemudian diikuti fraksi pasir dan fraksi liat. Persentase debu yang didapatkan pada keempat plot pengamatan berkisar antara 56% - 74%, persentase pasir 11% - 30%, sedangkan persentase liat berkisar antara 9% - 22%. Persentase fraksi debu, pasir dan liat pada keempat plot pengamatan disajikan dalam Gambar 12.



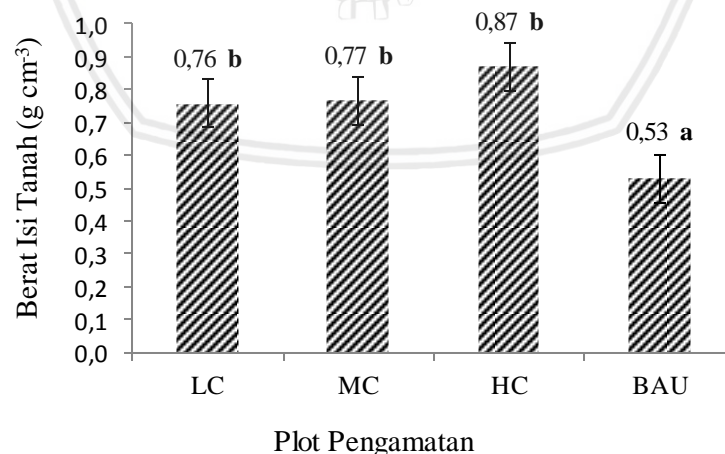


**Gambar 12.** Perbandingan persentase partikel pasir, debu dan liat pada plot pengamatan.

Sebaran tekstur pada lokasi plot pengamatan tergolong pada kelas yang sama karena jenis tanah dan bahan induk pada lokasi tersebut masih dalam satu lingkup yang sama. Kawasan UB *Forest* memiliki tanah yang berasal dari bahan induk abu vulkanik dan didominasi oleh jenis tanah Andisol (Yoom dan Suryanto, 2018).

#### 4.1.4.2. Berat Isi Tanah

Berat isi tanah pada keempat plot pengamatan menunjukkan nilai yang relatif rendah. Hasil analisis berat isi tanah pada empat plot pengamatan disajikan dalam Gambar 13.



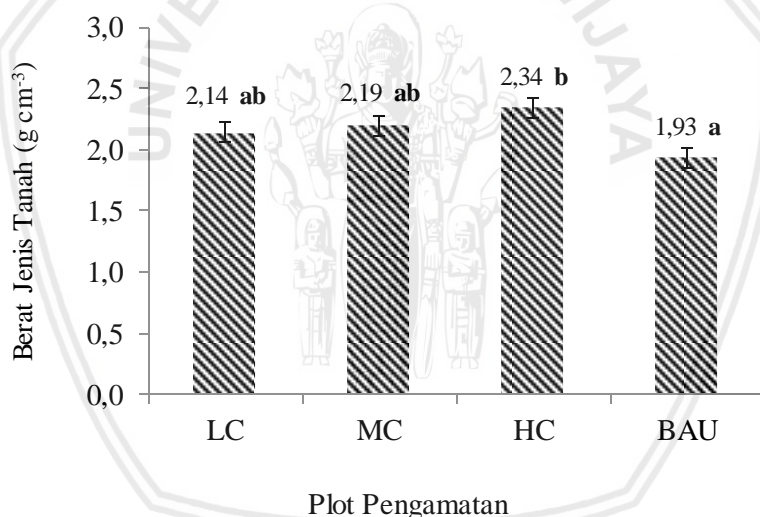
Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan pengamatan yang tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%. Jenis pengamatan: LC: *low density plot, low management*; MC: *Medium density plot, medium management*; HC: *high dnsity plot, high management*; BAU: *control/business as usual*.

**Gambar 13.** Rata-rata berat isi tanah pada plot pengamatan

Rata-rata berat isi tanah paling rendah terdapat pada plot BAU ( $0,53 \text{ gr cm}^{-3}$ ) dan berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan plot yang lainnya, sementara rata-rata berat isi paling tinggi terdapat pada plot HC ( $0,87 \text{ gr cm}^{-3}$ ). Tanah dengan bahan organik yang tinggi mempunyai berat isi yang relatif rendah. Bahan organik dapat menurunkan berat jenis dan tanah yang memiliki berat jenis kurang dari satu merupakan tanah dengan kandungan bahan organik sedang sampai tinggi (Darmayanti, 2012). Tingginya kandungan bahan organik dapat mempengaruhi sifat fisik tanah yang akan membentuk struktur stabil dan teragregasi tinggi serta memberikan banyak pori sehingga tanah bersifat porous (Mukhlis, 2011).

#### 4.1.4.3. Berat Jenis Tanah

Berat jenis tanah pada empat lokasi plot pengamatan memiliki kisaran rata-rata  $1,93 \text{ g cm}^{-3}$  hingga  $2,34 \text{ g cm}^{-3}$ . Hasil analisis berat jenis tanah disajikan dalam Gambar 14.



Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan pengamatan yang tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%. Jenis pengamatan: LC: *low density plot, low management*; MC: *Medium density plot, medium management*; HC: *high density plot, high management*; BAU: *control/business as usual*.

**Gambar 14.** Rata-Rata Berat Jenis Tanah pada Plot Pengamatan.

Hasil penelitian menunjukkan rata-rata berat jenis tanah paling rendah terdapat di plot BAU ( $1,93 \text{ g cm}^{-3}$ ), sedangkan rata-rata yang paling tinggi terdapat di plot HC ( $2,34 \text{ g cm}^{-3}$ ). Rendahnya nilai berat jenis tanah dapat disebabkan oleh pengambilan sampel yang dilakukan pada lapisan tanah bagian atas (kedalaman 0-10 cm), sehingga tanah tersebut masih dipengaruhi masukan bahan organik dari guguran seresah tanaman. Berat jenis tanah dipengaruhi oleh

komposisi dari komponen mineral tanah dan bahan organik tanah. Berat jenis menurun seiring dengan bertambahnya bahan organik tanah (Ruhlmann *et al.*, 2005., Schjonning *et al.*, 2016).

#### 4.1.5. Karakteristik Sifat Kimia Tanah

Karakteristik sifat tanah yang diamati pada penelitian ini yaitu total C-organik, bahan organik, N-total, C/N rasio serta pH tanah. Hasil analisis karakteristik sifat kimia tanah pada plot pengamatan menunjukkan rata-rata C-organik tanah pada keempat plot pengamatan berkisar antara 4,62% hingga 6,69% dan termasuk dalam kategori tinggi dan sangat tinggi (Lampiran 3a). Rata-rata nilai C-organik paling tinggi terdapat di plot BAU (6,53%), sedangkan yang paling rendah terdapat di plot MC (4,79%). Hasil analisis terhadap kandungan bahan organik tanah menunjukkan rata-rata bahan organik paling tinggi terdapat pada plot BAU (11,3%), sedangkan rata-rata bahan organik paling rendah terdapat pada plot MC (8,3%). Total C-organik dan bahan organik tanah pada plot pengamatan disajikan dalam Tabel 10.

**Tabel 10.** Kandungan C-organik dan bahan organik tanah pada plot pengamatan

Lokasi	C-Organik (%)	Bahan Organik (%)
LC	4,96	8,59
MC	4,79	8,29
HC	5,48	9,48
BAU	6,53	11,30

Keterangan: Jenis pengamatan: LC: *low density plot, low management*; MC: *Medium density plot, medium management*; HC: *high density plot, high management*; BAU: *control/business as usual*.

Rata-rata nilai N-total pada plot pengamatan berkisar antara 0,42% hingga 6,53%. Nilai N-total yang terdapat pada lahan LC, MC dan HC berturut-turut sebesar 0,42%, 0,44% dan 0,46% dan tergolong sedang, sementara nilai N-Total pada lahan BAU (0,63%) termasuk dalam kategori tinggi (Lampiran 3b). Perbandingan karbon dan nitrogen dalam tanah dinyatakan dengan nilai C/N rasio. Hasil analisis terhadap nilai C/N rasio tanah di keempat plot pengamatan menunjukkan rerata C/N rasio tanah paling tinggi terdapat pada plot HC (11,88%), sementara paling rendah terdapat pada plot BAU (10,42%). Rasio C/N menunjukkan tingkat penguraian bahan organik. C/N yang tinggi cenderung

menunjukkan dekomposisi bahan organik yang rendah (Chaves *et al.*, 2013). Nilai N-total dan C/N rasio tanah pada plot pengamatan disajikan dalam Tabel 11.

**Tabel 11.** Kandungan N-Total dan C/N rasio pada plot pengamatan

Lokasi	N total (%)	C/N Rasio
LC	0,44	11,23
MC	0,42	11,34
HC	0,46	11,88
BAU	0,63	10,42

Keterangan: Jenis pengamatan: LC: *low density plot, low management*; MC: *Medium density plot, medium management*; HC: *high density plot, high management*; BAU: *control/business as usual*.

Hasil pengukuran pH pada keempat plot pengamatan menunjukkan bahwa pH tanah paling tinggi terdapat pada plot BAU (5,16), sedangkan paling rendah terdapat di plot HC (4,98). Nilai pH tanah pada plot pengamatan termasuk ke dalam kategori masam (Lampiran 3d). Rata-rata nilai pH yang rendah pada plot penelitian dapat disebabkan karena adanya lapisan guguran daun pinus yang menumpuk tebal sehingga menyebabkan tanah menjadi masam (Salata, 2013). Lapisan bahan organik tebal yang mengalami dekomposisi menyebabkan pengasaman pada tanah dalam jangka pendek karena produksi dari asam organik sehingga pH tanah lebih rendah, karena dekomposisi dalam prosesnya mengeluarkan gugus-gugus fungsional yang melepaskan hidrogen ( $H^+$ ) dalam tanah. Pelepasan  $H^+$  yang terjadi di dalam tanah menyebabkan tanah menjadi masam. (Wood, 2008). Nilai pH tanah pada plot pengamatan disajikan dalam Tabel 12.

**Tabel 12.** Nilai pH tanah pada plot pengamatan

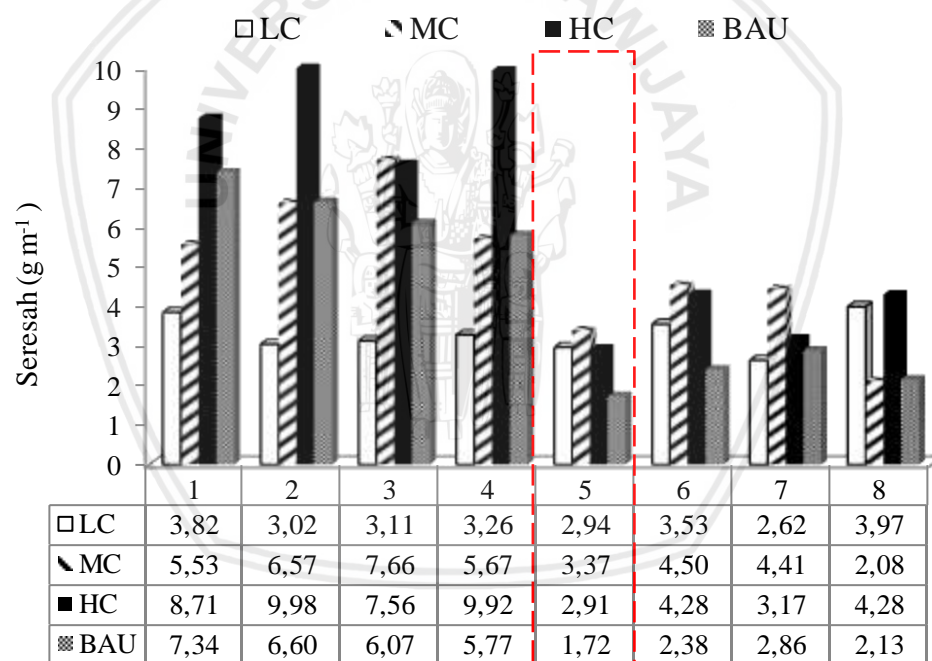
Lokasi	pH $H_2O$	Kriteria*)
LC	5,08	Masam
MC	5,02	Masam
HC	4,98	Masam
BAU	5,16	Masam

Keterangan: \*) Kriteria berdasarkan Balittan (2009) Jenis pengamatan: LC: *low density plot, low management*; MC: *Medium density plot, medium management*; HC: *high density plot, high management*; BAU: *control/business as usual*.

## 4.2 Produksi Seresah

### 4.2.1. Dinamika Seresah Mingguan

Pengukuran masukan seresah melalui *litter trap* dilaksanakan pada 23 Maret 2019 (Minggu kesatu) hingga 4 Mei 2019 (Minggu kedelapan). Produksi seresah yang diamati setiap satu minggu sekali menunjukkan hasil yang fluktuatif. Hasil pengukuran terhadap dinamika seresah mingguan menunjukkan bahwa plot LC memiliki produksi seresah yang lebih rendah dibandingkan dengan ketiga plot lainnya. Rata-rata produksi masukan seresah paling tinggi terdapat pada plot HC yaitu sebesar  $6,35 \text{ g m}^{-2} \text{ minggu}^{-1}$ , sementara rata-rata produksi seresah paling rendah terdapat pada plot LC yaitu sebesar  $3,28 \text{ g m}^{-2} \text{ minggu}^{-1}$ . Seresah pada keempat plot cenderung mengalami penurunan pada minggu kelima. Dinamika produksi seresah pada empat plot pengamatan disajikan dalam Gambar 15.



Keterangan - - - - : waktu pengambilan sampel

Waktu (Minggu)

Keterangan: Jenis pengamatan: LC: *low density plot, low management*; MC: *Medium density plot, medium management*; HC: *high density plot, high management*; BAU: *control/business as usual*.

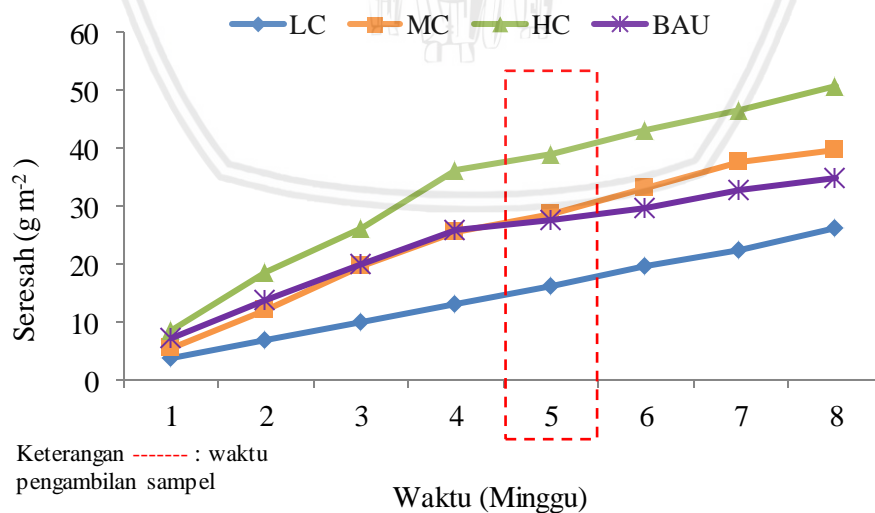
**Gambar 15.** Dinamika produksi seresah mingguan

Fluktuasi masukan seresah tiap minggu pengamatan dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, misalnya faktor abiotik seperti iklim, ketinggian, kesuburan tanah, musim dan umur tegakan (Proctor, 1983) ataupun faktor genetik dari

tanaman itu sendiri. Kerapatan tajuk atau tegakan merupakan faktor yang mempengaruhi jatuhnya seresah hutan maupun agroforestri karena adanya persaingan untuk mendapatkan sinar matahari. Semakin rapat suatu tegakan atau tajuk, akan menghasilkan seresah yang lebih banyak karena pohon-pohon yang tumbuh pada tutupan yang rapat akan cepat melepaskan cabang-cabang maupun daun-daun dari bagian bawah sebab cahaya tidak cukup baginya untuk proses fotosintesis (Rositah, *et al.*, 2013).

#### 4.2.2. Produksi Kumulatif Seresah

Kerapatan tanaman yang berbeda menghasilkan produksi seresah yang berbeda. Produksi seresah merupakan bagian yang penting dalam transfer bahan organik dari vegetasi ke tanah. Seresah pada permukaan tanah yang terdapat pada plot pengamatan merupakan hasil dari akumulasi seresah yang jatuh setiap harinya. Berdasarkan pengamatan terhadap produksi kumulatif seresah selama delapan minggu pengamatan, didapatkan hasil produksi kumulatif seresah paling tinggi terdapat pada plot HC dengan rata-rata seresah sebesar  $50,80 \text{ g m}^{-2}$  pada minggu ke-8 sedangkan plot LC memiliki produksi kumulatif seresah paling rendah dengan rata-rata  $26,28 \text{ g m}^{-2}$  pada minggu ke-8. Hasil analisis rata-rata produksi kumulatif seresah mingguan disajikan dalam Gambar 16.

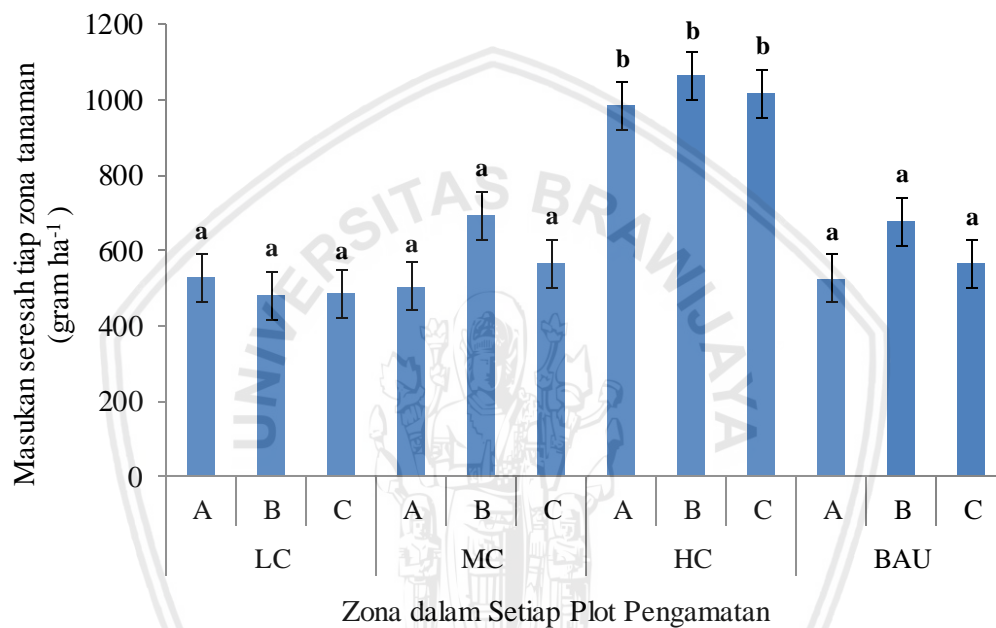


Keterangan: Jenis pengamatan: LC: *low density plot, low management*; MC: *Medium density plot, medium management*; HC: *high density plot, high management*; BAU: *control/business as usual*.

**Gambar 16.** Rata-rata produksi kumulatif seresah pada setiap plot

#### 4.2.3. Seresah pada Berbagai Zona Tanaman

Hasil analisis terhadap masukan seresah menunjukkan bahwa perbedaan manajemen lahan dari empat plot pengamatan memberikan pengaruh yang nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap jumlah seresah pada setiap plot pengamatan. Namun demikian, masukan seresah pada berbagai zona tanaman menunjukkan bahwa pada setiap zona tanaman di keempat lahan tidak berbeda nyata secara statistik. Hasil pengamatan terhadap jumlah seresah pada setiap zona tanaman ditunjukkan pada Gambar 17.



Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan pengamatan yang tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%. Jenis pengamatan: LC: *low density plot*, MC: *Medium density plot*, HC: *high density plot*, BAU: *control/business as usual*; A= Zona 50 cm dari tanaman kopi, B= Zona 50 cm dari tanaman pinus, C= Zona diantara tanaman kopi dan pinus.

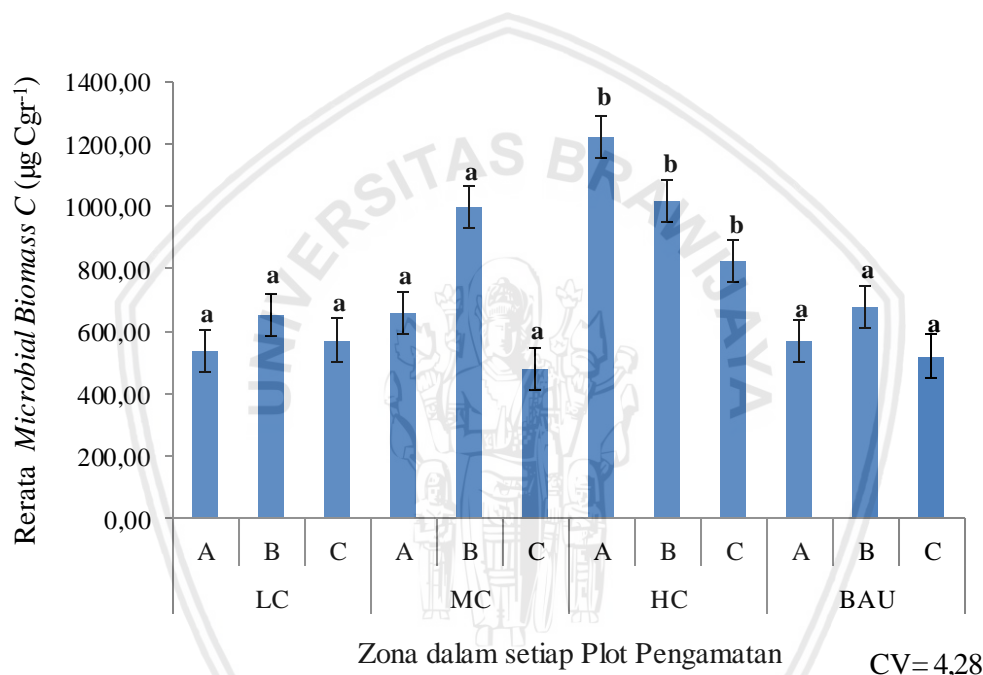
**Gambar 17.** Rata-rata masukan seresah *in-situ* pada setiap zona di plot pengamatan

Rata-rata masukan seresah paling tinggi terdapat di plot HC dengan jumlah seresah sebanyak 1015,1 g ha<sup>-1</sup> dan berbeda nyata dengan plot pengamatan lainnya ( $p < 0,05$ ), sementara masukan seresah paling rendah terdapat pada plot LC dengan jumlah seresah sebanyak 498,6 g ha<sup>-1</sup>. Rata-rata masukan seresah pada setiap zona tanaman berturut-turut sebanyak 635,3 g ha<sup>-1</sup> pada zona A, 729,3 g ha<sup>-1</sup> pada zona B dan 658,8 g ha<sup>-1</sup> pada zona C, namun hasil tersebut tidak berbeda nyata secara statistika. Hal tersebut dapat disebabkan karena pengaruh dari elevasi dan kemiringan lahan, serta angin yang menyebabkan seresah pada

setiap zona relatif tidak berbeda. Jumlah dan produksi seresah pada suatu lahan berkaitan erat dengan kondisi iklim, ketinggian, kemiringan lereng, kesuburan tanah, umur tegakan, vegetasi dan waktu. (Bray dan Gorham, 1964., Arianoutsou, 2000).

#### 4.3 Biomassa C-Mikroba pada Plot Agroforestri Kopi-Pinus dengan Sistem Manajemen yang Berbeda

Manajemen lahan yang berbeda pada plot penelitian mempengaruhi biomassa C-Mikroba tanah pada plot penelitian. Hasil rata-rata biomassa C-mikroba pada setiap plot pengamatan disajikan dalam Gambar 18.



Keterangan: Huruf yang sama pada kolom yang berbeda menunjukkan pengamatan yang tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%. Jenis pengamatan: LC: *low density plot, low management*; MC: *Medium density plot, medium management*; HC: *high density plot, high management*; BAU: *control/ business as usual*; A= Zona 50 cm dari tanaman kopi, B= Zona 50 cm dari tanaman pinus, C= Zona diantara tanaman kopi dan pinus.

**Gambar 18.** Rerata biomassa C-mikroba pada setiap plot pengamatan

Hasil rata-rata biomassa C-mikroba paling tinggi terdapat pada plot HC dengan rata-rata sebesar  $1021,16 \mu\text{gCg}^{-1}$  dan berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) dengan tiga plot pengamatan lainnya, sementara biomassa C-mikroba paling rendah terdapat pada plot LC dengan rata-rata sebesar  $588,74 \mu\text{gCg}^{-1}$  namun tidak berbeda nyata dengan plot LC dan MC.

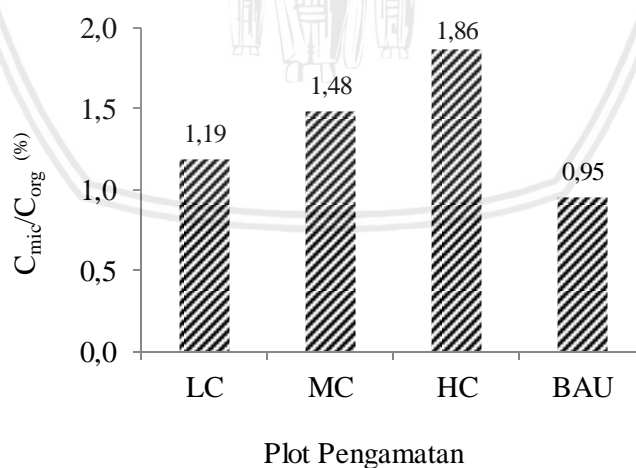
Pengaruh zona tanaman pada empat lokasi plot pengamatan tidak memberikan perbedaan terhadap biomassa C-mikroba. Biomassa C-mikroba



paling tinggi terdapat pada zona B (50 cm dekat dengan tanaman pinus) dengan rata-rata pada semua plot sebesar  $820,07 \mu\text{Cg}^{-1}$ , sementara paling rendah terdapat pada zona C yaitu sebesar  $553,66 \mu\text{Cg}^{-1}$ . Jika diuraikan lebih lanjut, pada zona A, rerata biomassa C-mikroba tertinggi terdapat pada plot HC ( $1.221,67 \mu\text{Cg}^{-1}$ ) dan rerata paling rendah terdapat pada plot LC ( $545 \mu\text{Cg}^{-1}$ ). Pada Zona B, rerata biomassa C-mikroba paling tinggi terdapat pada plot HC ( $1.015,72 \mu\text{Cg}^{-1}$ ) sementara rerata paling rendah terdapat pada plot LC ( $650,59 \mu\text{Cg}^{-1}$ ). Pada zona C, rerata biomassa C-mikroba paling tinggi terdapat pada plot HC ( $826,10 \mu\text{Cg}^{-1}$ ) dan rerata biomassa mikroba paling rendah terdapat pada plot BAU ( $553,15 \mu\text{Cg}^{-1}$ ).

#### 4.4 Rasio Biomassa C-Mikroba terhadap C-Organik Tanah ( $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$ )

Rasio biomassa C-mikroba terhadap C-organik tanah ( $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$ ) merupakan komponen C-mikroba per unit karbon tanah (Anderson et al., 1989). Analisis terhadap rasio  $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$  dalam penelitian ini menunjukkan  $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$  berkisar pada nilai 0,85% hingga 2,31%. Rata-rata rasio  $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$  paling tinggi terdapat pada plot HC yaitu sebesar 1,85%, sementara rata-rata rasio  $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$  paling rendah terdapat pada plot BAU, yaitu sebesar 0,95%. Rata-rata rasio  $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$  pada 4 plot penelitian disajikan dalam Gambar 19.



Keterangan: LC: *low density plot, low management*; MC: *Medium density plot, medium management*; HC: *high density plot, high management*; BAU: *control/business as usual*.

**Gambar 19.** Rasio biomassa C-mikroba terhadap C-Organik Tanah (%)

Rasio  $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$  mencerminkan kontribusi biomassa C-mikroba pada C-organik tanah (Anderson et al., 1989). Rasio  $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$  yang tinggi merupakan

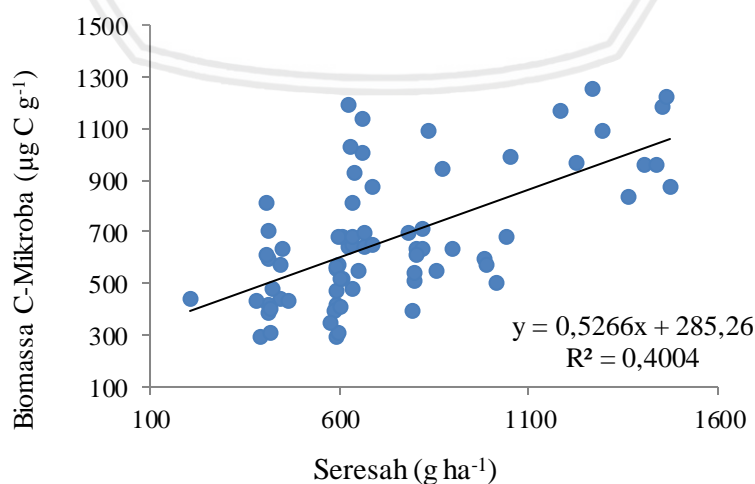
indikasi dari banyaknya akumulasi C labil tanah serta lingkungan yang mendukung untuk pertumbuhan mikroba, sedangkan rendahnya rasio  $C_{mic}/C_{org}$  biasanya berkaitan dengan rendahnya kualitas bahan organik (Cheng *et al.*, 2013). Nilai rasio  $C_{mic}/C_{org}$  mengindikasikan ketersediaan substrat organik sebagai sumber karbon bagi mikroba untuk melakukan metabolismenya. Secara tidak langsung, nilai rasio yang relatif lebih tinggi menandakan bahwa ketersediaan substrat segar yang juga lebih tinggi (Dariah *et al.*, 2005, Cheng *et al.*, 2013).

#### 4.5 Pembahasan Umum

Pebedaan manajemen lahan pada sistem agroforestri kopi dan pinus di KHDTK UB *Forest* menyebabkan perbedaan pada biomassa C-mikroba tanah. Meningkatnya jumlah input bahan organik berupa guguran seresah dari biomassa tanaman pada sistem agroforestri kopi dan pinus meningkatkan biomassa C-mikroba tanah. Selain dari input dan kualitas seresah, nilai biomassa C-mikroba tanah juga dipengaruhi banyak faktor lainnya seperti iklim mikro yang berupa suhu dan intensitas cahaya, sifat fisika tanah, seperti kandungan liat, juga sifat kimia tanah seperti nilai C-organik tanah, pH, dan C/N rasio.

##### 4.4.1. Hubungan biomassa C-Mikroba dengan Jumlah Masukan Seresah

Analisis Biomassa C-mikroba dan jumlah seresah pada berbagai zona pada plot pengamatan dilakukan untuk mengetahui besarnya masukan seresah dalam mempengaruhi biomassa C-mikroba tanah. Analisis hubungan antara masukan seresah dan biomassa C-mikroba disajikan dalam Gambar 20.



**Gambar 20.** Hubungan antara biomassa C-mikroba tanah dengan masukan seresah tiap zona tanaman

Gambar 20 menunjukkan hubungan biomassa C-mikroba dan seresah memiliki korelasi yang positif ( $r= 0,63$ ), sehingga dapat dikatakan bahwa setiap kenaikan atau penurunan input seresah pada lahan akan mempengaruhi biomassa C-mikroba tanah. Nilai persamaan regresi menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu gram seresah per hektar dapat meningkatkan biomassa C-mikroba tanah sebesar  $0,52 \mu\text{g C g}^{-1}$ .

Siklus yang berkelanjutan dari produksi daun serta guguran biomassa tanaman mengakibatkan akumulasi substansial berupa produk seresah. Hal tersebut mengakibatkan sejumlah mikroba tanah akan berkembang di dalam sistem tersebut karena substrat dan sumber makanan yang selalu tersedia dari seresah (Elder, 1982). Mikroba tanah menggunakan residu tanaman (seresah) sebagai sumber energi dan nutrisi, kemudian melepaskan  $\text{CO}_2$ , senyawa anorganik serta molekul lain yang berkontribusi dalam pembentukan humus tanah. Dekomposisi residu tanaman melepaskan sekitar 55-70% C ke atmosfer sebagai  $\text{CO}_2$ , 5-15% dimasukkan ke dalam biomassa C-mikroba dan sekitar 15-40% C stabil di tanah sebagai humus baru (Singh, *et al.*, 2005). Seresah pada hutan ataupun pada sistem agroforestri merupakan komponen yang berperan penting dalam mengatur proses fungsional pada ekosistem tersebut karena dapat melindungi permukaan tanah dari temperatur yang ekstrim, menjaga kelembapan tanah, meningkatkan infiltrasi dan melindungi mineral tanah (Kara *et al.*, 2008).

#### 4.4.2. Hubungan biomassa C-Mikroba dengan Karakteristik Plot Pengamatan

Biomassa C-mikroba dan aktivitas mikroba dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (Singh, *et al.*, 2009). Hubungan antara biomassa C-mikroba dengan beberapa parameter pengamatan berkaitan dengan karakteristik plot pengamatan disajikan dalam Tabel 13. Hasil analisis regresi antara biomassa C-mikroba dengan suhu tanah menunjukkan bahwa biomassa C-mikroba cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya suhu tanah. Pembentukan biomassa dipengaruhi sejumlah faktor lingkungan diantaranya yaitu suhu dan kelembapan (Joergensen *et al.*, 1990). Pada beberapa studi menyebutkan bahwa suhu tanah meningkatkan aktivitas mikroba yang dapat dilihat seiring dengan meningkatnya laju dekomposisi dan nilai respirasi mikroba. Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kepadatan mikroba dan menentukan tingkat dekomposisi

material organik tanah, aktivitas serta laju respirasi meningkat seiring dengan peningkatan suhu (Sakkata, *et al.*, 2004). Pada penelitian ini juga didapatkan hubungan yang positif antara kandungan liat dengan biomassa C-mikroba tanah dengan korelasi ( $r$ ) sebesar 0,348 (Lampiran 5). Tanah dengan kandungan liat yang lebih tinggi biasanya memiliki biomassa mikroba yang tinggi dikarenakan liat pada tanah dapat menyimpan lebih banyak air serta C-organik yang lebih tinggi (Carson, 2012).

**Tabel 13.** Hubungan biomassa C-mikroba dengan karakteristik plot pengamatan

Regresi antar Variabel	Persamaan	R <sup>2</sup>
Suhu tanah dengan biomassa C-mikroba	$y = 0,0009x + 19,002$	R <sup>2</sup> = 0,308
Intensitas cahaya dengan biomassa C-mikroba	$y = 2,2981x + 3808,6$	R <sup>2</sup> = 0,123
% liat dengan biomassa C-mikroba	$y = 0,0083x + 9,9583$	R <sup>2</sup> = 0,058

#### 4.4.3. Hubungan Biomassa C-Mikroba dengan C-Organik Tanah

Biomassa mikroba merupakan salah satu komponen penyusun fraksi labil (*labile pool*) dalam bahan organik, akan tetapi, pada penelitian ini tidak terdapat hubungan korelasi antara bahan organik dengan biomassa C-mikroba. Hal tersebut dapat terjadi karena perbedaan fraksi penyusun pada bahan organik tanah di setiap lokasi plot pengamatan. Namun demikian, hal tersebut perlu diuji lebih lanjut melalui fraksinasi bahan organik untuk mengetahui seberapa besar persentase fraksi penyusunnya. Perubahan kualitas tanah akibat pemberian bahan organik dalam jangka pendek dapat dilihat dari fraksi labil bahan organik (Nurida *et al.*, 2007).

Pada penelitian ini juga diketahui bahwa perbedaan input seresah dari manajemen lahan pada setiap plot pengamatan juga tidak berkorelasi dengan bahan organik tanah. Hal serupa juga terjadi pada penelitian Miao *et al.*, (2019) pada *Coniferous-Broadleaf Mixed Forest* di Central China yang menyebutkan bahwa kuantitas seresah tidak memberikan efek terhadap total karbon organik tanah, akan tetapi penambahan seresah menstimulasi *dissolved organic carbon* (DOC) lebih kuat dibandingkan perlakuan tanpa seresah. Selain itu, pada penelitian Fang *et al.* (2015) pada tiga hutan subtropis (hutan produksi, hutan campuran pinus berdaun lebar, dan hutan *moonsoon evergreen*) di daerah Guangzhou, China disebutkan bahwa peningkatan input seresah menyebabkan

peningkatan pada biomassa mikroba tanah serta aktivitas mikroba dan tingginya laju dekomposisi, tetapi tidak mengubah kandungan karbon organik tanah setelah 2,5 tahun dalam sistem hutan. Efek dari input bahan organik yang berasal dari tanaman pada karbon dalam tanah melibatkan proses yang lebih kompleks dari sekadar perubahan pada struktur dan aktivitas mikroba tanah (Jin *et al.*, 2010).

#### 4.4.4. Analisis *Multiple Regression* pada Parameter Pengamatan

Uji *multiple regression* dilakukan pada parameter pengamatan (x) yang memiliki nilai korelasi yang kuat ( $r > 0,5$ ) terhadap biomassa C-mikroba. Dari 13 parameter pengamatan yang diujikan (Lampiran 5), terdapat dua parameter yang memiliki hubungan korelasi yang kuat terhadap biomassa C-mikroba, yaitu akumulasi seresah pada setiap zona tanaman pada permukaan tanah dan suhu tanah. Hasil analisis *multiple regression* (Lampiran 6) pada dua parameter yang memiliki hubungan yang kuat terhadap biomassa C-mikroba didapatkan model sebagai berikut:

$$Y = -4326,99 + 0,595 X_1 + 237,24 X_2$$

Keterangan:  $X_1$ = akumulasi seresah tiap zona;  $X_2$ = suhu tanah

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa faktor yang meningkatkan biomassa C-mikroba pada penelitian ini diantaranya adalah akumulasi seresah tiap zona tanaman pada permukaan tanah dan suhu tanah. Nilai persamaan menunjukkan bahwa jika seluruh parameter bernilai 0, maka biomassa C-mikroba yang terdapat pada lokasi penelitian sejumlah  $-4326,99 \mu\text{g C g}^{-1}$ , setiap peningkatan akumulasi seresah ( $\text{g ha}^{-1}$ ) pada permukaan tanah akan meningkatkan biomassa C-mikroba sebesar  $0,595 \mu\text{g C g}^{-1}$ , dan setiap peningkatan  $1^\circ\text{C}$  suhu tanah akan meningkatkan biomassa C-mikroba sebesar  $237,24 \mu\text{g C g}^{-1}$ .

Hasil analisis *multiple regression* menunjukkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,415, artinya bahwa secara bersama-sama, sebesar 41,5% biomassa C-mikroba dalam penelitian ini dipengaruhi oleh faktor akumulasi seresah pada tiap zona tanaman dan suhu tanah, sementara sebesar 58,5% dapat dipengaruhi oleh faktor lain.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Perbedaan kerapatan kanopi sebagai hasil dari manajemen lahan yang berbeda pada keempat plot pengamatan di lahan agroforestri kopi dan pinus mempengaruhi input seresah pada lahan serta biomassa C-mikroba tanah. Plot HC memiliki kanopi paling rapat (78,20%) serta input seresah paling tinggi ( $6,35 \text{ g m}^{-2} \text{ minggu}^{-1}$ ), serta rata-rata biomassa C-mikroba paling tinggi ( $1021,16 \text{ } \mu\text{gCg}^{-1}$ ) dibandingkan dengan plot LC, MC dan BAU. Terdapat hubungan antara input seresah dan biomassa C-mikroba tanah dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ )= 0,40.
2. Jarak antar tanaman dan lebar tutupan kanopi pada setiap zona pohon pada plot pengamatan tidak berpengaruh terhadap jumlah atau ketersediaan seresah dan biomassa C-mikroba tanah.

### 5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh dari jenis kualitas seresah yang berbeda terhadap biomassa mikroba tanah pada sistem agroforestri.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai fraksionasi bahan organik agar dapat lebih diketahui persentase biomassa mikroba sebagai penyusun fraksi labil dari bahan organik tanah.
3. Perlu dilakukan monitoring terhadap manajemen lahan agroforestri kopi-pinus di UB *Forest* agar lahan dapat mempertahankan kualitas tanah yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., U. Haryati dan I. Juarsyah. 2006. Penetapan Kadar Air Tanah dengan Metode Gravimetrik. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian hal. 131-142.
- Agus, F. dan S. Marwanto. 2006. Penetapan Tekstur Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil microbiology. Academic Press. New York.
- Anderson, H. T. and K.H. Domsch. 1989. Ratio of Microbial Biomass to Total Organic Carbon in Arable Soil. *Soil Biology and Biochemistry* 21(4): 471-479.
- Anderson, J.M. and J.S.I. Ingram. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Method. University of Oxford. Department of Plant Science.
- Andrianto, F., A. Bintoro dan S.B. Yuwono. 2015. Produksi dan Laju Dekomposisi Serasah Mangrove (*Rhizophora* sp.) di Desa Durian dan Desa Batu Menyan Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Sylva Lestari*. 3(1): 9-20.
- Araujo, A., L. Luiz, D.I. Bruna, D.L. Mario, X. Gustavo and M.V.B. Figueiredo. 2012. Microbiological Process in Agroforestry Systems. A Review. *Agronomy for Sustainable Development*, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2012, 32 (1): 215-226.
- Arianoutsou, M. and C. Radea. 2000. Cellulose Decomposition Rates and Soil Arthropod Community In A Pinus Halepensis Mill. Forest Of Greece After A Wildfire. *Eur. J. Soil Biol.* 36 (2000) 57–64
- Aussenac, G., 2000. Interactions Between Forest Stands And Microclimate: Ecophysiological Aspects And Consequences For Silviculture. *Annals of Forest Science*, Spinger Verlag/EDP Sciences (2000), 57 (3):287-301. doi: 10.1051/forest:2000119.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. Petunjuk Teknis Edisi 2: Analisis Kimia Tanah, Tanaman Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah (Balittan). Jawa Barat. ISBN 978-602-8039-21-5
- Belsky, A.J., R.G. Amundson and J.M. Duxbury. 1989. The Effects of Trees on their Physical, Chemical and Biological Environments in a Semi-Arid Savanna in Kenya. *J App Ecol* 26:1005–1024
- Bhatt, M. and S. Banmeru. 2014. Estimates of Soil Microbial Biomass Carbon of Forest Soil Types of Gujarat, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. ISSN: 2319-7706. 3(11):817-825.
- Bray, J.R. and E. Gorgam. 1994. Litter Production in Forest of The World: JB Cragg (Ed.) *Advances in Ecological Research Vol. 2*. London: Academic Press London.

- Brookes, P.C. 2001. The Soil Microbial Biomass: Concept, Measurement and Applications in Soil Ecosystem Research. *Microbes Environ* 16:131–140
- Chantigny, M.H., D.A. Angers and C.J. Beauchamps. 1999. Aggregation and Organic Matter Decomposition in Soils Amended with De-Inking Paper Sludge. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 1214–1221.
- Chaves, H.M., N. Fierer and P. van Bodegom. 2013. Global Drivers and Patterns of Microbial Abundance in Soil. *Global Ecology and Biogeography*, (Global Ecol. Biogeogr.) doi: 10.1111/geb.12070.
- Chen, X.L., D.Wang, X.Chen, W. Ji, D.Jiao-Jiao, Z. Jing and Q.W. Guan. 2015. Soil Microbial Functional Diversity And Biomass As Affected By Different Thinning Intensities In A Chinese Fir Plantation. *Applied Soil Ecology* 92 (2015) 35–44. doi: 10.1016/j.apsoil.2015.01.018.
- Cheng, F., P. Xiaobang, P. Zhao, J. Yuan, C. Zhong, Y. Cheng and C.C. Zhang. 2013. Soil Microbial Biomass, Basal Respiration and Enzyme Activity of Main Forest Types in The Qinling Mountains. *Plos One* Vol. 8. Issue 6 e67353.
- Carson, J. 2012. Microbial Biomass. [soilquality.org.au](http://soilquality.org.au).
- Dariah, A., F. Agus, S. Arsyad, Sudarsono, dan Maswar. 2005. Kualitas Tanah pada Lahan Usahatani Berbasis Tanaman Kopi (Studi Kasus di Sumberjaya, Lampung Barat) . *Jurnal Tanah dan Iklim* No. 23/2005.
- Darmayanti, A.S. 2012 Beberapa Sifat Fisika Kimia Tanah yang Berpengaruh Terhadap Model Kecepatan Infiltrasi pada Tegakan Mahoni, Jabon, dan Trembesi di Kebun Raya Purwodadi. *Berk. Penel. Hayati*: 17: 185–191.
- Departemen Kehutanan. 1992. Manual Kehutanan. Departemen Kehutanan RI.
- Fang, X, Q. Wang, W. Zhou, W. Zhao, Y. Wei, L. Niu and L. Dai. 2014. Land Use Effects on Soil Organic Carbon, Microbial Biomass and Microbial Activity in Changbai Mountains of Northeast China. *Chinese Geographical Science*, 24(3): 297–306. doi: 10.1007/s11769-014-0670-9
- Fang, X., L. Zhao, G. Zhou, H.Wenjuan and L. Juxiu. 2015. Increased Litter Input Increases Litter Decomposition and Soil Respiration but Has Minor Effects on Soil Organic Carbon in Subtropical Forests. *Plant and Soil*, 392 (1-2), 139-153. doi 10.1007/s11104-015-2450-4.
- Foote, J.A., T. Boutton and A. Scott. 2015. Soil C and N Storage and Microbial Biomass in US Southern Pine Forest: Influence Of Forest Management. *Forest Ecology Management* pg. 355. doi: 10.1016/j.forco.2015.03.036.
- Franzluebbers, A.J. and M.A. Arshad. 1997. Soil Microbial Biomass and Mineralizable Carbon of Water Stable Aggregates. *Soil. Sci. Soc. Am. Journal.* 61: 1090-1097.
- Golchin, A., J.M. Oades, J.O. Skjemstad and P. Clarke. 1994. Shidy of Free and Occluded Particulate Organic Matter in Soils by Solid State CP/MAS NMR Spectroscopy and Scanning electron microscopy. *Aust. J. Soil. Res.* 32:285-309.



- Hairiah, K.H., D. Sulistyani, D. Suprayogo, Widiyanto, P. Purnomosidhi, R.H. Widodo and M. van Noordwijk. 2006. Litter Layer Residence Time in Forest and Coffee Agroforestry System in Sumberjaya, West Lampung. *Forest Ecology and Management* 224 (6), 45-57.
- Hairiah, K.H., S.R. Utami, B. Lusiana and M. van Noordwijk. 2007. Neraca Hara dan Karbon dalam Sistem Agroforestry. Bahan Ajar 6. World Agroforestry Centre.
- Handayani, E. 2006. Laju Produktivitas Serasah Daun (Leaf Litter) Komunitas Medang (*Litsea* Spp.) Dan Meranti (*Shorea* Spp.) Di Kebun Raya Bogor. Departemen Biologi FMIPA IPB: Bogor.
- Hardjana, A.K., F. N. Rahimahyuni, S. Iwan, Tumaka dan R. Ahmad. 2012. Pendugaan Stok Karbon Kelompok Jenis Tegakan berdasarkan Tipe Potensi Hutan di Kawasan Hutan Lindung Sungai Wain. *Jurnal Penelitian Dipterokarpa*. Vol 6 No. 2. Hal 85 – 96.
- Henok, K., D. Stefaan, P. Jean, F. Amaury, and N. Jan. 2017. Agro-Ecological Implications of Forest and Agroforestry Systems Conversion to Cereal-Based Farming Systems in The White Nile Basin, Ethiopia. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. doi: 10.1080/21683565.2017.1382425.
- Jin, H., O.J Sun and J. Liu. 2010. Changes in Soil Microbial Biomass and Community Structure with Addition of Contrasting Types of Plant Litter in A Semiarid Grassland Ecosystem. *Journal of Plant Ecology* Vol. 3, No. 3, 209–217. doi: 10.1093/jpe/rtq001.
- Joergensen, R.G., P.C. Brookes and D.S. Jenkinson. 1990. Survival of The Soil Microbial Biomass at Elevated Temperatures. *Soil Biol. Biochem.* 22:1129-1136.
- Joergensen, R.G. 1996. The Fumigation-Extraction Method to Estimate Soil Microbial Biomass Calibration of The kEC Value. *Soil Biol. Biochem.* 28: 25-31.
- Kara, O., I. Bolat, K. Cakiroglu and M. Ozturk. 2008. Plant Canopy Effects on Litter Accumulation and Soil Microbial Biomass in Two Temperate Forests. *Biol Fertil Soils* 45:193–198. doi: 10.1007/s00374-008-0327-x.
- Kaur, B., S.R. Gupta and G. Singh. 2000. Soil Carbon, Microbial Activity and Nitrogen Availability in Agroforestry Systems on Moderately Alkaline Soils in Northern India. *App Soil Ecol* 15:283–294.
- Kjeldahl, Z Johan. 1883. A New Method for The Determination of Nitrogen in Organic Bodies: *Analytical Chemistry* 22: 366.
- Leite, L.F.C., F.C. Oliveira, A.S.F. Araújo, S.R.S. Galvão, J.O. Lemos and E.F.L. Silva. 2010. Soil Organic Carbon and Biological Indicators in an Acrisol Under Tillage Systems and Organic Management in North-Eastern Brazil. *Australian Journal of Soil Research*, 48: 258–265.
- Leite, L.F.C., B.F. Iwata and A.S.F. Araujo. 2014. Soil Organic Matter Pools in Tropical Savana Under Agroforestry System in Northeastern Brazil. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, 38(4): 711-723.

- Loreau, M., S. Naeem, P. Inchausti, J. Bengtsson, J. P. Grime, A. Hector, D.U. Hooper, M.A. Huston, D. Raffaelli, B. Schmid, D. Tilman and D.A. Wardle. 2001. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges. *Science* (294): 804-808.
- Loumeto, J.J. and B.F. Reversat. 2002. *The Litter System in African Forest-Tree Plantations*. Sciences Publisher.Inc: Enfield.
- Melero, S., R.L. Garrido, E. Madejón, J.M. Murillo and K.Vanderlinden. 2010. Carbon Fractions and Enzymatic Activities in Two Cultivated Dryland Soils Under Conservation Tillage. 19<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World.
- Miao, R., J. Ma, Y.Liu, Y.Liu, Z.Yang and M. Guo. 2019. Variability of Aboveground Litter Inputs Alters Soil Carbon and Nitrogen in a Coniferous-Broadleaf Mixed Forest of Central China. *Forest* 10: 188. doi:10.3390/f10020188.
- Nurida, N.L. 2007. Perubahan Fraksi Bahan Organik Tanah Akibat Perbedaan Cara Pemberian dan Sumber Bahan Organik. *Jurnal Tanah dan Iklim* no. 26/2007.
- Nsabimana, D., R.J. Haynes and J. Kuhn. 2004. Size Activity and Catabolic Diversity of The Soil Microbial Biomass as Affected by Landuse. *Applied in Soil Ecology*. 26(2)81-92. doi: 10.1016/j.apsoil.2003.12.005.
- Olson, J. S. 1963. Energy Storage and the Balance of Producers and Decomposers In Ecological System. *Ecology* Volume 44(2).
- Pankhurst, C.E., C.A. Kirkby, B.G. Hawke, and B.D. Harch. 2002. Impact Of Change In Tillage And Crop Residue Management Practice On Soil Chemical And Microbiological Properties In A Cereal-Producing Red Duplex Soil In NSW, Australia. *Biological Fertility of Soils* 35:189-196.
- Prakoswo, D., Arifin, Setyono, and Y. Tyasmoro. 2018. The Analyze of Agroclimate in UB Forest Area Malang District, East Java, Indonesia. *Bioscience Research*, 2018 15(2): 918-923.
- Prasmatiwi, E.F., Irham, Suryantini dan Jumhari. 2010. Kesiediaan Membayar Petani Kopi untuk Perbaikan Lingkungan. *Jurnal Ekonomi Pembangunan* Vol. 12. No. 2 Desember 2011, halaman 187-199.
- Prijono, S., dan Z. Kusuma. 2012. Instruksi Kerja Laboratorium Fisika Tanah FPUB. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Proctor, J. 1983. Mineral Nutrients in Tropical Forest. [ppg.sagepub.com](http://ppg.sagepub.com) at North Carolina State Univ.
- Ramadhan, S., V.M.A. Timow dan Said I. 2016. Analisis Kadar Unsur Nitrogen (N) dan Posforus (P) dalam Lamun (*Enhalus acoroides*) di Wilayah Perairan Pesisir Kabonga Besar Kecamatan Banawa Kabupaten Donggala. *J. Akad. Kim.* 5(1): 37-43. ISSN 2302-6030 (p), 2477-5185 (e).
- Ruhlmann, J., M. Korsch and J. Graefe. 2005. A New Approach to Calculate The Particle Density of Soils Considering Properties of The Soil Organic Matter and The Mineral Matrix. *Geoderma* 130: 272-283.

- Rositah, R., Herawatiningsih, dan Hardiansyah G. 2013. Pendugaan Biomassa Karbon Serasah Dan Tanah Pada Hutan Tanaman (*Shorea leprosula* Miq.) sistem TPTII PT. Suka Jaya Makmur. Jurnal Hutan Lestari 1(3):358-366.
- Sakkata, Y., T. Nakasutbo, A. Kume and H. Koizumi.2004. Soil Microbial Biomass, Respiration Rate and Temperature Dependence on a Successional Glacier Foreland in Ny Alesund, Svalbard. BioOne. doi: 10.1657/1523-0430.
- Sallata dan M Kudeng. 2013. Pinus (*Pinus merkusii* Jungh Et De Vriese) dan Keberadaannya di Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan. Jurnal Info Teknis Eboni. Vol.10(2) : 85-98.
- Santosa, E. dan S. Widati 2007. Estimasi dan Aktivitas Mikroba dalam Metode Analisis Biologi Tanah. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Deptan 2007.
- Sarwono. 2006. Metode Penelitian Kuantitatif & Kualitatif,. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Schjonning, P.A., K. Jan, G. Thomas, L. Mogens, S. Mathieu, S. Asko, A. Matthias, M.J. Breuning and Henrik. 2016. Soil Compaction. doi:10.2788/828742.
- Sudomo, A., dan A.Widiyanto. 2017. Produktivitas Serasah Sengon (*Paraserianth falcataria*) dan Sumbangannya bagi Unsur Kimia Makro Tanah. Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Agroforestry, Ciamis. ISBN: 978-602-361-072-3.
- Susilawati, Mustoyo, Budhisurya, Eriandra, Anggono, R.C.W. Simanjuntak, dan H.Bistok 2013. Analisis Kesuburan Tanah dengan Indikator Mikroorganisme Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Dieng Plateau. Agric Vol. 25(1):64-72.
- Singh, Y., S. Bijay, and J. Timsina. 2005.Crop Residue Management for Nutrient Cycling and Improving Soil Productivity in Rice-Based Cropping System In the Tropics. CSIRO Land and Water, Griffith NSW 2680, Australia.
- Singh, J S., D.P. Singh, and Kashyap. 2009. A Comparative Account of the Microbial Biomass-N and N-mineralization of Soils under natural forest, grassland and crop field from dry tropical region, India. Plant Soil Environ., 55, 2009 (6): 223–230
- Singh, J.S. and K.G.Vijay. 2018. Soil Microbial Biomass: A Key Soil Driver in Management of Ecosystem Functioning. Science of the Total Environment journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv).
- Tangjang, S., K. Arunachalam, A. Arunachala and K.S. Awadhesh. 2009. Microbial Population Dynamics of Soil Under Traditional Agroforestry Systems in Northeast India. Research Journal of Soil Biology, 1: 1-7.
- Tarigan, D.J. 2017. Keberagaman Pertumbuhan Vegetasi Penutup Tanah pada Kemiringan Lahan yang Berbeda di Perkebunan Kelapa Sawit. Departemen Agronomi Dan Hortikultura Fakultas Pertanian. IPB.

- Vance, E.D., Brookes and Jenkinson. 1987. An Extraction Method for Measuring Soil Microbial Biomass C. *Soil Biology Biochem.* Vol. 19. No. 6. pp. 703-707.
- Van Leuwen, J.P., I. Djukic, J. Bloem, L. Hemerik, P.C. de Ruiter and G.J. Lair. 2017. Effect of Land Use on Soil Microbial Biomass, Activity and Community Structure at different Soil Depths in Danube Floodplain. *European Journal of Soil Biology* 79: 14-20. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2017.02.001>.
- Vinyoles, G.P. 2008. Effect of Land Use on Soil Microbial Community Function in Western Kenya Highlands. SLU, Department of Ecology, Uppsala, Sweden.
- Walkley, A., and J.A Black. 1934. An Examination of The Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of The Chromic Acid Titration Method. *Soil Science* 37, 29-38.
- Weil, R.R., K.R. Islam, M.A. Stine, J.B. Gruver and S.E. Samson-Liebig. 2003. Estimating Active Carbon for Soil Quality Assessment: A Simplified Method for Laboratory and Field Use. *American Journal of Alternative Agriculture* 18: 3-17.
- Weyerhaeuser, H. and T. Tennigkeit. 2000. Forest Inventory and Monitoring Manual. HBS-ICRAF-CMU, Chiang Mai, hal.30.
- Wood, C.D., B. Tan, A. Trewin, F. Su, M.J. Rosseinsky, D. Bradshaw, Y. Sun, L. Zhou and A.I. Cooper. 2008. Microporous Organic Polymers for Methane Storage *Advanced materials*. 20 (10): 1916-1921.
- Yao, H., Z. He, M.J. Wilson and C.D. Cambell. 2000. Microbial Biomass and Community Structure in a Sequence of Soils with Increasing Fertility and Changing Land Use. *Microbial Ecology Journal*, 40:223-237.
- Yoom, I.L., dan A. Suryanto. 2018. Sistem Agroforestri Pinus (*Pinus merkusii*) dan Jahe (*Zingiber officinale* L.) dengan Tumpangsari Tanaman Perkebunan dan Sayuran. *Jurnal Produksi Tanaman* 6 (9): 2157-2165.
- Zeng, Q., L. Yang and A. Shaoshan. 2017. Impact of litter Quantity on the Soil Bacteria Community During the Decomposition of *Quercus Wutaishanica* Litter. *PeerJ* 5:e3777; doi:10.7717/peerj.3777.
- Zul, D., L.B. Fibriarti, M. Yunita, S. Halimah dan S. Komariah. 2013. Dampak Alih Fungsi Lahan Terhadap Biomassa Mikroba: Studi Kasus di Areal Bukit Batu, Riau. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*.