

**HUBUNGAN KELIMPAHAN TOTAL BAKTERI DAN RESPIRASI TANAH
AKIBAT PERBEDAAN MANAJEMEN SISTEM AGROFORESTRI KOPI**

Oleh :
NAYLIL AULA SHOLIH



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

PERNYATAAN

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

Malang, 07 Agustus 2019



Penulis,

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Hubungan Kelimpahan Total Bakteri dan Respirasi Tanah
Akibat Perbedaan Manajemen Sistem Agroforestri Kopi

Nama Mahasiswa : Naylil Aula Sholih

NIM : 155040201111007

Jurusan : Ilmu Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi

Laboratorium : Biologi Tanah

Disetujui

Pembimbing Utama,

Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D.

NIP. 19730103 199802 1 002

Diketahui,

Ketua Jurusan

Syahrul Kurniawan, SP., MP., Ph.D

NIP. 19791018 200501 1 002

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP. 19540501 198103 1 006

Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D.
NIP. 19730103 199802 1 002

Penguji III

Penguji IV

Ir. Sri Rahayu Utami, M.Sc., Ph.D
NIP. 19611028 198701 2 001

Novalia Kusumarini, SP. MP
NIP. 19891108 201504 2 001

Tanggal Lulus :

RINGKASAN

NAYLIL AULA SHOLIH. 155040201111007. Hubungan Kelimpahan Total Bakteri dan Respirasi Tanah Akibat Perbedaan Manajemen Sistem Agroforestri Kopi. Dibawah bimbingan Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D sebagai pembimbing utama.

Hutan memiliki fungsi penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan iklim. Bahan organik merupakan penentu kemampuan tanah untuk mendukung tanaman dan penentu nilai respirasi tanah karena sebagai sumber energi untuk bakteri penghasil CO₂. Respirasi tanah merupakan indikator penting pada suatu ekosistem yang meliputi seluruh aktivitas yang berhubungan dengan proses metabolisme di dalam tanah. Pada hutan pendidikan UB forest pengetahuan tentang respirasi dan total bakteri tanah masih bersifat eksplorasi. Oleh karena itu, perlu adanya pengukuran terhadap respirasi CO₂ dengan manajemen budidaya tanaman kopi yang berbeda untuk mengetahui emisi yang dihasilkan dengan tidak mengurangi jasa lingkungan dan menurunkan produksi tanam.

Penelitian lapang dilaksanakan pada bulan Januari 2019 sampai dengan bulan Juni 2019 di UB forest dan analisa sampel tanah di Laboratorium Jurusan Tanah. Penelitian tersebut menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAKF) dengan 4 plot pengamatan dan 3 zonasi yang diulang sebanyak 3 ulangan. Plot pengamatan yaitu LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*) dan BAU (*Bussines As Usual*). Pengamatan yang dilakukan meliputi pengukuran biomassa, Luas Bidang Dasar (LBD), masukan seresah, suhu, intensitas cahaya C-organik, pH, tekstur tanah, BI, BJ, kualitas seresah, respirasi tanah serta total bakteri. Data dianalisis menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) dan apabila data hasil berbeda nyata, maka analisis dilanjutkan menggunakan uji DMRT taraf 5%. Tahap selanjutnya uji korelasi dan regresi untuk mengetahui hubungan parameter serta besar pengaruh dari parameter.

Dari ketiga pengamatan pengambilan sampel respirasi tanah menunjukkan nilai tertinggi pada plot pengamatan HC dan nilai respirasi terendah pada plot BAU. Nilai rata-rata pengamatan pertama plot BAU jarak a = 50 cm dari kopi 388,027 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹ sangat berbeda nyata dengan plot HC jarak a = 50 cm dari kopi 1015,799 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹, pada pengamatan kedua hasil nilai rata-rata respirasi tanah plot BAU jarak b = 50 cm dari pinus dengan nilai 108,584 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹ berbeda nyata dengan plot HC jarak b = 50 cm dari pinus dengan nilai 685,200 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹. Hasil nilai respirasi tanah pada pengamatan ketiga plot BAU jarak c = 100 cm dari kopi dan pinus dengan nilai 196,941 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹ berbeda nyata dengan plot HC jarak c = 100 cm dari kopi dan pinus dengan nilai 327,373 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹. Korelasi antara respirasi dan jumlah bakteri yaitu r tabel = -0,2614 (R² = 0.024) yang menunjukkan tidak adanya hubungan. Hasil analisis regresi berganda didapatkan $y = -2980,290 + 0,1666 X_1 + 74,079 X_2 + 246,914 X_3 - 0,075 X_4 - 38,133 X_5 - 460,910 X_6 + 0,00 X_7$ dengan nilai R² = 88,5% yang artinya nilai masukan seresah, suhu tanah, suhu udara, intensitas cahaya, biomassa pohon, bahan organik tanah, pH tanah dan total bakteri dapat meningkatkan nilai respirasi sebesar 88,5% dan 11,5% dipengaruhi oleh variabel yang lain.

SUMARRY

NAYLIL AULA SHOLIH. 15504020111007. Relationship between Total Bacterial Abundance and Soil Respiration Due to Differences in Management of Coffee Agroforestry Systems. Under the guidance of Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D as the main supervisor.

Forests have an important function for the conservation of balance and ecosystems. Organic matter is a determinant of the ability of the soil to support plants and a determinant of soil respiration value because it is an energy source for CO₂-producing bacteria. Soil respiration is an important indicator of the ecosystem associated with all activities related to the processing process in the soil. In UB's education forest the knowledge about respiration and total soil bacteria is still exploratory. Therefore, it is necessary to measure CO₂ respiration with different coffee crop management to obtain the emissions produced by reducing environmental production and reducing crop production.

Field research was conducted in January 2019 to June 2019 in UB forest and analysis of soil samples in the Laboratory of the Soil Department. The study used a factorial randomized block design (RBDF) with 4 observation plots and 3 zonations that were repeated in 3 replications. The observation plots are LC (Low Management and Canopy), MC (Medium Management and Canopy), HC (High Management and Canopy) and BAU (Bussines As Usual). Observations made included measurements of biomass, Baseline Area (LBD), litter input, temperature, C-organic light intensity, pH, soil texture, BI, BJ, litter quality, soil respiration and total bacteria. Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) and if the result data were significantly different, the analysis was continued using the DMRT test of 5% level. The next step is correlation and regression tests to find out the relationship between parameters and the effect size of the parameters.

Of the three observations of soil respiration sampling showed the highest value on the HC observation plot and the lowest respiration value on the BAU plot. The average value of the first observation of BAU plot distance a = 50 cm from coffee 388,027 kg C-CO₂ ha⁻¹ day⁻¹ is very significantly different from the HC plot distance a = 50 cm from coffee 1015,799 kg C-CO₂ ha⁻¹ day⁻¹, on the second observation the results of the average value of soil respiration plot BAU distance b = 50 cm from the pine with a value of 108.584 kg C-CO₂ ha⁻¹ day⁻¹ significantly different from the HC plot distance b = 50 cm from the pine with a value of 685,200 kg C-CO₂ ha⁻¹ day⁻¹. The results of soil respiration values in the three BAU plots observed c = 100 cm distance from coffee and pine with a value of 196,941 kg C-CO₂ ha⁻¹ day⁻¹ were significantly different from the HC plot distance c = 100 cm from coffee and pine with a value of 327,373 kg C -CO₂ ha⁻¹ day⁻¹. The correlation between respiration and bacterial count is $r_{table} = -0.2614$ ($R^2 = 0.024$) which shows no relationship. The results of multiple regression analysis obtained $y = -2980,290 + 0,1666 X_1 + 74,079 X_2 + 246,914 X_3 - 0,075 X_4 - 38,133 X_5 - 460,910 X_6 + 0,00 X_7$ with a value of $R^2 = 88.5\%$, which means the litter input value, soil temperature, air temperature, light intensity, tree biomass, soil organic matter, soil pH and total bacteria can increase respiration value by 88.5% and 11.5% are influenced by other variebables.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian dengan judul “Hubungan Kelimpahan Total Bakteri dan Respirasi Tanah Akibat Perbedaan Manajemen Sistem Agroforestri Kopi”. Skripsi ini bertujuan untuk memahami pengaruh kelimpahan bakteri terhadap respirasi tanah pada manajemen agroforestri kopi yang berbeda. Dalam penulisan skripsi ini, tentunya banyak pihak yang telah memberikan dukungan. Pada kesempatan kali ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua saya yang selalu memberikan do'a, kepercayaan dan senantiasa memberikan motivasi dan semangat.
2. Bapak Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D selaku Dosen Pembimbing dari penulis yang telah memberikan kesempatan untuk bergabung dalam penelitian kerjasama dan selalu memberikan bimbingan serta arahan dalam melaksanakan penelitian.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU selaku Ketua Jurusan Tanah yang telah memberikan izin dan bimbingan untuk melaksanakan penelitian ini.
4. Bapak Arif, Bapak Gito sekeluarga dan seluruh partner dalam pengerjaan penelitian kerjasama UB forest.
5. Dewa Made Reona Artha yang sudah menjadi partner terhebat dan selalu memberikan motivasi.
6. Sahabat Sri Wahyu Pangesti teman sekamar yang selalu menemani dan Nurullita Fajrina partner yang setia serta Ghesa dan Donna orang yang turut serta membantu memberikan semangat.

Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan memberikan pemikiran dalam kemajuan ilmu teknologi dan pengetahuan.

Malang, 07 Agustus 2019

Penulis,

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Nganjuk pada tanggal 28 Agustus 1996 sebagai putri pertama dari Ayah yang bernama Soleh dan Ibu Afturil Layliyah. Penulis telah menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Patihan pada tahun 2003-2009, kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Tingkat Pertama di MtsN Nganjuk pada tahun 2009-2012, dan telah menempuh pendidikan di Sekolah Menengah Tingkat Atas di SMAN 1 Nganjuk pada tahun 2012-2015. Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif sebagai Asisten Praktikum mata kuliah Survei Tanah dan Evaluasi Lahan (STELA) Agribisnis 2017-2018 (Semester Ganjil), Asisten Praktikum mata kuliah Survei Tanah dan Evaluasi Lahan (STELA) Agroekoteknologi 2017-2018 (Semester Ganjil) dan Asisten Praktikum mata kuliah Agroforestri 2018-2019 (Semester Genap) serta aktif dalam mengikuti kegiatan kepanitiaan seperti Olimpiade Dekan Fakultas Pertanian tahun 2016 dan 2017, kepanitiaan Pasca Gatraksi LKM HMIT Fakultas Pertanian 2017 serta kepanitiaan Gatraksi LKM HMIT Fakultas Pertanian 2018. Pada tahun 2018, penulis melaksanakan kegiatan magang kerja di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan) Pati, Jawa Tengah.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	vi
SUMARRY	vii
KATA PENGANTAR	viii
RIWAYAT HIDUP	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Alur Pikir	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Respirasi Tanah	5
2.2 Mikroorganisme Tanah dan Bahan Organik	6
2.3 Pengaruh Mikroorganisme Tanah Terhadap Respirasi Tanah	8
2.4 Pengaruh Manajemen Agroforestri Terhadap Respirasi Tanah	10
2.5 Hubungan Respirasi Tanah dengan Kelimpahan Bakteri.....	11
III.METODE PENELITIAN	14
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Rancangan Penelitian	16
3.4 Pelaksanaan Penelitian	18
3.5 Analisis Data	23
IV.HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil.....	24
4.1.1 Karakteristik Plot Pengamatan.....	24
4.1.2 Tekstur Tanah, Berat Isi Tanah dan Berat Jenis Tanah	27
4.1.3 Masukan Seresah, C-Organik Tanah, Bahan Organik Tanah, pH Tanah dan Kualitas Seresah	28
4.1.2 Iklim Mikro.....	31
4.1.5 Respirasi Tanah.....	35
4.1.6 Kelimpahan Total Bakteri.....	39
4.2 Pembahasan Umum.....	40



IV. KESIMPULAN DAN SARAN	46
4.1 Kesimpulan.....	46
4.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	50



DAFTAR GAMBAR

No.	Keterangan	Halaman
1.	Alur Pikir Penelitian.....	4
2.	Peta administrasi Kabupaten Malang, Jawa Timur.....	14
3.	Pengambilan Sampel Tanah pada Lahan	15
4.	Pengambilan Sampel Respirasi Tanah dalam Plot Pengamatan	17
5.	Intensitas Cahaya pada Berbagai Plot Pengamatan	26
6.	Rata-Rata Suhu Udara Pagi Hari Selama Pengambilan Sampel.....	32
7.	Rata-Rata Suhu Udara Siang Hari Selama Pengambilan Sampel.....	33
8.	Rata-Rata Suhu Tanah Pagi Hari Selama Pengambilan Sampel.....	34
9.	Rata-Rata Suhu Tanah Siang Hari Selama Pengambilan Sampel.....	34
10.	Rata-Rata Nilai Respirasi Tanah Pada Bulan April	37
11.	Rata-Rata Nilai Respirasi Tanah Pada Bulan Mei	38
12.	Rata-Rata Nilai Respirasi Tanah Pada Juni	38



DAFTAR TABEL

No.	Keterangan	Halaman
1.	Hasil Korelasi Antara Respirasi Tanah dengan C-Organik, N-total, pH Tanah, Suhu Tanah dan Kadar Air Tanah di Hutan TNBBS	9
2.	Nilai Respirasi dan Indeks Kualitas Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan 11	
3.	Signifikansi Pengaruh Tipe Penggunaan Lahan terhadap Parameter Pengamatan .	12
4.	Kombinasi Plot Penelitian.....	17
5.	Parameter Pengamatan	17
6.	Rumus Perhitungan Estimasi Biomassa Pohon	19
7.	Interpretasi Nilai Korelasi	23
8.	Luas Bidang Dasar (LBD) dan Biomassa pada Berbagai Manajemen Lahan Agroforestri Kopi.	24
9.	Tutupan Kanopi Diatas dan Dibawah Kopi	25
10.	Intensitas Cahaya pada Berbagai Plot Pengamatan	27
11.	Pengamatan Tekstur, Berat Isi dan Berat Jenis Tanah pada Berbagai Plot Pengamatan	27
12.	Berat Kering Seresah <i>In Situ</i> Berdasarkan Perbedaan Manajemen Lahan	28
13.	Berat Kering Seresah <i>Litter Trap</i> , C Organik Tanah, Bahan Organik dan pH tanah	29
14.	Hasil Analisis Kadar Polifenol dan Lignin	31
15.	Rata-Rata Suhu Udara Pagi dan Siang.....	33
16.	Rata-Rata Suhu Tanah Pagi dan Siang	35
17.	Hasil Analisis Respirasi	36
18.	Hasil Analisis Kelimpahan Total Bakteri	39
19.	Hubungan Antara Variabel Pengamatan dengan Repirasi Tanah	41

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Keterangan	Halaman
1.	Data Karakterisasi Lahan	50
2.	Analisa Dasar	54
3.	Tabel ANOVA Variabel Pengamatan.....	56
4.	Matriks Korelasi dan Regresi Berganda Antara Variabel Penelitian.....	63
5.	Metode Penetapan Kadar Lignin dan Polifenol	63
6.	Dokumentasi Kegiatan Lapang dan Kegiatan Laboratorium.....	66



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hutan merupakan kesatuan ekosistem yang berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan. Hutan dengan kerapatan vegetasi yang tinggi dapat menghasilkan seresah maupun bahan organik yang lebih banyak dibandingkan dengan lahan pertanian. Menurut Amelia (2006), hutan dapat menghasilkan seresah sebanyak 32,05 ton ha⁻¹ tahun⁻¹. Namun, dengan adanya kebutuhan manusia yang terus meningkat mengakibatkan terjadinya alih fungsi lahan hutan yang berdampak pada perubahan penggunaan lahan dan cadangan karbon (C) tanah. Menurut Mande (2009), alih fungsi lahan hutan dapat mengakibatkan berkurangnya jasa lingkungan yang dapat menurunkan kandungan bahan organik dan hara yang dihasilkan, serta terjadi ketidakseimbangan fungsi hidrologi tanah yang mengakibatkan emisi karbon dioksida (CO₂) dari tanah. Alih fungsi lahan hutan menjadi lahan pertanian diakui banyak menimbulkan permasalahan tanah terdegradasi. Agroforestri merupakan salah satu alternatif yang ditawarkan untuk mengurangi permasalahan yang timbul akibat alih guna lahan. Agroforestri merupakan suatu sistem pengelolaan lahan pertanian dengan berbasis hutan dengan vegetasi campuran antara tanaman tahunan atau tanaman berkayu dengan tanaman musiman. Model agroforestri yang sudah berkembang di Indonesia yaitu sistem agroforestri berbasis kopi. Adaptasi perubahan iklim pada agroforestri berbasis kopi diwujudkan dalam bentuk konservasi lahan, air dan biodiversitas serta pengendalian iklim mikro, sedangkan mitigasi dalam bentuk penambahan cadangan karbon sehingga emisi CO₂ dapat dikurangi (Hairiah dan Ashari, 2013).

Bahan organik memiliki peran penting dalam menentukan kemampuan tanah untuk mendukung tanaman dan penentu besar kecilnya respirasi tanah karena menjadi sumber energi untuk bakteri penghasil CO₂. Bakteri selulolitik merupakan jenis bakteri yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi substrat yang mengandung selulosa. Bakteri selulolitik mampu mengubah selulosa menjadi gula yang lebih sederhana untuk digunakan sebagai sumber karbon dan energi bagi metabolisme dan pertumbuhannya. Bakteri selulolitik merupakan salah satu mikroba pendegradasi selulosa potensial karena memiliki tingkat pertumbuhan

yang lebih cepat dibanding kelompok mikroba lainnya, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk produksi enzim selulase lebih singkat (Baharuddin dkk., 2009). Mikroorganisme tanah di bawah tegakan pinus terjadi peningkatan total mikroorganisme secara nyata jumlah populasinya baik pada lapisan atas (0-20 cm) maupun lapisan bawah (20-40 cm), kenaikan jumlah populasi total mikroorganisme adalah 28,63% dan 69,41% (Mindawati, dkk., 2010).

Respirasi tanah merupakan indikator penting pada suatu ekosistem yang meliputi seluruh aktivitas yang berhubungan dengan proses metabolisme di dalam tanah, dekomposisi sisa-sisa tanaman dan konversi bahan organik tanah menjadi CO₂. Respirasi tanah merupakan proses hilangnya CO₂ dari tanah ke atmosfer, terutama yang dihasilkan oleh mikroorganisme tanah dan akar tanaman. Respirasi tanah dihasilkan akibat proses degradasi berbagai bahan organik (Da'dun, 2001). Aktivitas tanah secara biologis terdiri dari beberapa aktivitas individu dan CO₂ merupakan tahap akhir mineralisasi karbon. Respirasi tanah yang meliputi akar dan respirasi mikroba diperkirakan kontribusinya 60-90% dari total respirasi ekosistem yang ada di lahan pertanian beriklim sedang (Goulden dkk., 1996). Kandungan C tanah pada lahan mempengaruhi besarnya nilai respirasi pada lahan PKKU7 (pinus umur 35 tahun + kopi berumur 5-8 tahun) nilai respirasi 6,57 kg C-CO₂ per ha⁻¹ hari⁻¹ dibandingkan dengan lahan PS (pinus umur 40 tahun + sayuran kubis dan talas) yang memiliki nilai respirasi 3,2 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹ (Qur'ani, 2018). Hasil keluaran CO₂ juga dijelaskan dalam penelitian Nasution (2015), hasil korelasi antara respirasi tanah dengan C-organik berbeda nyata dengan nilai 0,44 pada taraf 5%. Hal ini menunjukkan adanya hubungan yang saling mempengaruhi antara nilai C-organik dan hasil keluaran CO₂ dari dalam tanah.

Hutan pendidikan Universitas Brawijaya atau dikenal dengan UB forest merupakan hutan yang beralih fungsi menjadi lahan pertanian dan hutan produksi. Perubahan penggunaan lahan ini mengakibatkan perubahan manajemen lahan sehingga mempengaruhi kualitas dan ketersediaan bahan organik tanah. Bakteri pada Agroforestri sebagai agen utama dalam proses dekomposisi dan proses respirasi tanah, keberadaannya pada UB forest belum begitu banyak diteliti. Pemahaman yang baik tentang keberadaan bakteri pengurai yang dapat

menghasilkan respirasi merupakan suatu hal yang bersifat eksplorasi untuk mengetahui kelimpahan bakteri selulolitik dan besarnya respirasi tanah, sehingga dapat dijadikan informasi yang penting dalam pengelolaan manajemen budidaya pada UB forest. Oleh karena itu, perlu adanya pengukuran terhadap respirasi CO₂ pada lahan hutan dengan manajemen budidaya tanaman kopi yang berbeda untuk dapat mengetahui emisi yang dihasilkan dengan tidak mengurangi jasa lingkungan dan menurunkan produksi tanam.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh perbedaan manajemen budidaya tanaman kopi terhadap nilai respirasi?
2. Bagaimana pengaruh kelimpahan isolat bakteri terhadap respirasi tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh perbedaan manajemen agroforestri kopi terhadap nilai respirasi.
2. Mengukur dan menganalisis hubungan antara nilai respirasi terhadap kelimpahan isolat bakteri pada lahan dengan manajemen agroforestri kopi yang berbeda.

1.4 Hipotesis

Dari penelitian ini hipotesis yang kemungkinan terjadi adalah :

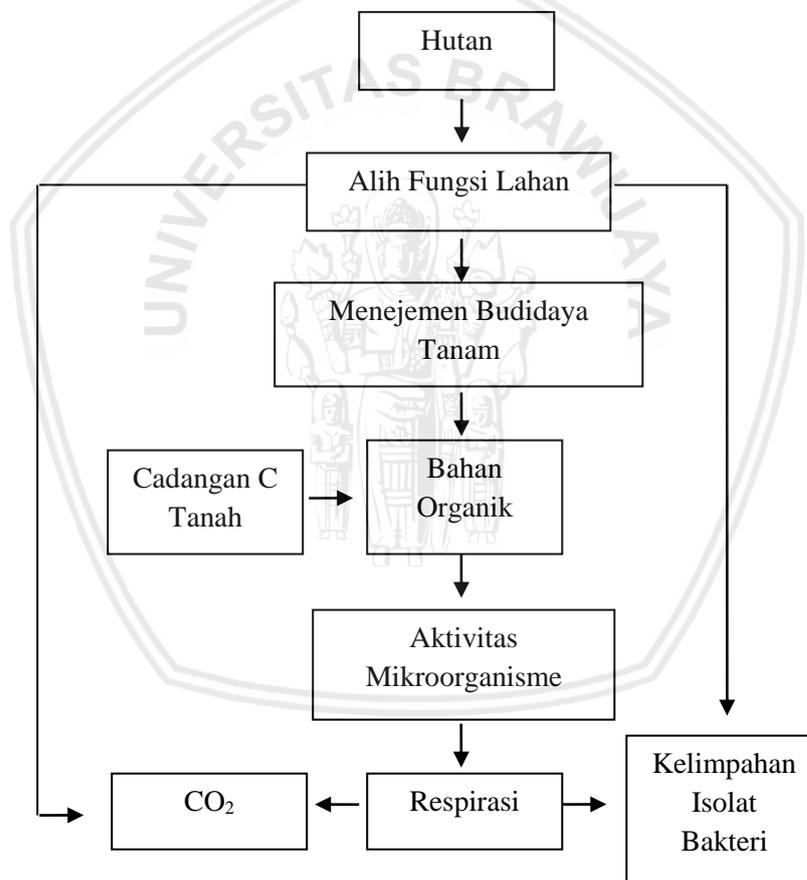
1. Besarnya nilai respirasi dipengaruhi oleh manajemen budidaya agroforestri kopi yang berbeda.
2. Nilai respirasi berbanding lurus dengan kelimpahan isolat bakteri dalam tanah.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa informasi mengenai manajemen budidaya tanaman kopi dalam sistem agroforestri terhadap nilai respirasi dan kelimpahan isolat bakteri pada tanah dalam mengevaluasi biodegradasi dan bahan organik dalam ekosistem.

1.6 Alur Pikir

Hutan berperan penting dalam menjaga kestabilan ekosistem. Perubahan penggunaan lahan dari sistem hutan menjadi sistem agroforestri serta manajemen budidaya tanam yang berbeda berdampak pada hasil bahan organik yang merupakan cadangan untuk menyimpan C tanah dan aktivitas mikroorganisme tanah dalam memproduksi dan mereduksi CO₂. Bahan organik merupakan bahan makanan untuk mikroorganisme tanah sehingga mikroorganisme dalam tanah dapat melakukan respirasi serta dapat mempengaruhi kelimpahan isolat bakteri tanah. Respirasi tanah merupakan aktivitas mikroorganisme dalam menghasilkan CO₂.



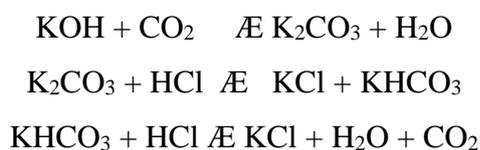
Gambar 1. Alur Pikir Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Respirasi Tanah

Respirasi tanah merupakan salah satu hal yang penting yang berkaitan dengan perubahan iklim dan pemanasan global pada saat ini. Respirasi tanah ini berkaitan langsung dengan suhu tanah yang digunakan sebagai salah satu karakteristik tanah atau bahan organik dan bertanggung jawab dalam pemanasan global. Respirasi tanah merupakan penggunaan O₂ atau pelepasan CO₂ oleh berbagai mikroorganisme seperti bakteri, fungi, alga, dan protozoa yang melibatkan pertukaran gas dalam proses metabolisme aerob (Anderson, 1982). Sedangkan menurut Maysaroh (2011), respirasi tanah didefinisikan sebagai evaluasi bahan biodegradasi C dan bahan organik tanah dalam suatu ekosistem alami maupun budidaya. Respirasi tanah adalah suatu proses hilangnya CO₂ dari tanah menuju ke atmosfer, terutama hasil respirasi yang telah dihasilkan oleh mikroorganisme tanah dan aktivitas akar tanaman. Respirasi tanah dihasilkan akibat proses degradasi berbagai bahan organik (Da'dun, 2001). Aktivitas respirasi tanah secara biologis terdiri dari beberapa aktivitas individu dan CO₂ yang merupakan tahap akhir dari mineralisasi karbon. Pengukuran respirasi itu sendiri dapat dilakukan pada tanah yang tidak terganggu (*undisturbed soil sample*) di lapangan maupun dari contoh tanah yang diambil (*disturbed soil sample*).

Tingkat respirasi tanah dapat ditetapkan dari tingkat evolusi CO₂, yang didapatkan dari hasil dekomposisi bahan organik. Dengan demikian, tingkat respirasi adalah sebagai indikator tingkat dekomposisi bahan organik yang terjadi pada selang waktu tertentu. Menurut Departemen Pertanian (2007), penetapan CO₂ yang berlangsung dengan KOH sebagai penangkap CO₂, adalah sebagai berikut:



Respirasi tanah menunjukkan respon dari akar tanaman dan organisme tanah pada kondisi lingkungan dan ketersediaan C dalam tanah. Pengamatan mengenai respirasi tanah dapat dilakukan dengan menggunakan empat macam cara yaitu, metode *open-flow infrared gas analyzer*, metode ruang tertutup,

metode ruang tertutup dinamis dan metode penyerapan basa. Setiap metode mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pengamatan respirasi tanah paling sederhana dapat dilakukan dengan menggunakan metode ruang tertutup, di mana KOH digunakan sebagai bahan perangkap CO₂ yang dihasilkan dari respirasi tanah. Respirasi itu sendiri dipengaruhi oleh suhu, umumnya laju respirasi bernilai rendah pada suhu yang rendah dan nilai respirasi meningkat apabila terjadi peningkatan suhu. Faktor penting lainnya yang mempengaruhi adalah kelembaban tanah dan aktivitas mikroorganisme tanah. Keluaran CO₂ dari tanah adalah akibat dari aktivitas mikroorganisme tanah yang didukung oleh kondisi lingkungan. Semakin baik kondisi lingkungan untuk mikroorganisme berkembang maka aktivitas yang dilakukan lebih besar, sehingga respirasi yang dihasilkan akan semakin tinggi.

2.2 Mikroorganisme Tanah dan Bahan Organik

Tanah menjadi tempat berbagai macam mikroorganisme. Mikroorganisme tanah memiliki variasi dan jumlah yang berbeda, ada yang terdiri dari beberapa individu dan juga jumlahnya mencapai jutaan per gram tanahnya. Mikroorganisme tanah juga berperan atas pelapukan bahan organik dan sebagai pendaur unsur hara, dengan demikian mikroorganisme tanah sangat berpengaruh terhadap sifat fisik, biologi maupun kimia tanah. Jumlah total mikroorganisme yang terdapat dalam tanah dapat digunakan sebagai indikator kesuburan tanah (*fertility indeks*). Tanah yang subur mengandung jumlah mikroorganisme yang tinggi, populasi mikroorganisme ini menggambarkan adanya tambahan makanan atau energi yang cukup ditambah dengan temperatur yang sesuai, ketersediaan air dan keadaan ekologi yang mendukung perkembangbiakan. Energi mikroorganime diperoleh dari bahan organik suatu lahan. Setiap tanah mempunyai populasi organisme yang berbeda. Berbagai populasi dan habitat dalam tanah bersama sama membentuk ekosistem. Dalam suatu ekosistem tanah, berbagai mikroba hidup, bertahan hidup, dan berkompetisi dalam memperoleh ruang, oksigen, air, hara, dan kebutuhan hidup lainnya, baik secara simbiotik maupun nonsimbiotik sehingga menimbulkan berbagai bentuk interaksi antar mikroba (Yulipriyanto, 2010).

Organisme tanah tinggal di lapisan serasah organik atau lapisan permukaan tanah, dan horizon tanah yang lebih dalam. Distribusi vertikal dan pada horizon tanah biasanya dibatasi oleh temperatur, kandungan air dan tekstur tanah. Dalam hal ini kandungan bahan organik mengendalikan proses biotik tanah. Distribusi organisme tanah mempunyai hubungan erat dengan pori tanah, pertikel tanah, dan akar tanaman (Agus & Subiksa, 2008). Menurut Campbel *et al.* (2003), populasi mikrobiologis tanah terbagi dalam tiga golongan besar, yaitu: 1) *Autochthonous*: golongan ini dapat dikatakan sebagai mikroba setempat atau pribumi pada tanah tertentu, selalu hidup dan berkembang di tanah tersebut dan atau selalu diperkirakan ditemukan di dalam tanah tersebut. 2) Mikroba *Zimogenik*: golongan mikroba yang berkembang di bawah pengaruh perlakuan perlakuan khusus pada tanah, seperti penambahan bahan organik dan pemupukan. 3) Mikroba *Transient* (penetap sementara): terdiri dari organisme-organisme yang ditambahkan ke dalam tanah secara disengaja seperti dengan inokulasi leguminosa atau yang tidak secara disengaja seperti dalam kasus unsur-unsur penghasil penyakit tanaman dan hewan. Organisme ini kemungkinan akan segera mati atau bertahan untuk sementara waktu setelah berada di dalam tanah.

Mikroba yang berperan untuk perombak bahan organik adalah kelompok mikroba bertugas mempercepat proses perombakan (dekomposisi) bahan organik yang umumnya terdiri atas senyawa selulosa dan lignin yang dikenal dengan nama *lignoselulosa*. Bahan organik tanah dapat berasal dari sisa-sisa tanaman dan hewan yang mengalami proses perombakan. Selama proses perombakan ini berbagai jasad hayati tanah baik yang menggunakan tanah sebagai tempat ataupun yang hidup dan beraktifitas di dalam tanah, memainkan peran penting dalam perombakan bahan organik dari bentuk segar (termasuk juga sel-sel jasad mikro yang mati) hingga terurai menjadi senyawa lebih sederhana yang tersedia bagi tanaman (Yulipriyanto, 2010). Dalam proses perombakan bahan organik, mikroba yang bertugas sebagai perombak dapat berasal dari kelompok bakteri, cendawan dan aktinomisetes yang akan bekerja secara sinergis dalam menghasilkan produk akhir berupa humus yang stabil atau senyawa yang sederhana (N, P, K, Ca, Mg, dan lain-lain). Mikroba dari kelompok cendawan mempunyai kemampuan yang lebih besar dalam merombak bahan organik dibandingkan dengan kelompok

bakteri dan aktinomisetes. Kelompok bakteri atau cendawan yang berperan dalam merombak selulosa lebih dikenal dengan nama mikroba selulolitik dan ligninolitik.

Menurut Departemen Pertanian (2007), bakteri penghasil *lignoselulase* yang dapat merombak limbah *lignoselulosa* diantaranya, *Mycobacteriales*, *Actinomycetales*, dan *Eubacteriales* dan *Clostridium*. Berbagai jenis cendawan yang telah diteliti menghasilkan enzim selulase antara lain : *A. terreus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *Eupenicillium javanicum*, *Fusarium solani*, *Myrothecium verrucaria*, *Neurospora sitophilla*, *P. funiculosum*, *Chaetomium spp.*, *P. iriensis*, *P. vereculosum*, *Phanerachaeete chrysosporium*, *Polyporus adustus*, *Pellicularia filamentosa*, *Trichoderma reesei*, *T. harzianum*, *T. purpurogenum*, *T. koningi* (Enari,1983; dalam Departemen Pertanian, 2007). Cendawan-cendawan tersebut diisolasi dari tanah, sampah dan kayu lapuk menghasilkan enzim ekstraseluler selulolitik yang terdiri atas enzim *endoglukanase*, *exoglukanase* dan *B-glukosidase*. Dalam proses perombakan bahan organik, enzim selulolitik bekerja secara sinergis dengan tiga kelompok enzim tersebut. Cendawan putih pembusuk (*Phanerachaeete chrysosporium*, *Coriolus versicolor* dan *Phlebia radiata*) yang diisolasi dari jerami padi menghasilkan ekstra seluler ligninolitik. Enzim ini mengandung lignin peroksidase (Lip), peroksidase Mn bebas (MnP) dan beberapa tipe lakase. Enzim ligninolitik ini dapat memutuskan ikatan lignin.

2.3 Pengaruh Mikroorganisme Tanah Terhadap Respirasi Tanah

Respirasi umumnya dikaitkan dengan kondisi kesehatan tanah. Laju respirasi tanah dapat diukur dalam sistem dinamis maupun statis. Teknik pengukuran yang canggih umumnya menggunakan IRGA (*Infra Red Gas Analyser*), tetapi teknik ini masih relatif mahal. Untuk aplikasi yang lebih sederhana di lapangan, Tongway *et al.*, (2003) menggunakan pengukuran larutan 0,5 N KOH yang dapat menjerap CO₂ dalam *inverted box* sebagai teknik pendekatan yang mudah diaplikasikan dan relatif lebih murah. Cara pengukuran respirasi tanah merupakan yang pertama kali digunakan untuk menentukan tingkat aktivitas mikroorganisme tanah. Penetapan respirasi tanah adalah berdasarkan penetapan jumlah CO₂ yang dihasilkan oleh mikroorganisme tanah dan jumlah O₂ yang digunakan oleh mikroorganisme tanah (Departemen Pertanian, 2007).

Respirasi tanah dilakukan oleh mikroorganisme tanah yang berperan untuk merombak bahan organik berupa bakteri maupun cendawan. Interaksi antara mikroorganisme dengan lingkungan fisik disekitarnya dapat mempengaruhi kemampuan mikroorganisme dalam respirasi, tumbuh dan membelah. Salah satu faktor lingkungan fisik tersebut adalah kelembapan tanah yang berkaitan erat dengan respirasi tanah (Cook dan Orchard, 2008). Aktivitas dari metabolik mempunyai ciri khas dari populasi mikroba tanah yang berkorelasi positif dengan material organik tanah. Dengan meningkatnya laju respirasi maka meningkat pula laju dekomposisi bahan organik yang terakumulasi di tanah, kemudian proses metabolisme tersebut akan menghasilkan produk sisa berupa CO₂ dan H₂O dan pelepasan energi (Jauhiainen, 2012). Menurut Kusyakov (2006), hasil dari proses dekomposisi sebagian digunakan organisme untuk membangun tubuh terutama digunakan sebagai sumber energi atau sumber karbon utama, dimana proses dekomposisi dapat berlangsung dengan aktivitas mikroorganisme, sehingga mikroorganisme merupakan tenaga penggerak dalam respirasi tanah. Setelah fotosintesis, respirasi tanah merupakan aliran karbon terbesar kedua di sebagian besar ekosistem. Tabel 1 menunjukkan hasil respirasi pada hutan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) oleh mikroorganisme pada beberapa lokasi dengan ketinggian yang berbeda.

Tabel 1. Hasil Korelasi Antara Respirasi Tanah dengan C-Organik, N-total, pH Tanah, Suhu Tanah dan Kadar Air Tanah di Hutan TNBBS

Korelasi Tanah/Respirasi	Koefisien Korelasi
C-Organik Tanah	0,44*
N-Total	0,366 ^{tn}
C/N rasio tanah	0,157 ^{tn}
pH tanah	0,291 ^{tn}
Suhu tanah	-0,101 ^{tn}
Kadar air tanah	-0,103 ^{tn}

Keterangan: tn = tidak berkorelasi nyata pada taraf 5%, * = berkorelasi nyata pada taraf 5%. (Nasution, 2015)

Dengan lokasi yang berbeda maka jenis vegetasi yang ditanam juga berbeda, dimana mikroorganisme harus mampu bersaing dalam hal memperoleh makanan yaitu bahan organik sebagai sumber makananya. Dalam penelitian

tersebut C-organik berkorelasi nyata terhadap respirasi tanah. Mikroorganisme tanah dapat ditingkatkan aktivitasnya oleh pembenaman dan penutupan permukaan tanah oleh seresah oleh sisa tanaman. Bahan organik tersebut dapat berfungsi sebagai sumber energi untuk mikroorganisme tanah, sehingga dapat memacu perubahan biologi tanah. Demikian dengan berlimpahnya jumlah mikroorganisme tanah maka dapat mempengaruhi besarnya respirasi tanah.

2.4 Pengaruh Manajemen Agroforestri Terhadap Respirasi Tanah

Keberhasilan usaha pertanian dengan menggunakan sistem agroforestri sangatlah tergantung pada tingkat pemahaman ekosistem interaksi antara pohon, tanah dan tanaman semusim. Pemahaman tersebut dapat berdasarkan pengamatan, pengalaman, maupun penelitian secara langsung di lapangan. Pada dasarnya pengelolaan sistem wanatani terletak pada usaha menekan pengaruh yang mempunyai dampak yang merugikan dan mengoptimalkan pengaruh yang menguntungkan dengan mengatur berbagai penampilan fisik ekosistem dan morfologi pohon, sehingga dapat berpengaruh terhadap kondisi tanah pada suatu lahan. Sistem wanatani mempunyai kombinasi pola tanam yang akan menimbulkan berbagai bentuk interaksi antar tanaman, baik berupa interaksi positif maupun negatif. Menurut Hairiah dan Ashari (2013), bentuk interaksi positif dari sistem wanatani tersebut salah satunya adalah adanya seresah dalam tanah yang dihasilkan oleh beberapa tanaman yang berasal dari daun tanaman yang gugur. Seresah tersebut berguna sebagai penutup tanah dimana akan mempengaruhi pada peningkatan penyediaan N dari hasil mineralisasi seresah tanaman.

Agroforestri adalah suatu sistem pengelolaan lahan pertanian dengan berbasis hutan dengan vegetasi campuran antara tanaman tahunan atau tanaman berkayu dengan tanaman musiman. Adaptasi perubahan iklim pada agroforestri berbasis kopi diwujudkan dalam bentuk konservasi lahan, air dan biodiversitas serta pengendalian iklim mikro, sedangkan mitigasi dalam bentuk penambahan cadangan karbon sehingga emisi CO₂ dapat dikurangi (Hairiah dan Ashari, 2013). Sistem penggunaan lahan dengan pola pohon monokultur maupun pohon campuran atau agroforestri akan menimbulkan berbagai interaksi antar tanaman yang berbeda. Dimana dalam jangka pendek ditekankan terhadap produksi

tanaman semusim atau tanaman dibawah pohon penayang. Interaksi positif berasal dari guguran seresah berbagai tanaman ke tanah yang berguna sebagai penutup permukaan tanah, sehingga dapat meningkatkan laju infiltrasi tanah serta dapat meningkatkan penyediaan unsur hara lain yang berguna untuk tanaman semusim. Pada Tabel 2 menunjukkan hasil nilai respirasi dan indeks kualitas tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan.

Tabel 2. Nilai Respirasi dan Indeks Kualitas Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan

Sistem Penggunaan Lahan	SPL	$\frac{qCO_2}{lbs CO_2-C/ac/hr}$	IKT
Pekarangan	1	66,25	34,4
	2	65,45	30
Hutan rakyat	3	65,65	35,6
	5	63,86	28,9
	8	59,87	33,3
Tegalan dominasi tanaman ketela pohon	4	67,05	35,6
	7	64,65	31,1
Tegalan dengan campuran berbagai jenis pohon	6	65,45	25,6
	9	57,47	33,3

Keterangan : qCO_2 = respirasi tanah, IKT = Indeks Kualitas Tanah, Harkat IKT = 10-19 = sangat rendah., 20-29 = rendah., 30-39 = sedang., 40-49 = tinggi., 50 = sangat tinggi. (Pamujiningtyas, 2009)

Dari hasil penelitian Pamujiningtyas (2015), sistem dengan penggunaan lahan hutan rakyat pada SPL 3 dan tegalan dominasi tanaman ketela pohon pada SPL 4 memiliki nilai kualitas yang tinggi dibandingkan dengan sistem penggunaan lahan yang lainnya. Sedangkan untuk nilai respirasi tertinggi yaitu pada sistem penggunaan lahan pekarangan. Secara umum nilai kualitas tanah tertinggi terdapat pada sistem pengolahan lahan tegalan, karena penambahan unsur hara melalui pemupukan dan pengolahan lahan. Tingkat penyediaan unsur hara dari hasil mineralisasi seresah sangat dipengaruhi oleh kualitas seresah itu sendiri. Kualitas seresah tergolong tinggi apabila mempunyai konsentrasi N tinggi, konsentrasi lignin dan polifenol rendah (Hairiah *et al.*, 2008).

2.5 Hubungan Respirasi Tanah dengan Kelimpahan Bakteri

Vegetasi mempunyai peranan penting dalam mempengaruhi sifat biologi di dalam tanah. Vegetasi yang tumbuh pada tanah memiliki peran untuk menahan tanah dari terjadinya erosi sehingga mengurangi partikel tanah yang hilang, serta

untuk masukan bahan organik yang akan berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Tipe penggunaan lahan juga sangat memengaruhi komposisi dan kelimpahan mikroorganisme. Menurut (Barchia *et al.*,2007), perubahan sifat akibat perubahan tipe vegetasi penutup tanah secara langsung berpengaruh terhadap distribusi bahan organik tanah. Pengelolaan tanah yang intensif pada suatu lahan akan menyebabkan makin rendahnya kandungan bahan organik tanah. Konversi hutan menjadi lahan pertanian dapat menyebabkan penurunan kadar bahan organik tanah karena berkurangnya masukan seresah pada tanah. Penebangan pohon akan menurunkan tingkat kesuburan tanah dan kualitas lahan. Pembukaan hutan menyebabkan 70% berkurangnya guguran daun yang terakumulasi pada permukaan dapat mengakibatkan kelembaban tanah dan C-organik tanah berkurang, sehingga populasi mikroorganisme menurun.

Menurut penelitian Atmaja (2017), sifat biologi tanah didekati dengan mengukur variabel seperti respirasi tanah, populasi total bakteri, populasi total jamur dan C-organik. Tabel 3 menunjukkan hasil analisis sidik ragam, signifikansi pengaruh tipe penggunaan lahan terhadap parameter.

Tabel 3. Signifikansi Pengaruh Tipe Penggunaan Lahan terhadap Parameter Pengamatan

No.	Parameter Pengamatan	Signifikansi
1	Respirasi tanah	**
2	Populasi total bakteri	**
3	Populasi jamur	**
4	c-organik tanah	**

Keterangan : tn = berpengaruh tidak nyata ($P>0,05$), *= berpengaruh nyata ($P<0,05$), **= berpengaruh sangat nyata ($P,0,01$)

Tipe penggunaan lahan kebun kopi (Tk) memiliki respirasi tanah yaitu 11,28 mg C-CO₂ kg⁻¹ tanah hari⁻¹ yang berbeda tidak nyata dengan tipe penggunaan lahan kebun campuran (Tc) yaitu 11,34 mg C- CO₂ kg⁻¹ tanah hari⁻¹. Tipe penggunaan lahan kebun kopi (Tk) memiliki populasi total bakteri yaitu 6,62 x 10⁸ spk g⁻¹ tanah yang berbeda tidak nyata dengan tipe penggunaan lahan kebun campuran (Tc) yaitu 6,70 x 10⁸ spk g⁻¹ tanah. Tipe penggunaan lahan hutan alami (Th) mempunyai nilai respirasi dan jumlah populasi total bakteri yang berbeda nyata dengan tipe penggunaan lahan yang lain. Hal ini dikarenakan pada

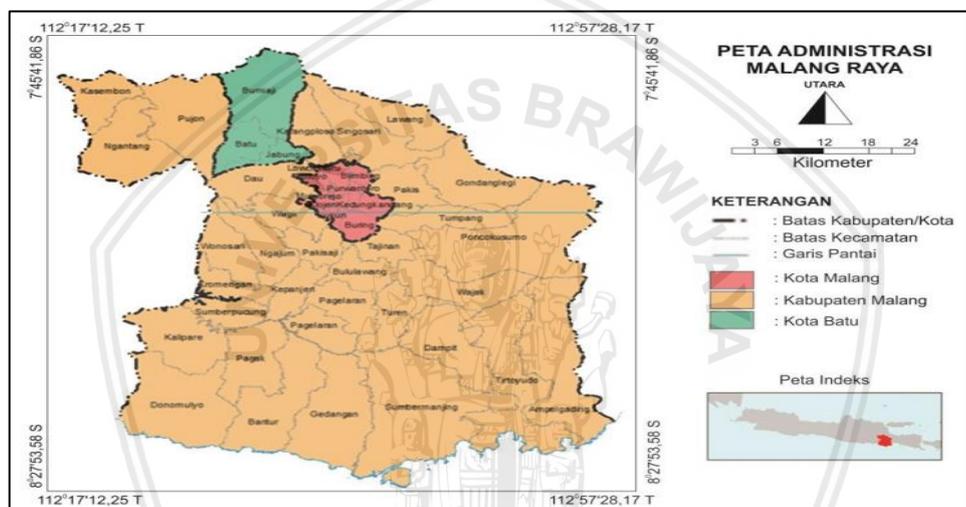
lahan hutan alami mempunyai kandungan bahan organik yang paling tinggi yaitu 3,52 % diantara tipe penggunaan lahan yang lain. Tingginya masukan bahan organik pada lahan hutan alami disebabkan karena pada lahan hutan alami tidak terjadi pengelolaan lahan. Bahan organik di dalam tanah merupakan sumber karbon utama yang menghasilkan CO₂ dan senyawa-senyawa organik yang dimanfaatkan oleh mikroorganisme tanah sebagai nutrisi untuk pertumbuhan, sehingga dapat meningkatkan populasi mikroorganisme tanah. Respirasi dan populasi total bakteri pada kebun kopi dan kebun campuran tidak berbeda nyata, karena kandungan C organik yang tidak berbeda nyata, sebagai akibat dari pengelolaan tanah yang hampir sama.



III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di UB Forest Dusun Summersari, Desa Tawangargo, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. UB Forest terletak pada ketinggian 700-1250 mdpl dengan relief berombak. Analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah, Laboratorium Kimia dan Laboratorium Fisika Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2019 sampai dengan Juni 2019. Gambar 2 menunjukkan peta administrasi Kabupaten Malang.



Gambar 2. Peta administrasi Kabupaten Malang, Jawa Timur, (Setiawan *et al.*, 2012). Keterangan: titik merah merupakan lokasi penelitian yaitu di Kecamatan Karangploso.

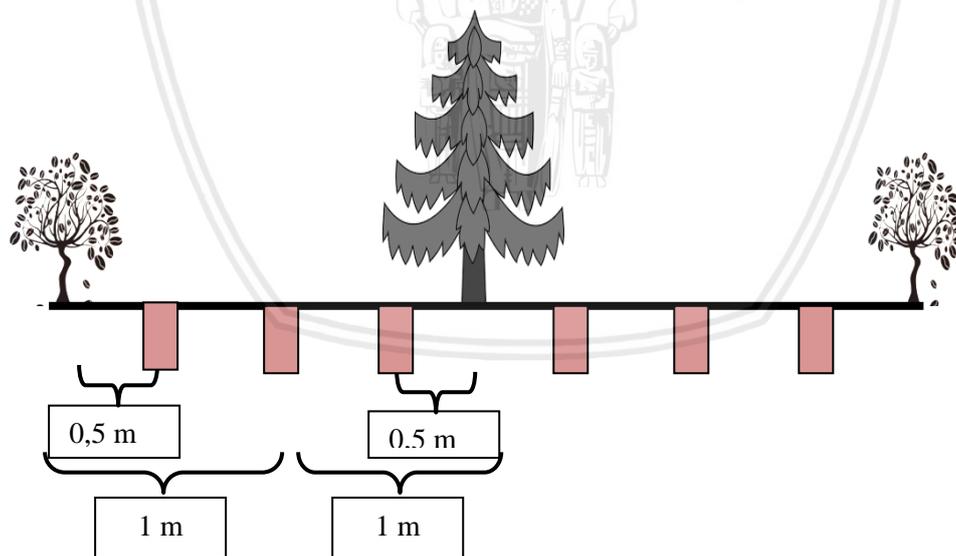
3.1.1. Kondisi UB Forest

Penelitian ini dilaksanakan di lereng gunung Arjuna yang bertempat di Dusun Summersari, Desa Tawangargo yang secara geografis terletak pada posisi $7^{\circ} 53' 35''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ} 53' 41''$ Bujur Timur. Secara administratif Desa Tawangargo terletak di wilayah Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang dengan posisi dibatasi oleh desa dan hutan. Di sebelah Utara berbatasan dengan lahan Perhutani, Gunung Arjuna. Di sebelah barat berbatasan dengan Desa Giripurno, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. Disisi selatan berbatasan dengan Desa Donowarih, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. Bentuk lahan berupa perbukitan, berrelief berombak dengan ketinggian 5-30% dan ditutupi

dengan vegetasi dominan pinus dan kopi. Universitas Brawijaya mendapatkan kawasan hutan di lereng gunung Arjuna ini dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan sebagai hibah Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) yang sekarang lebih dikenal dengan sebutan UB Forest. Lahan tersebut terdiri dari lahan konservasi dan hutan produksi dengan skema pengelolaan lahan dilakukan secara rutin dan multi fungsi yaitu sebagai area konservasi, area penelitian, area wisata biologi, area pengembangan, area pendidikan dan latihan, area sosiologi masyarakat, budaya dan ekonomi serta sebagai area hutan produksi. KHDTK-UB terletak pada kawasan pegunungan vulkanik tua dengan luas lahan 544,74 ha.

3.1.2. Kondisi Plot Pengamatan

Hutan pendidikan UB Forest memiliki berbagai jenis penggunaan lahan yang salah satunya yaitu sistem agroforestri. Berdasarkan sistem agroforestri yang ada terdapat beberapa manajemen pengelolaan budidaya tanam yang berbeda. Manajemen yang terdapat pada UB forest antara lain yaitu *Low Management*, *Medium Management*, *Hight Management* dan *Bussines As Ussual*. Gambar 3 menunjukkan jarak pengambilan sampel respirasi tanah.



Gambar 3. Pengambilan Sampel Tanah pada Lahan

- Keterangan :
-  = pohon kopi
 -  = pohon pinus
 -  = kedalaman tanah 0-10 cm

3.2 Alat dan Bahan

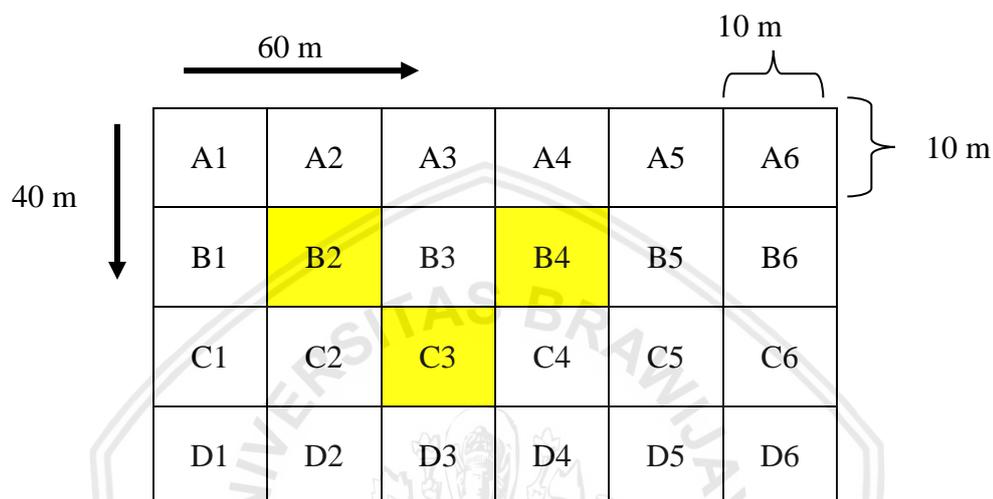
Penelitian yang dilakukan pada lapangan yang terletak di UB forest dan di Laboratorium Fisika, Laboratorium Biologi Tanah dan Laboratorium Kimia Tanah. Alat yang digunakan untuk penelitian dilapang antara lain : GPS, tali rafia, pasak, papan, *litter trap*, *frame*, plastik, ring sampel, fial film, gunting dan alat tulis. Sedangkan alat untuk pengamatan Laboratorium Biologi, Fisika Tanah dan Kimia Tanah antara lain : amplop kertas, timbangan analitik, oven, buret dan statis, toples plastik, strirer, labu enlenmeyer, corong, fial film, beker glass 250 ml dan 50 ml, pH meter, desikator, chamber dan autoclave. Bahan yang digunakan dalam antara lain : seresah, sampel tanah komposit, KOH, HCl, indikator fenoptalin dan metil orange 0,1% (1 g/100 ml alkohol 96%), aquades, $K_2Cr_2O_7$, H_3PO_4 85%, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, Na_2CO_3 , difenilamina, NaCl, K_2SO_4 , $FeSO_4$, CTAB, siliconantifoam, methanol, Na_2CO_3 , Na_2WO_4 , asam orthoposporic, asam phosphomolybdic, asam tannic, alkohol 70%, *congo red* 0,1%, media NA (*Nutrient agar*), gelatin, *hydrogenchloride* (HCl), iodium, kristal violet, larutan hidrogen peroksida (H_2O_2) 3%, *motility indole ornitine* (MIO), natrium klorida (NaCl) 1M, oksidatif fermentatif (OF) hugh leifson, parafin cair, reagen *kovac's*, safranin, *simon citrate agar* (SCA), spiritus, tanah agroforestri kopi UB forest, *triple sugar iron agar* (TSIA) dan urease.

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAKF) dengan 4 plot pengamatan dan 3 jarak pengambilan sampel yang diulang sebanyak 3 ulangan. Pengamatan yang dilakukan yaitu dengan mengukur banyaknya bahan organik yang berupa seresah pada berbagai jenis menejemen budidaya tanaman kopi. Menejemen ini dibedakan berdasarkan perlakuan lahan serta untuk pengambilan sampel berdasarkan jarak tanam untuk penentuan zonasi dan kontrol untuk mengukur besarnya respirasi tanah dan kelimpahan bakteri. Tabel 4 menunjukkan kombinasi plot penelitian, Gambar 4 menunjukkan posisi penempatan chamber untuk ulangan pengambilan sampel respirasi tanah dalam plot pengamatan dan Tabel 5 menunjukkan parameter pengamatan yang dilakukan dalam penelitian.

Tabel 4. Kombinasi Plot Penelitian

Kode	Keterangan Plot Pengamatan
LC	<i>Low Management and Canopy</i>
MC	<i>Medium Management and Canopy</i>
HC	<i>High Management and Canopy</i>
BAU	<i>Bussines As Ussual</i>



Keterangan : = Ulangan

Gambar 4. Pengambilan Sampel Respirasi Tanah dalam Plot Pengamatan**Tabel 5.** Parameter Pengamatan

Aspek	Parameter	Keterangan	Satuan
Vegetasi	Luas Bidang Dasar	Non Destruktif	cm
	Biomassa seresah dan Biomassa Pohon	Destruktif	g m ⁻²
	Biomassa seresah litter trap	Destruktif Anderson	g m ⁻²
	Kadar Lignin dan Polifenol	Folin Denis dan Georing dan Vansoest	%
	Ketebalan seresah	Karakteristik Lahan	cm
Tanah	pH tanah (H ₂ O)	<i>Glass electrode</i>	
	Suhu	Hobo Sensor	°C
	Kadar air tanah		%
	Tekstur Tanah	Metode Pipet	
	C-organik	Walkley & Black	%
	BI tanah	Metode Silinder	g m ⁻³

Respirasi	Metode Vestraete	kg C-CO ₂ ha ⁻¹ hari ⁻¹
Total bakteri	Metode Cawan Tuang	spk g ⁻¹ tanah
Intensitas Cahaya	Hobo Sensor	Lux
Tutupan Kanopi	<i>Canopy App</i>	%

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Pembuatan Plot Pengamatan

Pembuatan plot pengamatan dilakukan dengan membuat petak dengan ukuran 60 m x 40 m pada setiap area plot yang dibatasi menggunakan tali raffia dan patok permanen. Di dalam per ukuran 60 m x 40 m di bagi menjadi 24 grid dengan ukuran 10 m x 10 m.

3.4.2. Pengukuran LBD pohon

Pengukuran luas bidang dasar menunjukkan kerapatan tegakan pohon yang dihitung berdasarkan jumlah pohon dalam suatu lahan dengan menggunakan rumus :

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

Keterangan : LBD = Luas Bidang Dasar (cm² m⁻²)
 π = 3,14
 D = Diameter pohon (cm)

Diameter pohon diukur dengan cara melilitkan meteran jahit pada pohon, pada ketinggian 1,3 m dari atas permukaan tanah untuk mendapatkan nilai keliling pohon. Keliling pohon dikonversi menjadi diameter dengan menggunakan rumus :

$$D = \text{keliling} / \pi$$

Keterangan : D = Diameter pohon (cm)
 Keliling = besar lingkaran lilit pohon pada ketinggian 1,3 m
 π = 3,14

3.4.3. Pengukuran Biomassa Pohon

Pengukuran biomassa pohon diestimasi menggunakan persamaan alometrik. Persamaan tersebut dengan cara mengukur diameter pohon yang diukur setinggi dada (DBH). Rumus yang digunakan disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Rumus Perhitungan Estimasi Biomassa Pohon

Jenis Pohon	Estimasi Biomassa Pohon (kg pohon ⁻¹)	Sumber
Pohon bercabang	$Y = 0,11 \times \rho \times (D)^{2,62}$	(Ketterings,2001)
Pohon tidak bercabang	$Y = \pi \times \rho \times H \times D^{2/40}$	(Hairiah <i>et al.</i> , 1999)

Keterangan : Y = biomassa pohon; D = diameter pohon pada ketinggian 1,3 m dari permukaan tanah (cm); ρ = berat jenis kayu (g cm⁻³); H = tinggi pohon (cm)

3.4.4. Perhitungan Berat Kering Seresah

Pengambilan sampel seresah dilakukan secara *in situ* dan *understory*, hal ini bertujuan untuk mengetahui rerata jumlah seresah yang tersedia di lahan. Dimana seresah tersebut ialah sumber utama bahan organik. Pengambilan seresah dilakukan pada awal pengamatan sebanyak 1 x 3 ulangan dengan menggunakan *frame* ukuran 50 cm x 50 cm. Sedangkan untuk monitoring seresah, pengambilan sampel seresah dilakukan 2 minggu sekali selama 1,5 bulan dengan menggunakan *litter trap*. *Litter trap* yang digunakan berukuran 1 x 3 m yang dipasang di lahan secara permanen.

Perhitungan berat kering seresah dilakukan dengan cara menimbang berat basah sampel seresah yang telah diambil dari lapangan. Perhitungan seresah dengan menggunakan timbangan analitik, kemudian sampel seresah yang selesai ditimbang dimasukkan ke dalam amplop coklat dan dioven selama 2 x 24 jam dengan suhu 80°C. Setelah selesai dioven, sampel ditimbang kembali menggunakan timbangan analitik untuk mengetahui berat kering oven. Perhitungan berat kering dilakukan dengan menggunakan persamaan matematis, yaitu :

$$\text{Total BKS} = \frac{\text{BK}}{\text{BB}} \times \text{Total BB}$$

Keterangan : BKS = Berat Kering Seresah (g)
 BK = Berat Kering sub sampel (g)
 BB = Berat Basah sub sampel (g)

3.4.5. Penetapan Kadar Lignin

Penetapan kadar lignin dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

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

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

3.4.6. Penetapan Kadar Polifenol

Penetapan kadar polifenol juga dilakukan di laboratorium biologi tanah. Setelah dianalisis dilakukan perhitungan dengan rumus :

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

3.4.7. Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan 2 cara yaitu dengan sampel tanah utuh dan sampel tanah komposit. Sampel tanah utuh menggunakan ring sampel, sedangkan pengambilan sampel tanah komposit diambil secara diagonal yang kemudian dikompositkan. Pengambilan sampel tanah pada kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm. Sampel tanah yang telah diambil kemudian diletakkan ke dalam plastik yang telah diberi label dan segera dianalisis di laboratorium.

3.4.8. Tekstur Tanah

Pengukuran tekstur dengan menggunakan metode pipet yang dilakukan di Laboratorium. Pengukuran tekstur tanah ini menggunakan sampel komposit yang diambil secara acak. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan menggunakan rumus :

a. Partikel Liat

$$\text{Massa Liat} = 50 \times (\text{massa pipet ke 2} - \text{massa blanko pipet ke 2})$$

b. Partikel Debu

$$\text{Massa Debu} = 50 \times (\text{massa pipet ke 1} - \text{massa pipet ke 2})$$

c. Partikel Pasir

Langsung diketahui bobot masing-masing dari hasil ayakan.

Persentase masing-masing bagian dihitung berdasarkan massa tanah (massa liat + massa debu + massa pasir).

3.4.9. Berat Isi Tanah

Pengukuran berat isi tanah dengan menggunakan metode silinder yang dilakukan di Laboratorium. Pengukuran berat isi tanah ini menggunakan sampel tanah utuh yang diambil menggunakan ring sampel. Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan menggunakan rumus :

$$BI = \frac{Mp}{Vt}$$

Keterangan : BI = Berat Isi Tanah (g cm^{-3})

Mp = Massa Padatan (g)

Vt = Volume Tanah (cm^{-3})

3.4.10. Perhitungan C-Organik

Pengukuran dan penganalisisan C-organik tanah dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah dengan menggunakan metode Walkey dan Black. Perhitungan C-organik tanah dihitung dengan menggunakan rumus:

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

Untuk mengetahui kandungan C-organik, dihitung dengan menggunakan rumus :

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

3.4.11. Analisa pH tanah (H_2O)

Menimbang tanah 10 g kemudian menambahkan aquades, kocok dengan menggunakan *rotary shaker* lalu ukur pH tanah.

3.4.12. Perhitungan Kadar Air Tanah

Perhitungan kadar air tanah dilakukan dengan menimbang sampel tanah yang ada pada ring sampel. Perhitungan tersebut dengan rumus :

$$KA = \frac{(BB - BK) \times 100\%}{BK}$$

Keterangan : KA = Kadar air tanah (%)

BB = Berat sampel tanah basah (g)

BK = Berat kering tanah oven (g)

3.4.13. Perhitungan Respirasi

Metode yang digunakan ialah dengan menggunakan metode inkubasi tertutup (Verstraete, 1981) dimana menginkubasi tanah dengan menggunakan chamber yang dipasang di plot pengamatan. Didalam chamber diletakkan gelas beker terbuka berisi 10 ml 0,2 KOH (untuk mengikat CO₂ yang dilepaskan oleh respirasi mikroorganisme tanah). Kemudian chamber ditutup rapat atau dalam posisi kedap udara dan di inkubasi selama 4 hari. Hasil inkubasi KOH di lahan kemudian dianalisis di laboratorium dengan ditetesi dengan fenoptalin 2 tetes dan kemudian dititrasi dengan HCl hingga larutan berubah warna dari berwarna merah muda menjadi bening, kemudian ditetesi dengan 2 tetes *metal orange* dan dititrasi dengan HCl sehingga larutan berubah menjadi orange. Jumlah HCl yang digunakan untuk titrasi tahap kedua berhubungan langsung dengan jumlah CO₂ yang difiksasi. Kadar CO₂ pada masing-masing perlakuan diperoleh setelah dikurangi kadar CO₂ pada toples tanpa tanah. Selanjutnya, respirasi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(a-b) \times t \times 120}{n}$$

Keterangan :

- R = Respirasi tanah (kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹)
- a = ml HCl untuk chamber dengan sampel tanah
- b = ml HCl untuk chamber tanpa sampel tanah (blanko)
- t = normalitas HCl
- t = a mg / (381,42/2 x ml titran)
- n = jumlah hari inkubasi

3.4.14. Perhitungan Kelimpahan Isolat Bakteri

Sampel tanah (komposit) dari lokasi A, B, C dan D masing-masing ditimbang sebanyak 10 g dan dibuat suspensi dengan cara dilarutkan ke dalam 90 ml akuades steril, lalu dihomogenkan menggunakan vortex. Selanjutnya, dilakukan teknik dilusi (pengenceran) pada suspensi tanah dari tiap stasiun mulai dari faktor pengenceran 10⁻¹ sampai 10⁻⁵ dengan cara diambil 1 ml suspensi sampel, lalu di pipet dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml akuades (10⁻¹). Kemudian suspensi dari faktor pengenceran 10⁻¹ dipipet 1 ml dan dimasukkan kedalam tabung reaksi berisi 9 ml akuades (10⁻²), perlakuan yang sama dilakukan terhadap faktor pengenceran 10⁻³, 10⁻⁴ dan 10⁻⁵. Kemudian

diambil 1 ml dari masing-masing faktor pengenceran 10^{-3} , 10^{-4} dan 10^{-5} untuk dibiakkan ke dalam medium NA 20 ml pada cawan petri menggunakan metode agar tuang (*pour plate*) dan diinkubasi selama 2 x 24 jam pada suhu 37°C. Teknik dilusi dilakukan secara duplo (Bangun, 1989). Perhitungan total kepadatan bakteri menggunakan metode perhitungan cawan.

3.5 Analisis Data

Analisis data kuantitatif dilakukan menggunakan *Microsoft Excel* yang kemudian dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) yang berdasarkan dengan Rancangan Acak Kelompok Faktorial (RAKF). ANOVA digunakan untuk mengetahui apakah perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh nyata atau tidak. Apabila hasil ANOVA menunjukkan pengaruh nyata, maka data akan diuji lanjut dengan menggunakan uji lanjut DMRT taraf 5%. Tahap selanjutnya diuji korelasi dan regresi untuk mengetahui hubungan parameter serta besar pengaruh dari parameter. Tabel 7 menunjukkan nilai interpretasi hasil korelasi untuk mengetahui kelas hubungan antar parameter pengamatan.

Tabel 7. Interpretasi Nilai Korelasi

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

Sumber: Sarwono, 2009.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Penggunaan lahan pada kawasan UB Forest dengan perbedaan manajemen lahan dan tanaman mempengaruhi parameter pengamatan yang dilakukan, meliputi Luas Bidang Dasar (LBD), biomassa, tekstur tanah, berat isi tanah, berat jenis tanah, suhu udara dan suhu tanah, intensitas cahaya dan tutupan kanopi pohon, masukan seresah *in situ*, monitoring seresah (*litter trap*), kadar C-organik tanah, bahan organik tanah, kualitas seresah, pH tanah dan respirasi tanah serta kelimpahan total bakteri.

4.1.1 Karakteristik Plot Pengamatan

Karakteristik lahan agroforestri UB Forest yang meliputi Luas Bidang Dasar (LBD) dan biomassa serta tutupan kanopi pada penggunaan lahan agroforestri kopi dengan manajemen lahan dan tanaman yang berbeda yaitu *Low Management and Canopy* (LC), *Medium Management and Canopy* (MC), *High Management and Canopy* (HC), dan BAU (*Bussines As Ussual*) atau kontrol (Tabel 8).

Tabel 8. Luas Bidang Dasar (LBD) dan Biomassa pada Berbagai Manajemen Lahan Agroforestri Kopi.

Plot Pengamatan	Jumlah Populasi Pinus (pohon ha ⁻¹)	Jumlah Populasi Kopi (pohon ha ⁻¹)	LBD Pinus (m ² ha ⁻¹)	LBD Kopi (m ² ha ⁻¹)	Biomassa Pinus (ton ha ⁻¹)	Biomassa Kopi (ton ha ⁻¹)
LC	946	1850	36,22	1,09	153,52	1,18
MC	717	1713	29,04	1,46	126,57	2,89
HC	729	2679	32,40	1,74	143,24	3,32
BAU	342	2454	30,24	1,18	152,93	1,94

Keterangan : LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Ussual*).

Manajemen agroforestri yang dilakukan pada setiap plot pengamatan berbeda yaitu pada plot LC dengan karakteristik tutupan kanopi tinggi, jumlah populasi kopi LC < MC dan kopi tidak dirawat. Karakteristik plot MC yaitu tutupan kanopi sedang (MC < LC), jumlah populasi kopi sedang (MC < HC) dan kondisi kopi terawat. Sedangkan plot HC memiliki karakteristik naungan rendah, kepadatan kopi tinggi dan kopi dirawat. Untuk plot pengamatan BAU sebagai

kontrol dengan karakteristik tutupan kanopi sedang (BAU < HC), jumlah populasi kopi sedang dengan perawatan kopi yang baik.

Dari keempat analisisnya, populasi pinus tertinggi yaitu pada plot LC dengan jumlah pinus 946 pohon ha⁻¹ dan yang paling terendah yaitu pada plot BAU dengan jumlah 342 pohon ha⁻¹. Jumlah pohon kopi tertinggi yaitu pada plot HC dengan jumlah 3679 pohon ha⁻¹ dan paling terendah pada plot MC dengan jumlah 1314 pohon ha⁻¹. Parameter yang lain untuk karakteristik lahan yaitu LBD, dimana luas bidang dasar (LBD) merupakan luasan tanah yang diduduki oleh tegakan pohon dengan satuan m² ha⁻¹. Sebaran LBD dari keempat plot didominasi oleh pohon dengan diameter >30 cm yang terdapat pada semua plot pengamatan. LBD pinus dan kopi tertinggi berturut-turut terdapat pada plot pengamatan LC (36,22 m² ha⁻¹) dan plot HC dengan nilai (1,74 m² ha⁻¹). Sedangkan biomassa merupakan jumlah total kandungan material organik suatu organisme hidup. Hasil pengukuran biomassa pinus tertinggi yaitu pada plot pengamatan LC dengan nilai 153,52 ton ha⁻¹. Nilai biomassa kopi tertinggi yaitu pada plot HC dengan nilai 3,32 ton ha⁻¹.

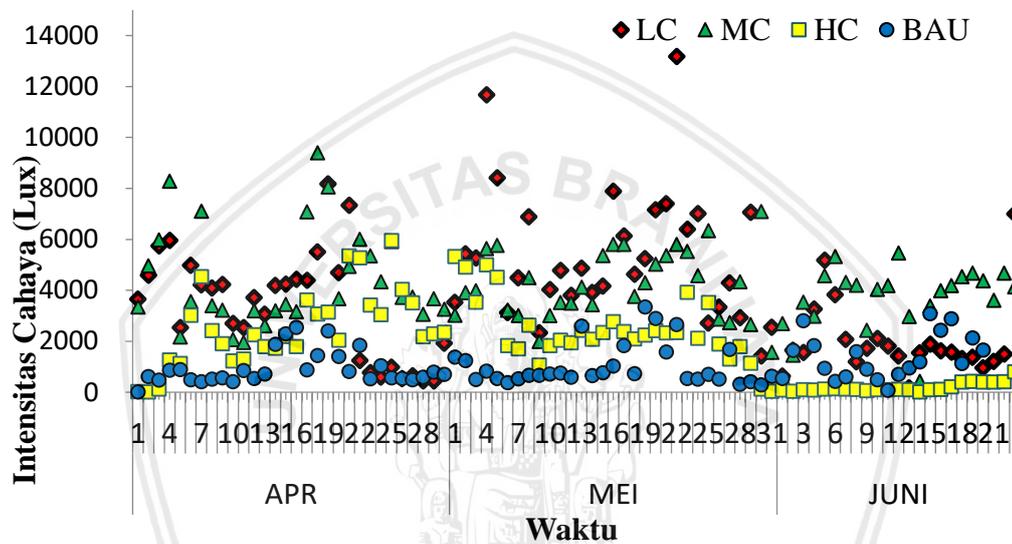
Pengukuran tutupan kanopi dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Canopy App* yang diinstal melalui *handphone*. Pengambilan data tersebut dilakukan pada minggu awal pada saat pengukuran karakterisasi pohon. Tabel 9 menunjukkan hasil dari pengukuran diatas kanopi menunjukkan bahwa kanopi LC dengan nilai 67,012% berbeda nyata pada plot MC, HC dan BAU. Tutupan kanopi yang berada dibawah kanopi kopi yaitu pada plot BAU (64,739%) berbeda nyata dengan plot LC (70,739%) dan berbeda nyata dengan plot HC (76,501%).

Tabel 9. Tutupan Kanopi Diatas dan Dibawah Kopi

Plot	Tutupan Kanopi (%)	
	Diatas Kopi	Dibawah Kopi
LC	67,012 b	70,739 b
MC	66,991 b	71,744 b
HC	67,599 b	76,501 c
BAU	64,088 a	64,739 a

Keterangan : Bilangan didampingi huruf yang sama pada kolom menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Usual*).

Intensitas cahaya matahari juga diamati selain tutupan kanopi, yang diukur dengan menggunakan alat HOBO sensor. Alat sensor dipasang di lahan dengan ketinggian 1 meter diatas permukaan tanah, untuk mengetahui cahaya yang masuk langsung mengenai tanah. Masukan cahaya pada suatu lahan dapat mempengaruhi suhu udara dan suhu tanah. Pengukuran dilakukan pada saat terdapat cahaya masuk yaitu pada pukul 05.54-17.15 WIB. Pada Gambar 6 menunjukkan hasil pengukuran intensitas cahaya matahari pada plot pengamatan.



Keterangan : LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Business As Usual*).

Gambar 5. Intensitas Cahaya pada Berbagai Plot Pengamatan (Sumber : *Research Group Agroforestry Tropik, 2019*)

Pada Tabel 10 hasil analisis intensitas cahaya matahari menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Intensitas cahaya matahari yang masuk tertinggi yaitu pada plot MC (4154,9 Lux) dan terendah pada plot BAU (1108,3 Lux). Menurut Sedjarawan *et al.* (2014), kerapatan tegakan akan mempengaruhi cahaya yang masuk ke dalam vegetasi. Tegakan yang memperoleh sedikit cahaya matahari akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, apabila intensitas cahaya yang masuk rendah maka pertumbuhan tanaman akan lambat. Hal tersebut karena cahaya matahari mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan sel dalam tumbuhan untuk memaju pertumbuhan tanaman.

Tabel 10. Intensitas Cahaya pada Berbagai Plot Pengamatan

Plot Pengamatan	Intensitas Cahaya (Lux)
LC	3606,0 b
MC	4154,9 b
HC	1728,3 a
BAU	1108,3 a

Keterangan : Bilangan didampingi huruf yang sama pada kolom menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Ussual*).

4.1.2 Tekstur Tanah, Berat Isi Tanah dan Berat Jenis Tanah

Pengukuran tekstur tanah dilakukan pada keempat plot pengamatan dengan pengambilan tanah komposit kemudian dianalisis di laboratorium. Tekstur tanah tersebut dianalisis menggunakan metode pipet. Selain pengamatan tekstur tanah juga dilakukan analisis berat isi tanah dan berat jenis tanah. Berat isi tanah diperlukan untuk mengetahui kepadatan suatu tanah dan kemampuan akar menembus tanah, sedangkan berat jenis yaitu untuk mengetahui kerapatan suatu tanah. Tekstur berat isi, berat jenis tanah pada keempat plot pengamatan disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Tekstur, Berat Isi dan Berat Jenis Tanah pada Berbagai Plot Pengamatan

Plot Pengamatan	Tekstur Tanah	Berat Isi (g/cm ³)	Berat Jenis (g/cm ³)
LC	Lempung Berdebu	0,73 ab	2,16
MC	Lempung Berdebu	0,93 bc	2,13
HC	Lempung Berdebu	1,10 c	2,05
BAU	Lempung Berdebu	0,53 a	2,02

Keterangan : Bilangan didampingi huruf yang sama pada kolom menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Ussual*).

Tekstur tanah keempat plot pengamatan yaitu termasuk lempung berdebu. Kesamaan antara tekstur tanah ini disebabkan oleh bahan induk pembentuk tanah berasal dari bahan induk yang sama. Sedangkan berat isi tanah dari keempat plot berbeda nyata. Berat isi tanah plot BAU (0,53 g/cm³) berbeda nyata dengan hasil plot HC (1,10 g/cm³). Menurut Sari dan Sugeng (2019), tingginya berat isi tanah dapat dipengaruhi oleh adanya pengolahan tanah secara intensif berupa pembuatan teras bangku, guludan ataupun rorak. Terlihat pada plot pengamatan

HC terdapat teras bangku. Menurut Indriani (2007), jumlah bahan organik yang terkandung di dalam tanah mempengaruhi perubahan berat isi tanah, dimana semakin banyak bahan organik maka berat isi semakin rendah. Pengamatan berat jenis tanah antar plot pengamatan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Nilai berat jenis tanah yang tertinggi yaitu pada plot LC (2,16 g/cm³) dan nilai berat jenis tanah paling rendah yaitu pada plot BAU (2,02 g/cm³). Menurut Edwin (2016), masukan bahan organik ke dalam tanah mempengaruhi jumlah ruang pori tanah sehingga mampu menurunkan nilai berat isi tanah.

4.1.3 Masukan Seresah, C-Organik Tanah, Bahan Organik Tanah, pH Tanah dan Kualitas Seresah

Masukan berbagai seresah pada lahan diharapkan mampu meningkatkan kandungan C-organik tanah, sehingga mampu memenuhi bahan makanan mikroorganisme di dalam tanah. Pengukuran masukan seresah *in situ* dilakukan berdasarkan jarak pengambilan sampel respirasi (zonasi) yaitu a= 50 cm dari kopi, b= 50 cm dari pinus dan c= 100 cm dari kopi dan pinus. Pengukuran seresah tersebut dilakukan untuk mengetahui banyaknya masukan seresah antar manajemen agroforestri kopi yang berbeda. Hasil pengukuran berat kering seresah pada berbagai plot manajemen agroforestri kopi ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Berat Kering Seresah *In Situ* Berdasarkan Perbedaan Manajemen Lahan

Plot	Jarak	Berat Kering (g/m ²) <i>In Situ</i>		
		Pinus	Daun Kopi	Batang
LC	a	223,4 b	7,7 ab	30,1 a
	b	228,8 b	6,5 ab	36,7 a
	c	202,2 ab	3,7 a	45,5 a
MC	a	164,0 ab	13,7 ab	58,9 a
	b	203,6 ab	17,0 ab	58,0 a
	c	230,1 b	15,7 ab	84,8 ab
HC	a	458,1 c	20,9 ab	48,8 a
	b	544,1 d	6,3 ab	44,3 a
	c	428,6 c	23,8 cd	96,9 ab
BAU	a	132,4 a	27,3 b	83,5 ab
	b	197,3 ab	16,9 ab	141,6 b
	c	150,1 ab	15,1 ab	107,7 ab

Keterangan : a = jarak 50 cm dari kopi, b = jarak 50 cm dari pinus, c = jarak 100 cm dari kopi dan pinus. Bilangan didampingi huruf yang sama pada kolom menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Ussual*).

Hasil pengamatan masukan seresah *in situ* menunjukkan bahwa hasil paling tinggi yaitu pada plot HC (544,1 g/m²) pada jarak 100 cm dari kopi dan pinus, sedangkan masukan seresah pinus dengan nilai terendah yaitu pada plot BAU (132,4 g/m²) pada jarak 50 cm dari kopi. Berat kering masukan seresah daun kopi yang mempunyai nilai tertinggi ditunjukkan oleh plot BAU (27,3 g/m²) pada jarak 50 cm dari kopi, sedangkan masukan seresah daun kopi dengan nilai terendah yaitu pada plot LC (3,7 g/m²) pada jarak 100 cm dari pinus dan kopi. Selain itu, nilai hasil pengamatan masukan seresah batang pohon pinus menunjukkan nilai tertinggi pada plot BAU (141,6 g/m²) pada jarak 50 cm dari pinus, sedangkan nilai masukan seresah batang pinus terendah yaitu pada plot LC (30,1 g/m²) pada jarak 50 cm dari kopi. Untuk keseluruhan hasil pengamatan masukan seresah menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada setiap plot dan jarak pengambilan sampel. Masukan seresah suatu plot dapat dipengaruhi oleh jumlah tegakan kopi dan pinus serta lebar kanopi kopi. Hasil pengukuran berat kering seresah pada *litter trap*, nilai C organik tanah, bahan organik tanah dan pH tanah ditunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Berat Kering Seresah *Litter Trap*, C Organik Tanah, Bahan Organik Tanah dan pH tanah

Plot	BK (g)	C-Organik (%)	Bahan Organik (%)	pH tanah
	<i>Litter Trap</i>			
LC	44,39	4,96 a	8,59 a	5,08
MC	56,64	4,53 a	7,84 a	5,02
HC	87,49	4,92 b	8,51 a	4,98
BAU	46,03	6,53 b	11,30 b	5,16

Keterangan : Bilangan didampingi huruf yang sama pada kolom menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Ussual*).

Masukan seresah selain diambil dari perbedaan zonasi, juga diambil dengan menggunakan *litter trap* yang dipasang pada plot pengamatan dan diamati selama 10 minggu. Masukan tersebut untuk mengetahui rata-rata masukan seresah per plot pengamatan. Perhitungan seresah *litter trap* yaitu dengan akumulasi rata-rata 10 minggu. Hasil masukan seresah terbanyak yaitu rata-rata pada plot HC 87,49 g, sedangkan masukan seresah paling sedikit yaitu rata-rata pada plot LC

44,39 g. Pada plot LC, MC dan BAU masukan seresah pada lahan tidak terlalu beda jauh nilainya, berbeda dengan masukan seresah pada plot HC yang sangat tinggi nilai masukan seresahnya.

Hasil analisis pH tanah berbagai manajemen agroforestri kopi menunjukkan pada plot BAU mempunyai pH yang tinggi (5,16) dibandingkan dengan plot yang lain. Sedangkan, nilai pH terendah (4,98) pada plot HC. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tegakan kopi pinus dalam penelitian ini berada pada kategori masam dikarenakan pH tanah berkisar antara 4,5-5,5. Menurut Pusat Penelitian Tanah (1983), kategori tanah sangat masam dengan $pH < 4,5$, sedangkan pH masam berkisar 4,5-5,5, pH netral berkisar pH 6,6-7,5 dan pH agak alkali dan pH alkali $> 8,5$. Nilai pH tanah dapat mempengaruhi proses dekomposisi masukan seresah karena adanya aktivitas dari mikroba dalam tanah khususnya bakteri tanah sangat sensitive dengan pH.

Kandungan C-organik berturut-turut mulai yang tertinggi adalah pada plot BAU (6,53%), LC (4,96%), plot HC (4,92%) dan pada plot MC (4,53%). Kandungan bahan organik tanah tergantung dari C-organik yang terkandung dalam tanah. Kandungan bahan organik dari beberapa plot pengamatan setelah dianalisis laboratorium menunjukkan bahwa plot MC berbeda nyata dengan plot BAU. Kandungan bahan organik tertinggi yaitu pada plot BAU (11,30%) berbeda nyata dengan plot MC (7,84%) yang memiliki nilai paling rendah. Menurut Soedarso (2006), pada tanah mineral kandungan bahan organiknya $< 5\%$, rendahnya kandungan bahan organik ini dapat dipengaruhi oleh karakteristik iklim, vegetasi, topografi dan bahan induk pada hutan. Tanah yang terdapat pada plot pengamatan tergolong mempunyai bahan organik yang tinggi karena hasil dari analisis bahan organik mempunyai nilai diatas 5%. Bahan organik memiliki peran yang sangat positif terhadap tanah dalam melindungi tanah terhadap kerusakan dan merupakan salah satu sumber kelangsungan hidup bagi organisme tanah.

Seresah yang telah di ambil di lapang kemudian di analisis untuk mengetahui kualitas dari seresah tersebut. Analisis yang dilakukan ialah analisis kadar lignin dan kadar polifenol. Pengukuran masukan seresah dan kualitas pada

seresah pada lahan dilakukan untuk mengetahui laju dekomposisi. Hasil analisis tersebut ditunjukkan pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil Analisis Kadar Polifenol dan Lignin

Jenis Seresah	Polifenol	Lignin
	%	%
Pinus	9,25 t	32,86 t
Kopi	13,81 t	26,89 t
Kayu Pinus	1,45 r	35,88 t

Keterangan : t = tinggi, r = rendah

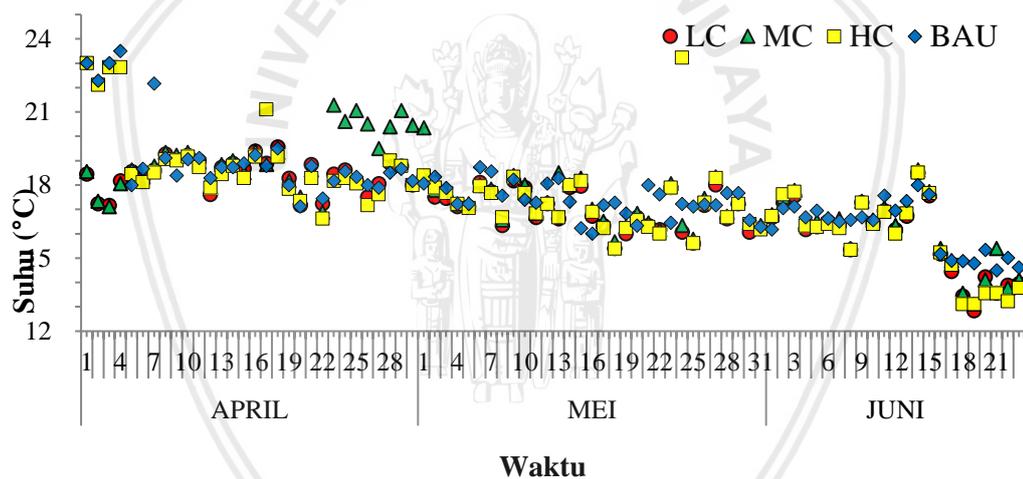
Berdasarkan hasil analisis laboratorium didapatkan hasil kadar lignin dan polifenol dari ketiga jenis seresah yaitu pada seresah kopi memiliki kualitas kadar polifenol yang tinggi (13,81%) dan kadar lignin (26,89%). Sedangkan seresah kayu pinus memiliki kadar polifenol rendah (1,45%) dan kadar lignin tinggi (35,88%). Dari ketiga jenis seresah yang dianalisis, kadar polifenol seresah kayu pinus tergolong rendah dan berkadar lignin tinggi. Namun seresah pinus dan kopi memiliki kadar polifenol dan kadar lignin yang sama-sama tinggi. Seresah mempunyai kualitas baik yaitu apabila mempunyai kandungan kadar lignin yang rendah. Karena dengan kadar lignin yang rendah maka seresah tersebut dengan mudah terdekomposisi. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Sismiyantri *et al.* (2018), bahan organik yang tergolong berkualitas tinggi apabila bahan organik tersebut mengandung kadar lignin rendah dan polifenol rendah yaitu <15% dan <4%. Nilai polifenol yang rendah yaitu lebih rendah dari 4% akan sedikit mengikat N sehingga proses dekomposisi akan berlangsung cepat. Nilai analisis kayu pinus > dari seresah kopi maka proses dekomposisi kayu pinus lebih cepat. Sedangkan, semakin tinggi kadar lignin dan selulosa maka akan semakin lama seresah terdekomposisi.

4.1.2 Iklim Mikro

Suhu Udara

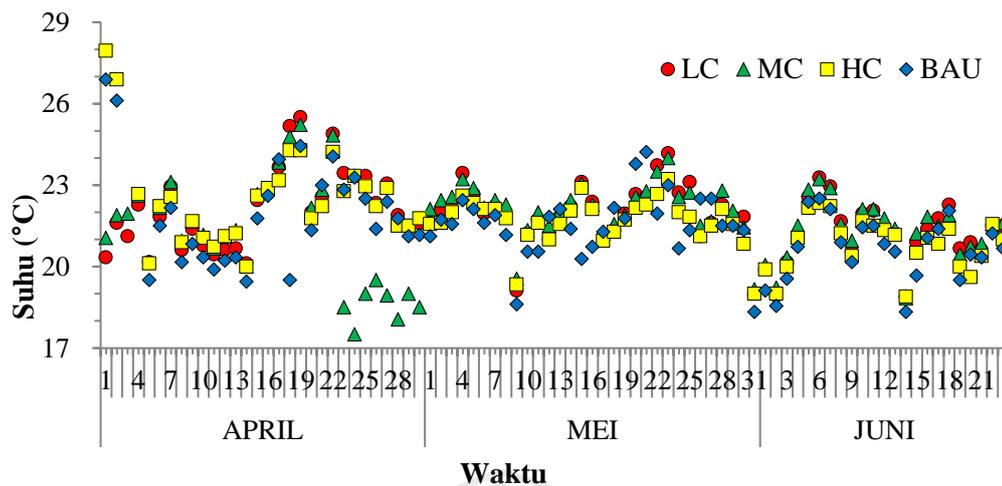
Iklim mikro yang diamati pada plot pengamatan meliputi suhu udara dan suhu tanah. Suhu merupakan salah satu indikator yang mempengaruhi besar kecilnya nilai CO₂ yang keluar dari tanah. Besar kecilnya nilai iklim mikro juga mempengaruhi aktivitas mikroorganisme yang berada didalam tanah. Semakin

suhu mendukung aktivitas perkembangan mikroorganisme tanah yang bertugas untuk proses respirasi tanah maka CO₂ yang dikeluarkan oleh tanah juga semakin besar. Pengukuran iklim mikro tersebut dilakukan dengan menggunakan alat sensor “HOBO”. Pemasangan alat “HOBO” sensor diletakkan setinggi 1,3 m di atas tanah yang digunakan untuk mengukur suhu udara. Pengambilan data sensor diatur pada setiap 15 menit sekali, hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan nilai suhu udara yang akurat. Pengukuran yang digunakan yaitu suhu minimum pada pagi hari pukul 06.00-08.00 WIB dan suhu maksimum pada pukul 12.00-14.00 WIB. Gambar 7 menunjukkan hasil pengamatan suhu udara pagi hari pada plot pengamatan selama pengambilan sampel respirasi dan Gambar 8 menunjukkan hasil pengamatan suhu udara pada siang hari selama pengambilan sampel respirasi.



Keterangan : LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Ussual*).

Gambar 6. Rata-Rata Suhu Udara Pagi Hari Selama Pengambilan Sampel.
(Sumber : *Reseach Group Agroforestry Tropik*, 2019)



Keterangan : LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Business As Usual*).

Gambar 7. Rata-Rata Suhu Udara Siang Hari Selama Pengambilan Sampel.
(Sumber : *Research Group Agroforestry Tropik*, 2019)

Suhu udara di plot pengamatan manajemen agroforestri kopi UB forest pada pagi hari berbeda nyata (uji DMRT 5%) antar keempat lokasi, dimana pada plot BAU memiliki suhu paling tinggi (17,6°C), dibandingkan dengan plot LC (17,1°C), plot MC (17,5°C) dan plot HC (17,3°C). Namun, nilai suhu pada suhu udara siang hari setelah dianalisis menggunakan ANOVA dari keempat plot tidak menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 15.

Tabel 15. Rata-Rata Suhu Udara Pagi dan Siang

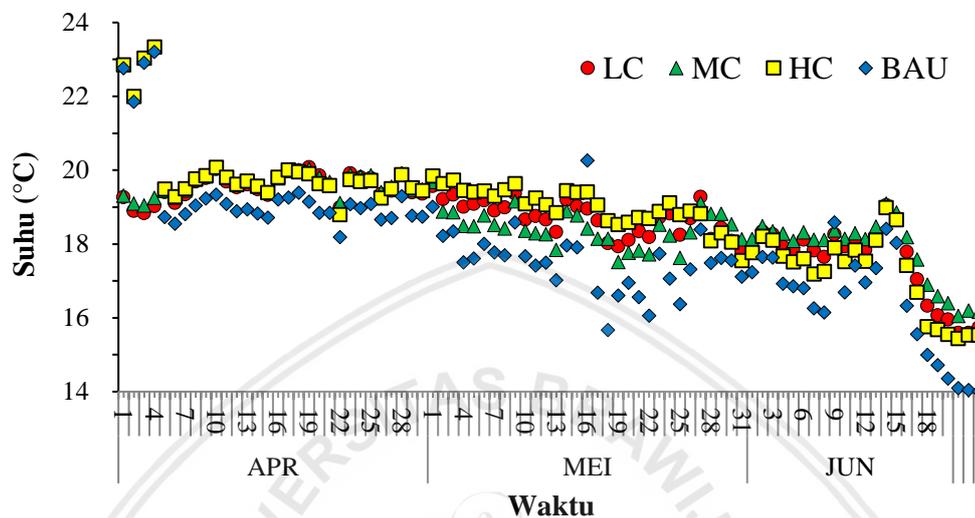
Plot	Suhu Udara (°C)	
	Pagi Hari	Siang Hari
LC	17,1 a	21,8
MC	17,5 b	21,6
HC	17,3 ab	21,8
BAU	17,6 b	20,5

Keterangan : Bilangan didampangi huruf yang sama pada kolom menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Business As Usual*).

Suhu Tanah

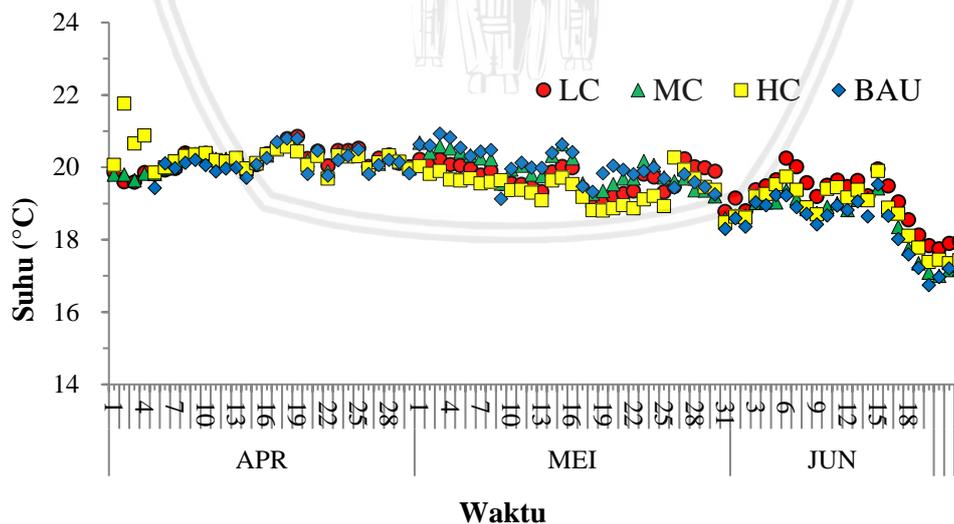
Pengukuran suhu tanah dilakukan dengan menggunakan alat “HOBO” sensor yang ditanam sedalam 10 cm disekitar pohon kopi dan pinus. Pengambilan suhu tanah diambil suhu tanah minimum yaitu pada pukul 06.00-08.00 WIB dan

suhu tanah maksimum pada pukul 12.00-14.00 WIB. Pengukuran suhu tanah pagi hari selama pengambilan sampel pada berbagai plot pengamatan ditunjukkan pada Gambar 9 dan pengukuran suhu tanah siang hari selama pengambilan sampel pada berbagai plot ditunjukkan pada Gambar 10.



Keterangan : LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Business As Usual*).

Gambar 8. Rata-Rata Suhu Tanah Pagi Hari Selama Pengambilan Sampel.
(Sumber : *Research Group Agroforestry Tropik*, 2019)



Keterangan : LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Business As Usual*).

Gambar 9. Rata-Rata Suhu Tanah Siang Hari Selama Pengambilan Sampel.
(Sumber : *Research Group Agroforestry Tropik*, 2019)

Suhu tanah plot pengamatan UB forest pada pagi hari menunjukkan hasil beda nyata (uji DMRT 5%) antar keempat lokasi. Pada lokasi HC memiliki suhu tanah yang paling tinggi (18,75°C) dan suhu tanah terendah yaitu pada plot pengamatan BAU (17,78°C) (suhu tanah BAU < HC). Namun, pada suhu tanah keempat plot pengamatan tidak menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Hasil pengukuran rata-rata suhu tanah pagi dan siang hari ditunjukkan pada Tabel 16.

Tabel 16. Rata-Rata Suhu Tanah Pagi dan Siang

Plot	Suhu Tanah (°C)	
	Pagi Hari	Siang Hari
LC	18.57 b	19.66
MC	18.61 b	19.52
HC	18.75 b	19.48
BAU	17.78 a	19.90

Keterangan : Bilangan didampingi huruf yang sama pada kolom menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Usual*).

4.1.5 Respirasi Tanah

Pengamatan yang dilakukan yaitu respirasi dengan menggunakan sistem respirasi tertutup yaitu dengan menggunakan chamber yang dipasang secara langsung pada lokasi pengamatan. Sistem respirasi tertutup dapat menentukan besarnya kadar CO₂ dari hasil penguapan atau pelepasan karbon dari tanah yang kemudian diikat dengan menggunakan larutan basa KOH. Tabel 17 menunjukkan hasil analisis respirasi yang dilakukan pada bulan April (pengambilan 1), bulan Mei (pengambilan 2) dan bulan Juni (pengambilan 3).

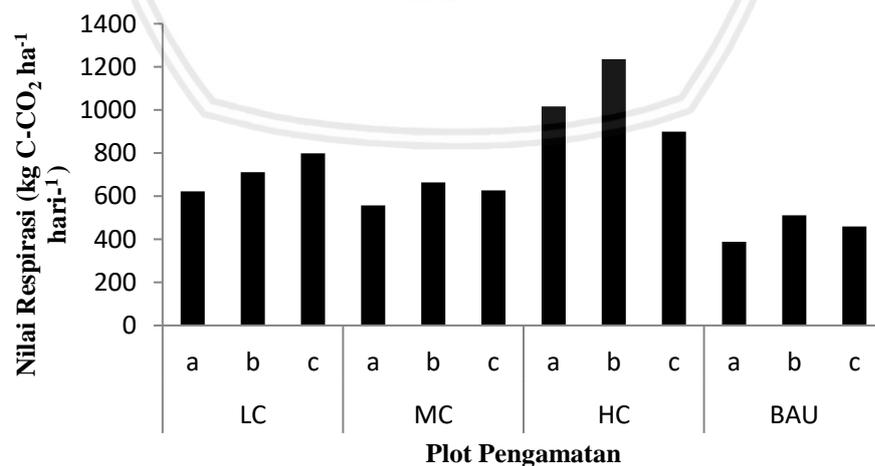
Tabel 17. Hasil Analisis Respirasi

Plot	Jarak	Rata-Rata Respirasi Tanah (kg C-CO ₂ ha ⁻¹ hari ⁻¹)		
		Pengambilan 1	Pengambilan 2	Pengambilan 3
LC	a	622,499 abc	227,813 bc	255,491 abc
	b	711,532 bcd	340,655 d	215,038 ab
	c	799,094 cde	293,282 cd	277,633 bc
MC	a	557,747 abc	228,013 bc	215,377 ab
	b	664,440 bcd	213,080 abc	214,228 ab
	c	626,178 abc	129,226 ab	244,668 abc
HC	a	1015,799 ef	456,800 e	279,703 bc
	b	1235,682 f	685,200 f	269,939 bc
	c	899,664 de	510,997 e	327,373 c
BAU	a	388,027 a	187,92 abc	187,360 ab
	b	511,514 ab	108,584 a	176,182 a
	c	458,819 ab	192,683 abc	196,941 ab

Keterangan : a = jarak 50 cm dari kopi, b = jarak 50 cm dari pinus, c = jarak 100 cm dari kopi dan pinus. Bilangan didampingi huruf yang sama pada kolom menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Ussual*).

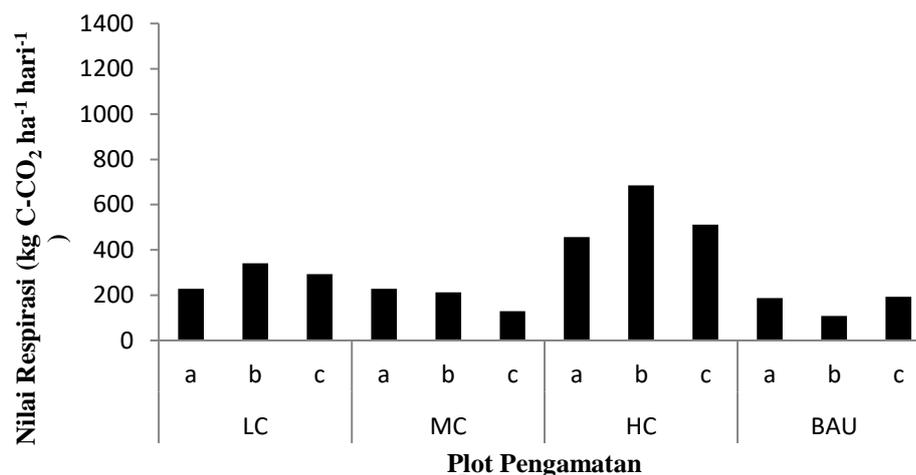
Hasil analisis nilai respirasi yang dilakukan sebanyak 3 kali pengamatan, dimana pengamatan pertama dilakukan pada bulan April, pengamatan kedua pada bulan Mei dan pengamatan ketiga pada bulan Juni. Hasil menunjukkan nilai terendah yaitu pada plot BAU dan nilai respirasi tertinggi terdapat pada plot HC (Tabel 17). Pada pengamatan pertama nilai respirasi plot BAU jarak a = 50 cm dari kopi (388,027 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹) sangat berbeda nyata dengan plot HC jarak a = 50 cm dari kopi (1015,799 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹). Pada pengamatan kedua nilai respirasi tanah plot BAU jarak b = 50 cm dari pinus (108,584 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹) berbeda nyata dengan plot HC jarak b = 50 cm dari pinus (685,200 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹). Hasil nilai respirasi tanah pada pengamatan ketiga plot BAU jarak c = 100 cm dari kopi dan pinus (196,941 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹) berbeda nyata dengan plot HC jarak c = 100 cm dari kopi dan pinus

(327,373 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹). Hal ini menunjukkan bahwa produksi CO₂ tertinggi terdapat pada plot HC, sedangkan yang terendah terdapat pada plot BAU. Tinggi rendahnya nilai respirasi tanah di lahan dapat dipengaruhi oleh adanya masukan seresah yang berdampak pada masukan bahan organik. Menurut Setyawan dkk, (2011), pada hakekatnya respirasi tanah adalah proses mikrobiologis, selain oleh perakaran tanaman. Bahan timbunan yang mengandung cukup kapur atau karbon juga berpotensi untuk teroksidasi dan melepaskan CO₂. Dengan melihat perubahan masukan seresah menjadi bahan organik tanah, laju respirasi tanah dapat ditafsirkan. Namun, untuk pengambilan sampel respirasi berdasarkan perlakuan jarak atau zonasi tidak berbeda jauh hasil yang didapatkan. Hal tersebut mungkin disebabkan karena masukan seresah pada lahan dan pada jarak antar zonasi merata. Masukan seresah yang merata tersebut dapat mempengaruhi suhu tanah yang berada di bawah seresah maka akan mengakibatkan naiknya respirasi tanah. Naiknya suhu udara akan menyebabkan menurunnya kelembapan udara sehingga transpirasi akan meningkat dan untuk mengurangi suhu maka daun harus segera digugurkan (Salisbury, 1992). Hasil pengukuran respirasi pada pengambilan pertama (bulan April) ditunjukkan pada Gambar 11, hasil pengukuran respirasi pada pengambilan kedua (bulan Mei) ditunjukkan pada Gambar 12 dan hasil pengukuran respirasi pada pengambilan ketiga (bulan Juni) ditunjukkan pada Gambar 13.



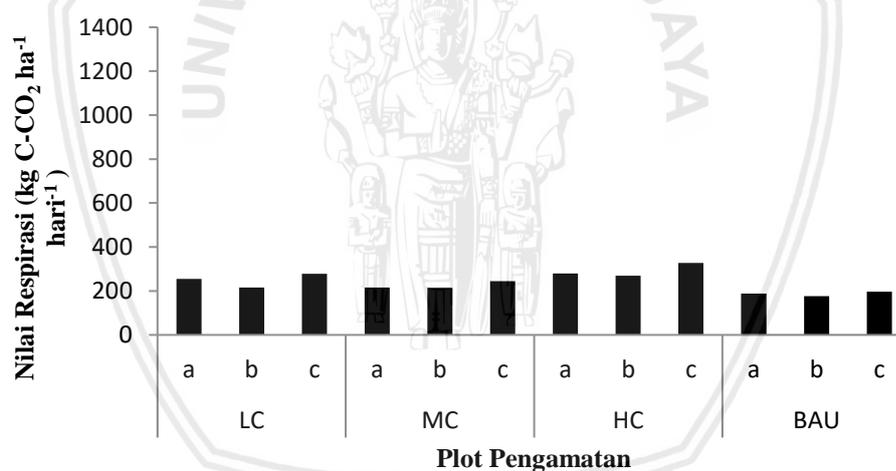
Keterangan : LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Ussual*).

Gambar 10. Rata-Rata Nilai Respirasi Tanah Pada Bulan April



Keterangan : LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Ussual*).

Gambar 11. Rata-Rata Nilai Respirasi Tanah Pada Bulan Mei



Keterangan : LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Ussual*).

Gambar 12. Rata-Rata Nilai Respirasi Tanah Pada Juni

Dari ketiga pengamatan respirasi tanah, hasilnya menunjukkan bahwa mulai dari pengambilan pertama sampai dengan pengambilan ketiga mengalami penurunan respirasi tanah. Pada hasil respirasi tertinggi yaitu pada plot HC, pengambilan pertama pada jarak 50 cm dari kopi sebesar 1015,799 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹, pada pengambilan kedua turun menjadi 456,800 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹ dan

pada pengambilan ketiga nilai respirasi turun menjadi 279,703 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹. Pada hasil pengamatan respirasi plot dengan nilai respirasi terendah yaitu pada plot BAU juga mengalami penurunan nilai respirasi dari pengambilan pertama sampai pengambilan ketiga. Nilai respirasi plot BAU jarak 50 cm dari kopi pada pengambilan pertama sebesar 388,027 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹, pada pengambilan kedua nilai respirasi turun menjadi 187,892 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹ dan pada pengambilan respirasi ketiga nilai respirasi turun menjadi 187,360 kg C-CO₂ ha⁻¹ hari⁻¹. Hal ini sejalan dengan Pangestuning, dkk. (2017), tingginya laju respirasi tanah pada awal penelitian disebabkan oleh adanya bahan organik yang cepat terdekomposisi, semakin lama tanah akan semakin padat sehingga CO₂ yang keluar dari tanah akan semakin menipis.

4.1.6 Kelimpahan Total Bakteri

Pengukuran kelimpahan total bakteri dilakukan untuk mengetahui banyaknya total bakteri pada lahan dengan berbagai manajemen yang berbeda. Hasil dari analisis total bakteri ditunjukkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Hasil Analisis Kelimpahan Total Bakteri

Plot Pengamatan	Jarak	Total Bakteri (CFU/ml)
LC	a	53,5 x 10 ³ a
	b	47 x 10 ³ a
	c	32,5 x 10 ³ a
MC	a	30 x 10 ³ a
	b	48 x 10 ³ a
	c	232,3 x 10 ³ c
HC	a	42,5 x 10 ³ a
	b	37,5 x 10 ³ a
	c	146 x 10 ³ b
BAU	a	31 x 10 ³ a
	b	58 x 10 ³ a
	c	32,5 x 10 ³ a

Keterangan : a = jarak 50 cm dari kopi, b = jarak 50 cm dari pinus, c = jarak 100 cm dari kopi dan pinus. Bilangan didampingi huruf yang sama pada kolom menunjukkan pengamatan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%. LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Ussual*).

Dari hasil analisis laboratorium perhitungan bakteri menunjukkan hasil yang beda nyata. Plot LC c = jarak 100 cm dari pinus dan kopi memiliki nilai terendah (32,5 x 10³ CFU/ml), sedangkan nilai tertinggi pada jarak 100 cm dari

pinus dan kopi yaitu pada plot MC ($233,5 \times 10^3$ CFU/ml). Pada pengambilan jarak $a = 50$ cm dari kopi dan jarak $b = 50$ cm dari pinus tidak menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Nilai total bakteri penggunaan lahan hutan dapat memberikan pengaruh nyata terhadap nilai total bakteri. Hal ini sesuai dengan kandungan bahan organik lahan tersebut. Tingginya populasi mikroorganisme tanah menunjukkan salah satu pertanda tingkat kesuburan suatu tanah. Mikroorganisme dapat tumbuh dan berkembang dengan baik apabila lingkungan tempat tumbuh mikroorganisme tersebut sesuai.

4.2 Pembahasan Umum

Jenis dan jumlah tegakan pohon pada suatu lahan menjadi salah satu faktor yang menentukan besarnya biomasa yang tersimpan dalam tanaman. Jumlah tegakan pohon pada plot pengamatan HC memiliki populasi total sebanyak 722 pohon ha^{-1} dan pada plot pengamatan MC terdapat populasi total 583 pohon ha^{-1} . Biomasa yang terkandung pada tanaman akan mempengaruhi jumlah C dalam tanah. Hasil total biomassa tertinggi yaitu pada plot pengamatan BAU (154,88 ton ha^{-1}). Menurut Langi (2011), biomasa akan terus meningkat sesuai dengan bertambahnya umur, diameter tanaman kemudian akan mengalami penurunan dan berhenti ketika tanaman tidak memproduksi atau mati. Nilai LBD tertinggi yaitu pada plot pengamatan LC (37,31 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) dengan jumlah populasi 671 pohon ha^{-1} dan biomassa pohon sebesar 154,69 ton ha^{-1} . Hal tersebut sesuai dengan Putri dan Wulandari (2015), besarnya diameter batang suatu pohon menyebabkan besarnya nilai biomassa dan C yang tersimpan, begitu juga sebaliknya. Sehingga mempunyai dampak terhadap biomassa dan masukan seresah.

Berdasarkan hasil analisis tekstur tanah, dari keempat plot pengamatan memiliki tekstur tanah yang sama yaitu lempung berdebu. Namun, berat isi dan berat jenis ke empat plot pengamatan berbeda. Menurut Sari dan Sugeng (2019), nilai berat isi yang tinggi juga dapat dikarenakan rendahnya vegetasi penutup pada lahan sehingga butir hujan tinggi berpengaruh pada bobot isi tanah. Plot pengamatan HC memiliki berat isi 1,10 g/cm^3 dan hasil berat isi tanah terendah pada plot BAU senilai 0,53 g/cm^3 . Menurut Rosyidah dan Wirosedarno (2013), berat isi dapat dipengaruhi oleh pengolahan tanah dimana jika pengolahan tanah dilakukan secara benar maka nilai berat isi akan naik, dan begitu juga sebaliknya.

Berat jenis tertinggi terdapat pada plot LC ($2,16 \text{ g/cm}^3$) dan nilai terendah pada plot BAU ($2,02 \text{ g/cm}^3$). Menurut Rosyidah dan Wirosodarmo (2013), perbedaan nilai berat jenis yang tidak besar dapat disebabkan oleh pengaruh bahan induk. Berat jenis tanah dapat dipengaruhi oleh tekstur tanah dimana semakin kasar partikel penyusun tanah maka berat jenis tanah akan semakin rendah. Tekstur pasir secara tidak langsung mempengaruhi kerapatan massa dan kerapatan partikel. Kandungan pasir dan debu yang ditemukan pada fraksi tanah sangat efektif dalam mempengaruhi berat jenis tanah (Askin dan Ozdemir, 2003).

Seresah yang berada di tanah akan mengalami dekomposisi atau perombakan menjadi bahan organik yang sangat penting untuk kualitas suatu lahan. Perombakan seresah menjadi bahan organik juga dipengaruhi oleh suhu tanah dan suhu udara serta tutupan kanopi. Hal tersebut dikarenakan aktivitas mikroorganisme perombak sangat peka terhadap suhu dan intensitas cahaya yang masuk. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara masukan seresah terhadap besarnya respirasi yang dikeluarkan oleh tanah dan kelimpahan total bakteri tanah. Menurut Sismiyaniti *et al.* (2018), bahan organik yang tergolong berkualitas tinggi apabila bahan organik tersebut mengandung kadar lignin rendah dan polifenol rendah yaitu $<15\%$ dan $<4\%$. Nilai polifenol yang rendah ($<4\%$) akan sedikit mengikat N sehingga proses dekomposisi akan berlangsung cepat. Semakin tinggi kadar lignin dan selulosa, semakin lama seresah terdekomposisi. Tabel 19 menunjukkan hasil hubungan antar variabel pengamatan dengan respirasi tanah.

Tabel 19. Hubungan Antara Variabel Pengamatan dengan Respirasi Tanah

Variable	R ²
Masukan seresah	0,686
Suhu tanah	0,507
Suhu udara	0,528
Intensitas Cahaya	0,013
Biomassa pohon	0,063
C-organik	0,054
Bahan organik	0,055
pH Tanah	0,628
Total Bakteri	0.024

Bahan organik dan C-organik juga mempengaruhi besar kecilnya nilai respirasi CO₂ yang dikeluarkan tanah yang berasal dari masukan seresah. Pada

hakekatnya respirasi tanah adalah proses mikrobiologis, selain oleh perakaran tanaman. Menurut Setyawan, *et al.*, (2011), bahan timbunan yang mengandung cukup kapur atau karbon juga potensial untuk teroksidasi dan melepaskan CO₂. Perubahan bahan organik (seresah) menjadi bahan organik tanah, laju respirasi tanah dapat ditafsirkan secara maksimal. Hasil masukan seresah terhadap besarnya respirasi tanah yaitu sebesar $r \text{ tabel} = 0,3728$ ($R^2 = 0,686$). Menurut Qifli *et al.* (2014), C didalam tanah ditentukan oleh c-organik dalam seresah yang dilakukan oleh mikroorganisme dalam mengurai seresah. Hal tersebut menunjukkan bahwa tingginya nilai C seresah mampu meningkatkan nilai respirasi tanah yang dilakukan oleh mikroorganisme.

Hubungan yang terjadi antara respirasi dengan biomassa pohon, c-organik tanah dan bahan organik tanah menunjukkan hasil $< 0,5$ artinya bahwa biomassa pohon, c-organik tanah dan bahan organik tidak berpengaruh terhadap besarnya nilai resprasi. Nilai regresi antara biomassa dan nilai respirasi $R^2 = 0,063$, nilai hubungan antara c-organik dan nilai respirasi yaitu $r \text{ tabel} = -0,1946$ ($R^2 = 0,054$) dan nilai hubungan antara bahan organik $r \text{ tabel} = -0,1946$ ($R^2 = 0,055$) dan nilai hubungan antara respirasi dan pH tanah yaitu $r \text{ tabel} = -0,342$ ($R^2 = 0,628$). Pada penelitian Pangestuning (2017), hasil uji korelasi antara repirasi tanah dengan c-organik tanah, kadar air dan suhu tanah menunjukkan bahwa respirasi tanah tidak adanya hubungan korelasi, sehingga dapat dikatakan bahwa nilai respirasi tidak dipengaruhi oleh c-organik, kadar air tanah dan suhu tanah. Dalam penelitian lain, Irawan dan Tania (2011), nilai korelasi antara bahan organik dan respirasi bernilai negatif berarti hubungan tersebut berbanding terbalik yaitu dengan nilai untuk kanopi terbuka 1 dengan nilai korelasi berturut-turut $-0,0382$, $-0,033$, $0,514$ dan $0,622$, sedangkan pada kanopi terbuka 2 menunjukkan nilai korelasi $-0,044$ dan $0,923$. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai respirasi tidak dipengaruhi oleh kandungan bahan organik tanah.

Faktor lain yang mempengaruhi besarnya nilai respirasi adalah intensitas cahaya. Hasil korelasi antara nilai respirasi dengan intensitas cahaya yaitu $r \text{ tabel} = 0,1303$ ($R^2 = 0,013$), hasil analisis ($< 0,5$) menunjukkan intensitas cahaya tidak berpengaruh terhadap besarnya nilai resprasi. Menurut Sedjarawan *et al.* (2014), kerapatan tegakan akan mempengaruhi cahaya yang masuk ke dalam vegetasi.

Cahaya yang masuk tersebut nantinya dapat mempengaruhi suhu tanah dan suhu udara yang berada dibawah tegakan. Suhu sangat berpengaruh terhadap ekosistem suatu lahan, dimana suhu udara dapat mempengaruhi jatuhnya seresah tumbuhan. Naiknya suhu udara akan menyebabkan menurunnya kelembaban udara sehingga transpirasi akan meningkat dan untuk mengurangi suhu maka daun harus segera digugurkan (Salisbury, 1992). Nilai hubungan antara respirasi dengan suhu tanah yaitu $r \text{ tabel} = 0,7941$ ($R^2 = 0,507$) dan nilai hubungan respirasi dengan suhu udara yaitu $r \text{ tabel} = 0,7175$ ($R^2 = 0,528$). Hal tersebut menyatakan bahwa besarnya nilai respirasi dipengaruhi oleh suhu tanah dan suhu udara.

Seresah yang masuk akan menyumbang bahan organik untuk tanah dan mempengaruhi suhu tanah, dimana kualitas seresah akan menentukan proses dekomposisi seresah untuk mengubahnya. Selain kualitas, dekomposisi seresah juga di pengaruhi oleh suhu. Menurut Thaiutsa (1979) dalam Kurniasari (2009), pada suhu tanah sedang (30°C) dan kelembapan rata-rata 60-80%, laju dekomposisi bahan organik mencapai tingkat tertinggi. Apabila seresah cepat terdekomposisi maka bahan organik yang tersedia akan semakin banyak. Dengan demikian makanan bagi mikroorganisme dapat terpenuhi sehingga aktivitas mikroorganisme tanah untuk respirasi tanah akan semakin besar. Korelasi positif hasil analisis menunjukkan bahwa besarnya emisi CO_2 tanah berbanding lurus terhadap suhu tanah dan suhu udara. Hal ini sesuai dengan pengamatan (Lessard *et al.*, 1994; Nakada *et al.*, 1996 diacu dalam Taufik M, 2003), emisi CO_2 dalam tanah berkorelasi positif terhadap suhu tanah dan suhu permukaan tanah.

Bahan organik di dalam tanah merupakan sumber karbon utama yang menghasilkan CO_2 dan senyawa-senyawa organik yang dimanfaatkan oleh mikroorganisme tanah sebagai nutrisi untuk pertumbuhan, sehingga dapat meningkatkan populasi mikroorganisme tanah. Menurut Barchia *et al.*, (2007), perubahan sifat akibat perubahan tipe vegetasi penutup tanah secara langsung berpengaruh terhadap distribusi bahan organik tanah. Pengelolaan tanah yang intensif pada suatu lahan akan menyebabkan makin rendahnya kandungan bahan organik tanah. Aktivitas mikroorganisme tanah perombak akan menghasilkan CO_2 yang nantinya akan menghasilkan respirasi untuk tanah. Pada penelitian ini hubungan antara jumlah total bakteri dengan besarnya nilai respirasi yaitu $r \text{ tabel}$

= -0,2614 ($R^2 = 0.024$). Hal tersebut menunjukkan hasil $< 0,5$ artinya bahwa jumlah total bakteri tidak berpengaruh terhadap besarnya nilai respirasi. Namun besarnya nilai respirasi tanah tidak hanya ditentukan oleh banyaknya jumlah bakteri tanah. Hal tersebut sejalan dengan Kuzyakov (2006), laju respirasi tanah tidak hanya dilakukan oleh bakteri saja, tetapi juga dilakukan oleh organisme lainya yang berada didalam tanah seperti fungi, fauna tanah dan dipengaruhi oleh kontribusi akar.

Berdasarkan semua variabel pengamatan yang telah diambil untuk mengetahui pengaruh terhadap nilai respirasi maka dilanjutkan dengan analisis regresi berganda. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh semua variabel pengamatan terhadap nilai respirasi tanah secara bersamaan. Hasil analisis didapatkan $y = -2980,290 + 0,1666 X_1 + 74,079 X_2 + 246,914 X_3 - 0,075 X_4 - 38,133 X_5 - 460,910 X_6 + 0,00 X_7$ dengan nilai $R^2 = 88,5\%$ yang artinya nilai masukan seresah, suhu tanah, suhu udara, intensitas cahaya, biomassa pohon, bahan organik tanah, pH tanah dan total bakteri dapat meningkatkan nilai respirasi sebesar 88,5% dan 11,5% dipengaruhi oleh variabel yang lain. Agroforestri kopi pada plot pengamatan termasuk kedalam ekosistem alami dengan sedikit pengolahan lahan. Bahan organik yang tersedia pada lahan diketahui dari nilai masukan seresah. Kondisi tersebut menyebabkan adanya dekomposisi bahan organik tanah oleh mikroba meningkat dan memacu kenaikan respirasi tanah. Namun apabila agroforestri sebagai ekosistem alami dibandingkan dengan lahan pertanian, maka lahan pertanian melepaskan CO_2 relatif lebih tinggi. Sesuai dengan penelitian Jensen *et al.*, (2003), yang menunjukkan bahwa pada lahan pertanian aliran gas CO_2 sekitar $1,8-25,9 \text{ gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ sedangkan pada lahan semak sekitar $1,2-7,8 \text{ gC.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$. Ketika hutan alami dibuka untuk penggunaan lahan tertentu maka akan terjadi perubahan drastis pada ekosistem. Selain hilangnya biomassa tanaman juga sinar matahari secara langsung mengenai tanah dapat mempengaruhi suhu dan lengas sehingga respirasi heterotrof tanah semakin tinggi (Hooijer, *et al.*, 2010).

Kandungan bahan organik yang tinggi mengindikasikan laju dekomposisi lambat yang berarti emisi CO_2 tanah rendah, sebaliknya bahan organik rendah dengan laju dekomposisi semakin tinggi maka emisi CO_2 tanah akan meningkat

(Nusantara,*et al.*,2014). Selain itu, juga terdapat hubungan antara pH tanah dan nilai respirasi tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan pH tanah diikuti dengan peningkatan nilai respirasi. Menurut Luo dan Zhou (2006), pH tanah mengatur reaksi kimia dan enzim pada mikroorganisme. Kenaikan pH secara nyata mempengaruhi respirasi karena pH tanah akan mempengaruhi aktivitas mikroorganisme tanah. Menurut Srikandi (1992), sebagian besar bakteri akan tumbuh optimal pada pH sekitar 6,5-7,5 dan pada pH dibawah 5 dan diatas 8,5 sebagian besar bakteri tidak mampu tumbuh kecuali bakteri asam asetat dan bakteri oksidasi sulfur.



IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Hasil tiga kali pengamatan respirasi berdasarkan perbedaan manajemen agroforestri kopi yaitu pada plot pengamatan BAU memiliki nilai respirasi terendah dan plot HC memiliki nilai respirasi tertinggi. Pengamatan pertama plot BAU jarak a ($388,027 \text{ kg C-CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ hari}^{-1}$) sangat berbeda nyata dengan plot HC jarak a ($1015,799 \text{ kg C-CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ hari}^{-1}$), pengamatan kedua plot BAU jarak b ($108,584 \text{ kg C-CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ hari}^{-1}$) berbeda nyata dengan plot HC jarak b ($685,200 \text{ kg C-CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ hari}^{-1}$) dan pengamatan ketiga plot BAU jarak c ($196,941 \text{ kg C-CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ hari}^{-1}$) berbeda nyata dengan plot HC jarak c ($327,373 \text{ kg C-CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ hari}^{-1}$).
2. Korelasi antara respirasi dan jumlah bakteri yaitu $r \text{ tabel} = -0,2614$ ($R^2 = 0,024$) yang menunjukkan tidak adanya hubungan. Parameter yang sangat mempengaruhi besarnya nilai respirasi yaitu masukan seresah. Besarnya nilai respirasi dapat dipengaruhi oleh masukan seresah yang akan terdekomposisi menjadi bahan organik tanah dan besarnya laju respirasi awal dapat dipengaruhi adanya bahan organik yang cepat terdekomposisi. Hasil masukan seresah terhadap besarnya respirasi tanah yaitu sebesar $r \text{ tabel} = 0,3728$ ($R^2 = 0,686$).

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka perlu adanya manajemen agroforestri yang tepat pada lahan UB forest untuk dapat menekan emisi lingkungan akibat alih fungsi lahan serta perlu adanya penelitian laju respirasi lebih lanjut pada musim kemarau dan musim penghujan secara total.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. dan I.G. Subiksa. 2008. Lahan gambut: potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan. Balai Penelitian Tanah. Badan Litbang Pertanian. *World Agroforestry Centre*. Bogor.
- Amelia, T. 2006. Pendugaan Produktivitas Seresah Selama Musim Hujan pada Tegakan *Hopea bencana* dan *Shorea balangeran* di Hutan Penelitian Darmaga Bogor, Jawa Barat. *Skripsi* Dept. Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Anderson, J. P.E. 1982. *Soil Respiration* p.831-871 In. A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Kenney (eds). *Methods of Soil Analysis. Part. 2 Chemical and Microbiological properties. Second edition* Madison. Wisconsin, USA
- Askin, T and N. Ozdemir. 2003. Soil Bulk Density as Related to Soil Particle Size Distribution and Organic Matter Content. *Original Scientific Paper*. p1-4.
- Atmaja, I W. D. 2017. Kajian Sifat Biologi Tanah Pada Beberapa Tipe Penggunaan Lahan. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Udayana
- Baharuddin, A.S., Wakasika, M., Shirai, Y., Abd-Aziz, S., Abdul Rahman, A.N dan M.A. Hassan. 2009. Co-Composting Of Empty Fruit Bunches and Partially Treated Palm Oil Mill Effluents in Pilot Scale. *International Journal Of Agricultural Research* 4:2:69-78.
- Barchia, F., A. Nugroho dan P. Prawito. 2007. Bahan Organik dan Respirasi di Bawah Beberapa Tegakan pada Das Musi Bagian Hulu. *Jurnal Akta Agrosia Edisi Khusus*.
- Campbell, N.A, J.B. Reece and L.G. Mitchell. 2003. *Biologi*. Alih Bahasa : L. Rahayu, E.I.M Adil, N. Anita, Andri, W.F Wibowo dan W. Manalu. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Cook, FJ dan Orchard VA. 2008. Relationships between soil respiration and soil moisture. *Soil Biology & Biochemistry* 40: 1013–1018
- Da'dun, U. M. 2001. Analisis Enzim Fosdomoesterase Tanah si Berbagai Tingkat Kebakaran Hutan Taman Nasional Bukit Bangkirai Kalimantan Timur. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Dapartemen Pertanian. 2007. Metode Analisis Biologi Tanah. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor
- Edwin, M. 2016. Penilaian Stok C Tanah Organik Pada Beberapa Tipe Penggunaan Lahan di Kutai Timur, Kalimantan Timur. *Jurnal Agrifor* 17 (2) : .279-288
- Goulden, M.L., J.W. Munger, S.M. Fan, B.C. Daube, and S.C. Wofsy. 1996. Exchange Of Carbon Dioxide By A Deciduous Forest: Response To Interannual Climate Variability. *Science* 271: 1576–1578.
- Hairiah, K. dan S. Ashari. 2013. Pertanian Masa Depan: Agroforestri, Manfaat, dan Layanan Lingkungan. *Dalam Prosiding Seminar Nasional Agroforestri* 2013. Malang 21 Mei 2013. Hlm 23-35.
- Hooijer, A., S. E. Page, J.G. Canadell, M. Silvius, J. Kwadijk, H. Woosten, and J. Jauhianen. 2010. Current and Future CO₂ Emissions form Drained Peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences*. 7:1505-1514.
- Indriani, Y. H. 2007. Membuat Kompos Secara Kilat. Penebar Swadaya. Jakarta
- Irawan, A. dan T. June. 2011. Hubungan Iklim Mikro dan Bahan Organik Tanah dengan Emisi CO₂ Dari Permukaan Tanah di Hutan Alam Babahaleka

- Taman Nasional Lore Lindu, Sulawesi Tengah. *Jurnal Agroment* 25 (1) : 1-8
- Jauhiainen, J., A. Hooijer and S. E. Page. 2012. Carbon Dioxide Emissions from an Acacia Plantation on Peatland in Sumatera, Indonesia. *Biogeoscience*, (9): 617-630.
- Jensen, K.D., C. Beier, A. Michelsen and B.A. Emmett. 2003. Effects of Experimental Drought on Microbial Processes in Two Temperate Heathlands at Contrasting Water Conditions. *Appl. Soil Ecol.*, 24:165-176.
- Kusyakov, Y. 2006. Sources of CO₂ efflux from soil and review of partitioning methods. *Soil Biol. Biochem.* 38 : 425-448.
- Langi, YAR. 2011. Model Pendugaan Biomassa dan C pada Tegakan Hutan Rakyat Cempaka (*Elmerrilli ovalis*) dan Wasian (*Elmerrillia celebica*) di Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor
- Luo, Y. and Zhuo, X., 2006. Soil Respiration and The Environment. Academic Press, Amsterdam.
- Mande, A. 2009. Degradasi C Akibat Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Kakao di DAS Nopu, Sulawesi Tengah, Palu: *J. Agroland*. 16 (2): p. 110-117.
- Maysaroh. 2011. Hubungan Kualitas Bahan Organik Tanah dan Laju Respirasi Tanah di Beberapa Lahan Budidaya. *Skripsi*. Bogor (ID): IPB.
- Mindawati, N., A. Indrawan., I. Mansur dan O. Rusdiana. 2010. Analisis Sifat-Sifat Tanah di Bawah Tegakan *Eucalyptus urograndis*. *J. Tekno Hutan Tanaman*. Vol 03 No. 1. p. 13-22
- Nasution, N. A. P., S. Yusnaini, A. Niswati dan Dermiyati. 2015. Respirasi Tanah Pada Sebagian Lokasi di Hutan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS). *J. Agrotek Tropika*. Vol 3. No. 3: 427-433.
- Nusantara, R. W., Sudarmadji, T. S. Djohan dan E. Haryono. 2014. Emisi CO₂ Tanah Akibat Alih Fungsi Lahan Hutan Rawa Gambut di Kalimantan Barat. *J. Manusia dan Lingkungan*. Vol. 21 No. 3 : 268-276.
- Pamujiningtyas, D. C. 2009. Studi Kualitas Tanah Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Wilayah Desa Ngadipiro Kecamatan Nguntoronadi, Wonogiri. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret
- Pangestuning, E., S. Yusnaini, A. Niswati dan H. Buchori. 2017. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Aplikasi Herbisida Terhadap Respirasi Tanah Pada Lahan Pertanaman (*Zea mays*) Musim Tanam Ke Tiga. *Jurnal Agrotek Tropika*. Vo. 5, no. 2: 113-118
- Pusat Penelitian Tanah, 1983. Kriteria Penilaian Data Sifat Analisis Kimia Tanah. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor
- Putri, A.H.M., dan C. Wulandari. 2015 Potensi Penyerapan C pada Tegakan Damar Mata Kucing (*Shorea javanica*) di Pekong Gunung Kemala Krui Lampung Barat. *Sylva Lestari*. Vol. 3(2): p. 13-20
- Qifli, A.K.M., K. Hairiah dan S. Didik. 2014. Studi Nitrifikasi Tanah Dengan Penambahan Seresah Asal Hutan Alami dan Agroforestri Kopi. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. Vol. 1 (2): p.15-24
- Qur'ani, Z. 2018. Pengaruh Penggunaan Lahan dan Umur Tanaman Terhadap Respirasi Tanah di UB Forest, Karangploso, Kabupaten Malang. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya

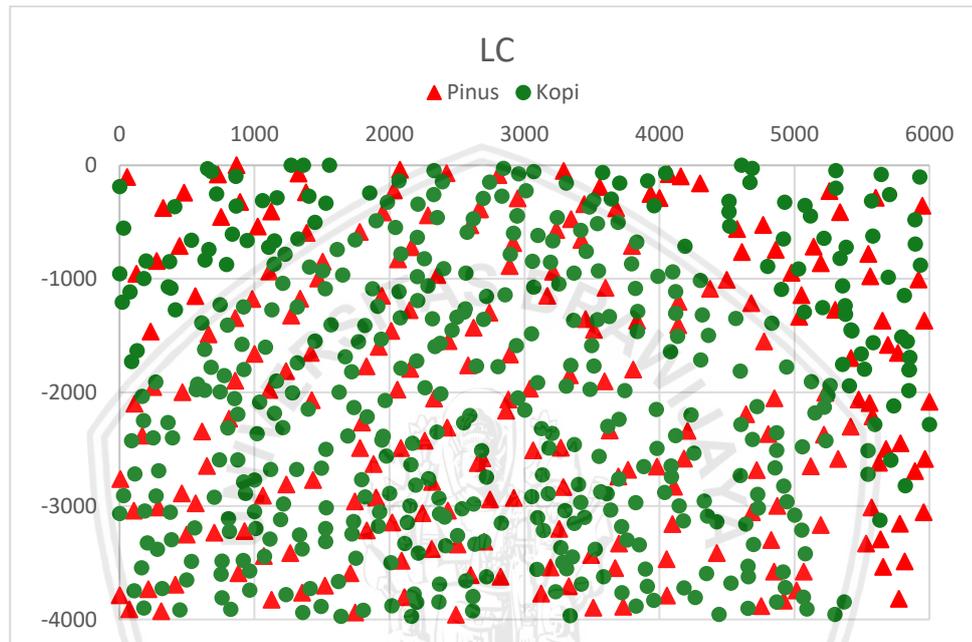
- Rosyidah, E. dan R. Wirosodarmo. 2013. Pengaruh Sifat Fisik Tanah Pada Konduktivitas Hidrolik Jenuh di 5 Penggunaan Lahan (Studi Kasus di Kelurahan Sumbersari Malang). *Jurnal Agritech*. Vol.. 33(3): 340-345.
- Rusman, S., B. Sabrina, T. Lumbanraja, J. W. Utomo dan Muhajir. 2016. *Dasar-dasar Ilmu tanah*. Diktat kuliah Dasar-dasar Ilmu tanah. Departemen Ilmu tanah. IPB, Bogo
- Salisbury, F. 1992. *Fisiologi Tumbuhan*. Jilid 3. ITB Press. Bandung.
- Sari, I. L. dan S. Priyono. 2019. Infiltrasi dan Simpanan Air Pada Jenis Naungan yang Berbeda di Lahan Kopi Desa Amadanom Kecamatan Dampit Kabupaten Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. Vol. 6 No. 1 : 1183-1192.
- Sedjarawan W, Akhbar dan I. Arianingsih. 2014. Biomassa dan karbon pohon di atas permukaan tanah di tepi jalan Taman Nasional Lore Lindu (Studi Kasus Desa Sedoa Kecamatan Lore Utara Kabupaten Poso). *Warta Rimba*. 2(2):105–111.
- Setyawan, D., R. Gilkes and D. Tongway. 2011. Nutrient cycling index in relation to organic matter and soil respiration of rehabilitated mine sites in Kelian, East Kalimantan. *Journal Tropical Soil* 11(3): 209-214
- Sismiyanti, H. dan Yulnafatmawita. 2018. Klasifikasi Beberapa Sumber Bahan Organik dan Optimalisasi Pemanfaatannya Sebagai Biochar. *J. Solum* 17 (1): p.8-16
- Srikandi, F. (1992). *Mikrobiologi Pangan*. Jakarta: Gramedia.
- Taufik, M. 2003. Fluks CH₄, CO₂, dan N₂ dari Permukaan tanah pada Berbagai Tipe Penggunaan lahan di Sulawesi tengah. *Skripsi*. Departemen Geofisika dan Meteorologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Tongway, D., N. Hindley, and B. Seaborn. 2003. *Indicators Of Ecosystem Rehabilitation Success. Stage two - verification of EFA indicators*. Canberra: CSIRO Sustainable Ecosystems.
- Yulipriyanto, H. 2010. *Biologi Tanah dan Strategi Pengelolaannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

LAMPIRAN

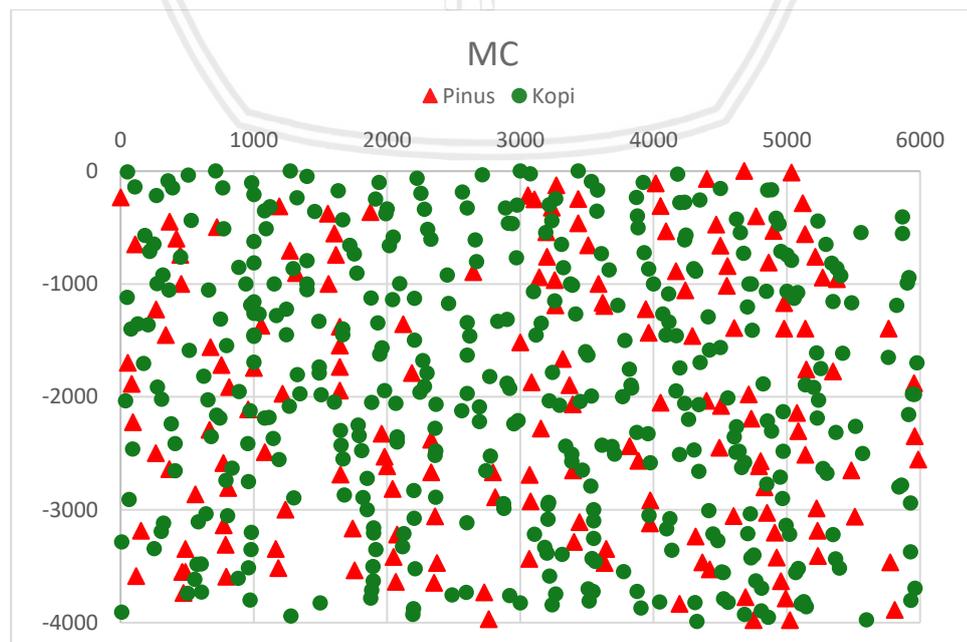
Lampiran 1. Data Karakterisasi Lahan

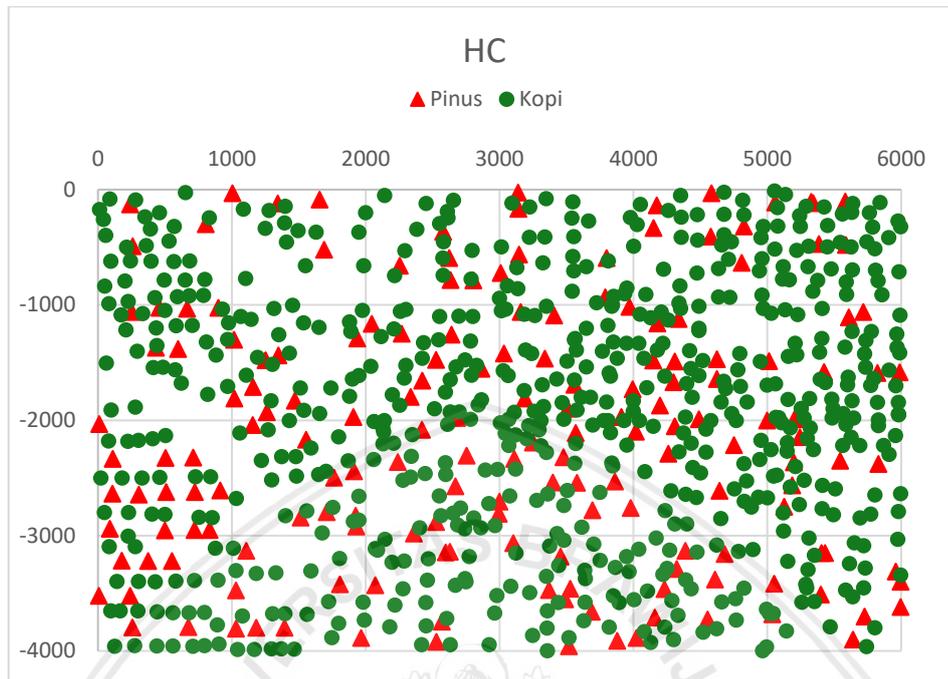
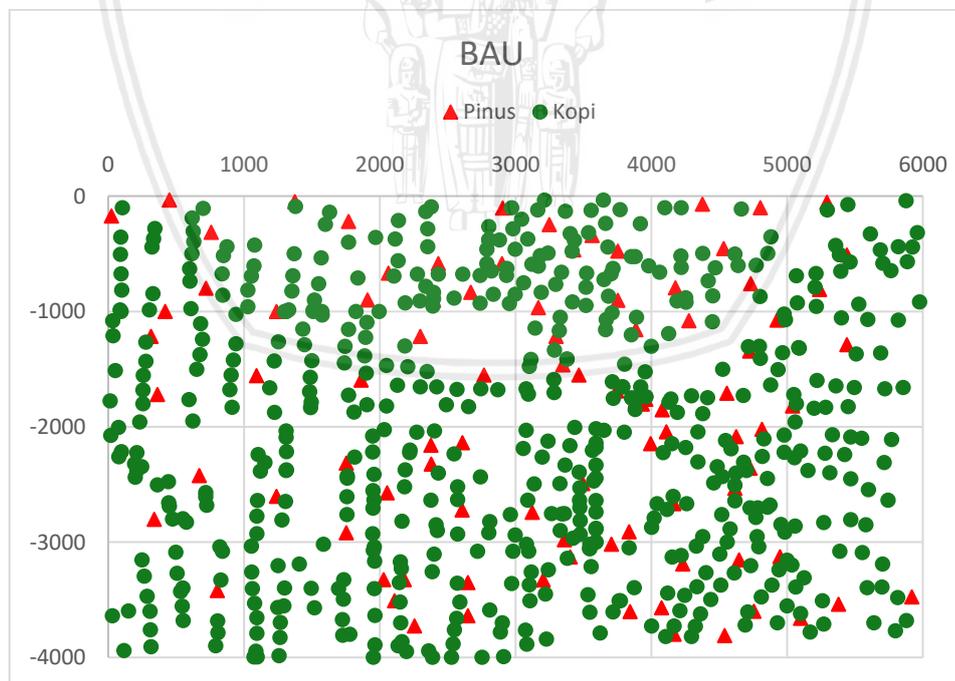
Data karakterisasi lahan yaitu meliputi jumlah populasi pinus dan kopi, jarak antar tanaman dan posisi tanaman dalam plot pengamatan

a. Plot Pengamatan LC (*Low Management and Canopy*)



b. Plot Pengamatan MC (*Medium Management and Canopy*)



c. Plot Pengamatan HC (*High Management and Canopy*)d. Plot Pengamatan BAU (*Bussines As Ussual*)

Lampiran 2. Analisa Dasar

a. Analisa Fisika

Plot Pengamatan	% Pasir	% Debu	% Liat	Tekstur Tanah	FKA (%)	BI Tanah (g/cm ³)	BJ Tanah (g/cm ³)
LC	16	65	19	Lempung Berdebu	1.16	0,73	2,16
MC	23	62	15	Lembung Berdebu	1.22	0,93	2,13
HC	25	57	18	Lempung Berdebu	1.24	1,10	2,05
BAU	11	71	17	Lempung Berdebu	1.20	0,53	2,02

Keterangan : LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Usual*), BI = Berat Isi, BJ = Berat Jenis, FKA = Faktor Kadar Air

b. Analisa Biologi

Plot Pengamatan	Lignin		Polifenol (%)
	Nilai ADF (%)	Nilai ADL (%)	
Pinus	57,76	32,86	9,25
Pinus Kopi	57,73	30,66	8,03
Kopi	55,41	26,89	13,80
Kayu	13,75	35,87	1,45

Keterangan : ADF = Serat Detergen Asam, ADL = Lignin Detergen Asam

c. Analisa Kimia

Plot Pengamatan	Berat (g)	ml Blanko	ml Sampel	KA (%)	C-organik (%)	Bahan Organik (%)	pH
LC	0,256	7	4,4	1.16	4,96	8,59	5,08
MC	0,253	7	4,8	1.22	4,53	7,84	5,02
HC	0,255	7	4,6	1.24	4,92	8,51	4,98
BAU	0,257	7	3,7	1.20	6,53	11,30	5,16

Keterangan : LC (*Low Management and Canopy*), MC (*Medium Management and Canopy*), HC (*High Management and Canopy*), dan BAU (*Bussines As Usual*), KA = Kadar Air.



Lampiran 3. Tabel ANOVA Variabel Pengamatan

a. ANOVA Tutupan Kanopi Atas

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel		
					5 %	1%	
Kelompok	4	10.78	2.69	1.59	ns	3.26	5.41
Perlakuan	3	37.51	12.50	7.36	**	3.49	5.95
Galat	12	20.37	1.7				
Total	19	68.66		KK =		1.96	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; ** = sangat berpengaruh

b. ANOVA Tutupan Kanopi Bawah

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel		
					5 %	1%	
Kelompok	4	4.84	1.21	0.7	ns	3.26	5.41
Perlakuan	3	352.08	117.36	67.8	**	3.49	5.95
Galat	12	20.77	1.73				
Total	19	377.71		KK =		1.86	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; ** = sangat berpengaruh

c. ANOVA Intensitas Cahaya

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel		
					5 %	1%	
Kelompok	2	4541126.8	2270563	2.79	ns	5.14	10.92
Perlakuan	3	19215108	6405036	7.87	*	4.76	9.78
Galat	6	4882538.86	813756.5				
Total	11	28638773.7		KK =		34.05	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh

d. ANOVA Berat Isi Tanah

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel		
					5 %	1%	
Kelompok	1	0.097	0.1	13.76	*	10.13	34.12
Perlakuan	3	0.36	0.12	16.95	*	9.28	29.46
Galat	3	0.02	0.01				

Total	7	0.47	KK =	10.23
-------	---	------	------	-------

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh

e. ANOVA Berat Jenis Tanah

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5 %	1%
Kelompok	1	0.0018	0.0018	0.12	ns	10.13	34.17
Perlakuan	3	0.023	0.008	0.53	ns	9.28	29.46
Galat	3	0.045	0.015				
Total	7	0.07		KK =		5.86	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata.

f. ANOVA Berat Kering Seresah *In Situ* Pinus

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Kelompok	3	32224.3	10741.43	3.57	*	2.89	4.44
Perlakuan:	11	797321.9					
A	3	749288	249762.7	82.99	**	2.89	4.44
B	2	21873.21	10936.61	3.63	*	3.28	5.31
AxB	6	26160.69	4360.11	1.45	ns	2.39	3.4
Galat	33	99318.82	3009.661				
Total	47	928865		KK =		20.81	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh; ** = sangat berpengaruh.

g. ANOVA Berat Kering Seresah *In Situ* Kopi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Kelompok	3	99.29	33.097	0.21	ns	2.89	4.44
Perlakuan:	11	2486.84					
A	3	1359.25	453.08	2.9	*	2.89	4.44
B	2	262.63	131.31	0.84	ns	3.28	5.31
AxB	6	864.96	144.16	0.92	ns	2.39	3.41
Galat	33	5149.59	156.05				
Total	47	7735.72		KK =		86.44	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh

h. ANOVA Berat Kering Seseher *In Situ* Batang

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Kelompok	3	4952.6	1650.87	0.71	ns	2.89	4.44
Perlakuan:	11	49444.35					
A	3	33485.69	11161.9	4.81	**	2.89	4.46
B	2	6465.13	3232.56	1.39	ns	3.28	5.31
AxB	6	9493.54	1582.26	0.68	ns	2.39	3.4
Galat	33	76614.6	2321.65				
Total	47	131011.6			KK =	69.101	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh

i. ANOVA C-Organik

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5 %	1%
Kelompok	2	0.004	0.002	0.02	ns	5.14	10.92
Perlakuan	3	7.027	2.34	21.34	**	4.76	9.78
Galat	6	0.66	0.11				
Total	11	7.69			KK =	6.33	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; ** = sangat berpengaruh

j. ANOVA Bahan Organik

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5 %	1%
Kelompok	2	0.013	0.007	0.02	ns	5.14	10.92
Perlakuan	3	21.008	7.003	21.35	**	4.76	9.8
Galat	6	1.97	0.33				
Total	11	22.99			KK =	6.32	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; ** = sangat berpengaruh

k. ANOVA Suhu Udara Pagi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5 %	1%
Kelompok	2	17.64	8.82	445.89	**	5.14	10.92
Perlakuan	3	0.47	0.16	7.87	*	4.76	9.78
Galat	6	0.12	0.02				

Total	11	18.23		KK =	0.81
-------	----	-------	--	------	------

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, * = berpengaruh; ** = sangat berpengaruh

l. ANOVA Suhu Udara Siang

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5 %	1%
Kelompok	2	1.33	0.66	0.92	ns	5.14	10.92
Perlakuan	3	3.63	1.21	1.69	ns	4.77	9.78
Galat	6	4.31	0.72				
Total	11	9.27		KK =		3.96	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata

m. ANOVA Suhu Tanah Pagi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5 %	1%
Kelompok	2	11.96	5.98	44.92	**	5.14	10.92
Perlakuan	3	1.71	0.57	4.27	ns	4.76	9.78
Galat	6	0.8	0.13				
Total	11	14.47		KK =		1.98	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; ** = sangat berpengaruh

n. ANOVA Suhu Tanah Siang

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5 %	1%
Kelompok	2	6.62	3.31	17.01	**	5.14	10.92
Perlakuan	3	0.32	0.12	0.58	ns	4.76	9.78
Galat	6	1.17	0.19				
Total	11	8.12		KK =		2.28	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; ** = sangat berpengaruh

o. ANOVA Respirasi Pengamatan Pertama

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Kelompok	2	34059.30	17029.65	0.96	ns	3.44	5.72
Perlakuan:	11	1979375.46					
A	3	1717283.01	572427.67	32.15	**	3.05	4.82
B	2	111425.28	55712.64	3.13	ns	3.44	5.72
AxB	6	150667.17	25111.19	1.41	ns	2.55	3.76
Galat	22	391655.71	17802.53				
Total	35	2405090.475			KK =	18.86%	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; ** = sangat berpengaruh

p. Respirasi Pengamatan Kedua

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Kelompok	2	1012.95	506.48	0.15	ns	3.44	5.72
Perlakuan:	11	980893.72					
A	3	845780.84	281926.95	84.01	**	3.05	4.82
B	2	27663.77	13831.89	4.12	*	3.44	5.72
AxB	6	107449.11	17908.18	5.34	**	2.55	3.76
Galat	22	73825.61	3355.71				
Total	35	1055732.28			KK =	19.45%	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; * = berpengaruh; ** = sangat berpengaruh

q. Respirasi Pengamatan Ketiga

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Kelompok	2	1207.42	603.71	0.27	ns	3.44	5.72
Perlakuan:	11	67027.67					
A	3	52882.81	17627.60	7.83	**	3.05	4.82
B	2	11260.74	5630.37	2.50	ns	3.44	5.72
AxB	6	2884.11	480.69	0.21	ns	2.55	3.76
Galat	22	49501.67	2250.08				
Total	35	117736.75			KK =	19.90%	

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; ** = sangat berpengaruh

r. ANOVA Kelimpahan Total Bakteri

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5%	1%	
Kelompok	1	522666666	522666666	3.06	ns	4.84	9.65	0.108
Perlakuan:	11	81930333333.33						
A	3	15377666666	5125888888	30.02	**	3.59	6.22	0.000
B	2	25078083333	12539041666	73.43	**	3.98	7.21	0.000
AxB	6	41474583333	6912430555	40.48	**	3.09	5.07	0.000
Galat	11	1878333333	170757575					
Total	23	84331333333				KK = 19.75%		

Keterangan : db = derajat bebas, JK = Jumlah Kuadran, KT = Kuadran Tengah, KK = Koefisien Keragaman, ns = tidak berpengaruh nyata; ** = sangat berpengaruh



Lampiran 4. Matriks Korelasi dan Regresi Berganda Antara Variabel Penelitian

a. Hubungan respirasi dengan variabel pengamatan

	Respirasi	Seresah	Jumlah bakteri	C-organik	Bahan Organik	pH Tanah	Suhu Udara	Suhu Tanah	Intensitas Cahaya
Respirasi	-								
Seresah	0,4095	-							
Jumlah Bakteri	-0,2614	-0,0152	-						
C-organik	-0,1946	-0,4427	-0,4208	-					
Bahan Organik	-0,1946	-0,4427	-4,208	1	-				
pH Tanah	-0,342	-0,3532	-0,0925	0,2135	0,2135	-			
Suhu Udara	0,7941	0,1190	-0,3878	-0,1843	-0,1843	-0,0423	-		
Suhu Tanah	0,7175	0,0264	-0,4165	-0,1022	-0,1022	0,0645	0,8187	-	
Intensitas Cahaya	0,1303	-0,0610	0,0143	-0,6414	-0,6414	-0,1224	0,4565	0,3056	-

b. Regresi Berganda Antar Variabel terhadap Nilai Respirasi

$$R^2 = 88,5 \%$$

$$y = -2980,290 + 0,1666 X_1 + 74,079 X_2 + 246,914 X_3 - 0,075 X_4 - 38,133 X_5 - 460,910 X_6 + 0,00 X_7$$

Lampiran 5. Metode Penetapan Kadar Lignin dan Polifenol

1. Penetapan Kadar Lignin

Penetapan kadar lignin dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Adapun langkahnya ialah dengan mempersiapkan alat dan bahan untuk membuat pereaksi sebagai berikut :

a. *Acid detergent solution*

Bahan yang dibutuhkan ialah sebanyak 8 g CTAB (*cetyltrimethyl ammonium bromide*) dilarutkan dalam 400 ml H₂SO₄ 0,5 M (28 ml H₂SO₄ pekat dilarutkan dengan aquades hingga volume mencapai 1000 ml)

b. *Antifoam solution*

Bahan yang diperlukan ialah sebanyak 2,5 ml *silicon antifoam* 30% (30 ml *silicon antifoam* pekat yang dilarutkan dalam 100 ml aquades).

c. H₂SO₄ 72%

Melarutkan sebanyak 720 ml H₂SO₄ ke dalam aquades hingga mencapai 1000 ml.

Menimbang 0,5 g sampel tanaman (W1) dan ditambahkan 25 ml *acid detergent solution* dan 1 ml *antifoam solution* ke dalam 250 ml menggunakan botol volumetric, kemudian dipanaskan dengan suhu 150 °C selama 1 jam. Setelah larutan mendidih, turunkan suhu dan goyang-goyang untuk beberapa saat. Kemudian saring larutan dalam *filter glass crucible* (W2) dan cuci dengan *acetone* 1 kali dan kemudian menggunakan air panas hingga tidak berwarna. Crucible beserta isinya di oven pada suhu 150 °C selama 24 jam. Setelah dioven, didinginkan ke dalam desikator kemudian timbang (W3). Crucible beserta isinya pindahkan ke dalam gelas beker dan tambahkan H₂SO₄ 72% secukupnya sampai setengah dari volume crucible dan kemudian didiamkan selama 3-4 jam. Membilas dengan menggunakan *vacuum pump*, setelah bersih dibilas menggunakan air panas hingga tidak asam (tidak berwarna dan tidak berbuih). Kemudian crucible beserta isinya dioven pada suhu 105 °C selama 24 jam, dinginkan dan timbang (W4). Sedangkan isinya diabukan pada suhu 500 °C selama 4-5 jam kemudian di dinginkan dan timbang (W5). Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

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

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

2. Penetapan Kadar Polifenol

Mempersiapkan alat dan bahan serta membuat pereaksi sebagai berikut :

a. *Methanol*

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

b. *Sodium carbonat*

Melarutkan 25,5 g Na_2CO_3 dengan 124,5 ml *aquades* dalam gelas beker.

c. *Sodium tungstate* (Na_2WO_4)

d. *Asam orthophosporic*

e. *Asam phosphomolybdic*

f. *Asam tannic*

g. *Reagent Follin-Denis*

Sodium tungstate sebanyak 25 g ditambah dengan 5 g *asam phosphomolybdic* dan 12,5 *asam orthophosphoric* dimasukkan ke dalam 250 ml botol volumetrik yang berisi 187,5 *aquades*, kemudian di reflux selama 2 jam dan diencerkan dengan menggunakan *aquades* sebanyak 250 ml. Selanjutnya pembuatan larutan standart yaitu dengan melarutkan 0,01 g *asam tannic* ke dalam 100 ml botol volumetrik dengan *aquades*. Kemudian diambil 0,1 mg ml⁻¹ *asam tannic* dimasukkan kedalam cuvet berukuran 50 ml, dimana berisi 20 ml *aquades* ditambah dengan 2,5 ml *reagent Follin-Denis* dan 10 ml Na_2CO_3 17% kemudian dibaca dengan menggunakan spektrofotometer absorbansi 760 nm.

Menimbang 0,75 gram sampel tanaman dan diekstrak dengan 20 ml *methanol* 50% ke dalam gelas beker berukuran 100 ml dan ditutup dengan menggunakan aluminium foil. Kemudian mendidihkan dalam *water bath* pada suhu 70-80 °C selama 1 jam, kemudian hasil ekstraksi disaring dengan kertas saring whattman nomor 42 dan dibilas dengan menggunakan *methanol* 50% dan di encerkan sampai volume 50 ml dalam botol volumetrik (konsentrasi = 15 mg ml⁻¹). Pipet 1 ml hasil ekstraksi ke dalam cuvet berukuran 50 ml, tambahkan 20 ml *aquades* dan 2,5 ml *reagent Follin-Denis* dan 10 ml Na_2CO_3 17% kemudian

encerkan sampai 50 ml dengan menggunakan *aquades*, lalu diamkan selama 20 menit. Kemudian baca menggunakan spektrofotometer absorbansi 760 nm. Selanjutnya mencari persamaan regresi dari larutan standart dan menentukan TAE sampel tanah serta TAE blanko berdasarkan persamaan regresi.

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



Lampiran 6. Dokumentasi Kegiatan Lapangan dan Kegiatan Laboratorium



Pembuatan plot pengamatan



Pengukuran karakterisasi pohon



Pemasangan alat sensor suhu udara



Pemasangan alat sensor intensitas cahaya dibawah kanopi kopi



Pemasangan alat sensor suhu tanah



Pemasangan ring chamber



Pengisian gelas beker dengan larutan KOH



Penutupan ring dengan sungkup chamber



Posisi peletakkan chamber di plot pengamatan



Pengambilan data sensor



Pengukuran jarak dari tanaman kopi untuk pengambilan sampel tanah



Pembersihan lahan untuk pengambilan sampel tanah



Pengambilan seresah berdasarkan zonasi



Pengambilan seresah



Hasil inkubasi KOH yang siap analisis



Penetesan penoptalin di laboratorium



Sampel KOH siap di titrasi



Titrasi sampel KOH dengan HCl



Titrasi sampel KOH di laboratorium



Diskusi dengan dosen, petani dan mahasiswa peneliti yang lain