

**KERAGAMAN KESUBURAN FISIK TANAH DI SISTEM  
AGROFORESTRI BERBASIS KOPI DAN DAMPAKNYA TERHADAP  
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN KOPI**

Oleh  
**RAMALIA KARTIKA MURTI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS PERTANIAN**  
**MALANG**  
**2020**



**KERAGAMAN KESUBURAN FISIK TANAH DI SISTEM  
AGROFORESTRI BERBASIS KOPI DAN DAMPAKNYA TERHADAP  
PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN KOPI**

Oleh  
**RAMALIA KARTIKA MURTI**  
155040201111107

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI  
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

**SKRIPSI**

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

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN TANAH  
MALANG  
2020**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. 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 oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Februari 2020

Ramalia Kartika Murti



**LEMBAR PERSETUJUAN**

**Judul Penelitian** : Keragaman Kesuburan Fisik Tanah di Sistem Agroforestri Berbasis Kopi dan Dampaknya Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kopi  
**Nama Mahasiswa** : Ramalia Kartika Murti  
**NIM** : 155040201111107  
**Jurusan** : Tanah  
**Program Studi** : Agroekoteknologi

Disetujui  
Pembimbing Utama,



Ir. Didik Suprayogo, M.Sc.Ph.D.  
NIP. 196008251986011002

Diketahui,  
Ketua Jurusan



Syahrul Kurniawan, SP., MP. Ph.D  
NIP. 19791018 200501 1 002

Tanggal Persetujuan : 13 FEB 2020

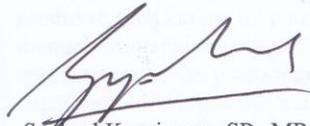


LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

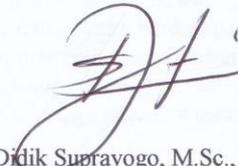
MAJELIS PENGUJI

Penguji I



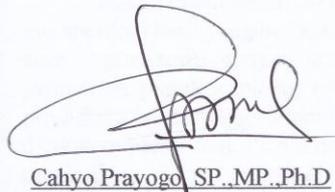
Syahrul Kurniawan, SP., MP.Ph.D  
NIP. 19791018 200501 1 002

Penguji II



Ir. Didik Suprayogo, M.Sc., Ph.D.  
NIP 196008251986011002

Penguji III



Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D  
NIP 197301031998021002

Penguji IV



Aditya Nugraha Putra, SP., MP.  
NIP 198912272019031009

Tanggal Lulus : 28 FEB 2020

## RINGKASAN

**Ramalia Kartika Murti. 155040201111107. Keragaman Kesuburan Sifat Fisik Tanah di Sistem Agroforestri Berbasis Kopi dan Dampaknya Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kopi. Di bawah Bimbingan Ir. Didik Suprayogo, M.Sc., Ph.D. sebagai Pembimbing Utama.**

---

Perhutani dalam mengelola hutan menerapkan program Pengelolaan Sumberdaya Hutan Bersama Masyarakat (PHBM). Dalam menjalankan program PHBM maka berlaku kaidah 4K PHBM yaitu: (1) Keseimbangan : ekologi, sosial, ekonomi, (2) Kesesuaian: kultur, budaya setempat, (3) Keselarasan : pembangunan wilayah/daerah, (4) Keberlanjutan : fungsi dan manfaat SDH. Pengelolaan hutan produksi di UB forest dengan sistem agroforestri berbasis pinus-kopi adalah salah satu contoh penerapan dari program PHBM. Keragaman manajemen umumnya merupakan upaya petani untuk meningkatkan produksi kopi. Dengan keberagaman yang terdapat dalam sistem agroforestri dapat menyebabkan interaksi antara tanaman kopi dengan pohon pinus yang berbeda-beda yang dikhawatirkan mengganggu prinsip keseimbangan dalam penerapan PHBM. Perbedaan manajemen kopi dapat mempengaruhi pertumbuhan kopi yang berdampak terhadap produksi, oleh karena ini petani dilahan UB Forest mengupayakan perbaikan dalam mengelola manajemen agroforestri berbasis pinus-kopi. Upaya perbaikan dengan menerapkan sistem perawatan serta pemeliharaan sehingga tanaman pinus dan kopi dapat tumbuh dengan optimal.

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan November 2018 hingga Maret 2019 di UB Forest. Rancangan penelitian ini dilakukan dengan survei lapangan pada lahan agroforestri berbasis kopi – pinus dengan menggunakan metode penelitian rancangan tersarang (*Nested*). Penelitian ini menggunakan lima manajemen lahan agroforestri seperti manajemen tidak dilakukan perawatan, manajemen dilakukan pemangkasan cabang batang kopi, manajemen perebahan batang kopi, manajemen perawatan yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk organik serta manajemen penjarangan pohon pinus. Parameter pengamatan yang diukur berupa berat isi tanah, kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang, pertumbuhan pinus, serta pertumbuhan kopi dan produksi kopi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan jenis manajemen lahan memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kopi. Agroforestri dengan manajemen perawatan yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk kandang menghasilkan total pertumbuhan tanaman kopi dan produksi kopi tertinggi dibandingkan agroforestri dengan manajemen yang tidak dilakukan perawatan. Pemberian pupuk kandang mampu memperbaiki status hara, meningkatkan daya retensi air dan kemudian diserap oleh tanaman serta mampu memacu meningkatkan produksi kopi dibandingkan tanpa adanya manajemen yang kebutuhan unsur haranya tidak tercukupi untuk tanaman kopi sehingga produksi tanaman kopi lebih rendah. Keragaman sifat fisik tanah menunjukkan korelasi positif terhadap pertumbuhan pinus serta pertumbuhan kopi dan produksi biji kopi.

## SUMMARY

**Ramalia Kartika Murti. 15504020111107. Soil Physical Fertility Differences at Coffee-Based Agroforestry System and Impact on Growth and Production of Coffee. Under the guidance of Ir. Didik Suprayogo, M.Sc., Ph.D. as Main Supervisor.**

---

Forestry company manage the forests implements with Pengelola Hutan Bersama Masyarakat (PHBM) program. In carrying out the PHBM program, there are rules in PHBM, namely: (1) Balance: ecological, social, economic, (2) Conformity: local culture, culture, (3) Alignment: regional development, (4) Sustainability: functions and benefits forestry resources. The management of forests production in UB forest with a coffee-based agroforestry system is one example in PHBM program. Management diversity basically is farmer's effort to increase coffee production. Biodiversity in agroforestry system can cause the interactions between coffee plants and pine trees that are feared to disturb the balance in PHBM program. Differences in coffee management can affect the coffee growth which has an impact on production, this matter makes UB Forest's farmers try to improve their management of pine-based agroforestry management. Improvements with care and maintain pine and coffee plants hopefully will make optimal plant growth.

This research was conducted from November 2018 to March 2019 at UB Forest. The design of this study was carried out by field surveys on coffee-pine agroforestry land using a nested design research method. This study uses five agroforestry land management such as management without maintenance, management with pruning coffee trunks, management with felling the coffee trunks, management with care combined with organic fertilizer application and pine tree widening plant spacing. Observation parameters were soil weight, groundwater conditions in the field capacity, pine growth, coffee growth and coffee production.

The results of this study indicate that different types of land management provide significantly different results on the growth and coffee production. Agroforestry management with care combined with organic fertilizer application produces the highest growth and coffee production compared to agroforestry management without care. Manure application can improve the nutrients, water retention capacity then absorbed by plants and be able to spur the coffee production compared to management without care whose nutrient needs are not sufficient for coffee plants so that coffee production declined. The soil physical diversity shows a positive correlation to the pine growth as well as coffee growth and coffee bean production.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya limpahkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia serta hidayahnya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Keragaman Kesuburan Fisik Tanah Di Sistem Agroforestri Berbasis Kopi dan Dampaknya Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kopi”**.

Dalam pelaksanaan penyusunan skripsi ini, penulis mendapat banyak bantuan, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, dalam kesempatan ini penulis ingin meyapaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Orang tua dan keluarga khususnya kepada ibu, bapak, dan kakak penulis tercinta atas do'a, dorongan, semangat, dan motivasi utama sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Ir. Didik Suprayogo, M.Sc.,Ph.D. selaku Dosen Pembimbing utama yang selalu sabar dan penuh ketekunan membimbing dalam pembuatan proposal hingga selesai.
3. Bapak Syahrul Kurniawan, SP., MP. Ph.D., selaku Ketua Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
4. Segenap Dosen Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang khususnya Jurusan Tanah yang telah memberikan ilmunya dalam membimbing Penulis selama masa perkuliahan.
5. Diandra Ayu , Elfrin Azmi, M. Arif F, Yusuf Agung selaku teman-teman tim penelitian UB Forest yang sudah membantu dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi.
6. Untuk Beaty ku sayang yang telah membantu disetiap perjalananku dalam proses penelitian sampai proses bimbingan skripsi.
7. Untuk Puspita Dewi R, Listyayu Satwiken Putri R.D, Gali Gusira, Bachtiar Arby Retnanda, Hananin Dyah Palupi, Aan Haidirianti, Yanrifano, Rizki Maulana dan Edo Eko selaku anak-anakku yang tidak ada akhlaknya didalam genk yang bernama YPAB, terima kasih kepada kalian karena kalian selalu meyusahkan tetapi kalian sangat baik hati karena selalu mau direpotkan oleh penulis.

8. Untuk Michael Yuwono dan Audia Filiyanti yang membantu dalam proses seminar hasil serta memberikan saran untuk skripsi penulis.
9. Seluruh teman-teman yang selalu mengucapkan kata “Semangat” terus menerus untuk penulis, terima kasih karena telah memberikan dukungan tersebut untuk penulis.

Malang, Februari 2020

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>RINGKASAN</b> .....	<b>i</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Hipotesis .....	3
1.4 Manfaat .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Hutan Produksi .....	4
2.2 Peran Tanaman Kopi dan Pohon Dalam Agroforestri .....	4
2.3 Keragaman Kesuburan Tanah dalam Sistem Agroforestri .....	6
2.4 Faktor Penyebab Keragaman Sifat Fisik Tanah dalam Sistem Agroforestri .....	6
2.5 Hubungan Sifat Fisik Tanah dan Pertumbuhan Kopi serta Pohon Pinus .....	8
<b>III. BAHAN DAN METODE</b> .....	<b>10</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	10
3.2 Alat dan Bahan .....	10
3.3 Rancangan Penelitian .....	11
3.4 Variabel Pengamatan .....	13
3.5 Tahapan Penelitian .....	14
3.6 Analisa Data Penelitian .....	17
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>17</b>
4.1 Pertumbuhan Pinus, Pertumbuhan dan Produksi Kopi .....	17
4.2 Tekstur Tanah .....	22
4.3 Berat Isi, Berat Jenis dan Porositas Tanah .....	22
4.4 Kondisi Air Tanah dalam kondisi Kapasitas Lapangan .....	25
4.5 Infiltrasi Tanah .....	26
4.6 Hubungan Sifat Fisik Tanah dengan Pertumbuhan Pinus .....	27
4.7 Hubungan Sifat Fisik Tanah dengan Pertumbuhan Kopi .....	31
4.8 Hubungan Sifat Fisik Tanah dengan Produksi Kopi .....	34
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>37</b>
5.1 Kesimpulan .....	37
5.2 Saran .....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>38</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>43</b>

## DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Perlakuan Manajemen Sistem Agroforestri dan Kode Lokasi Penelitian.....	13
2.	Variabel, Parameter, dan Metode Pengukuran Penelitian.....	13
3.	Rerata fraksi pasir, debu dan liat di lokasi penelitian. ....	22
4.	Berat Isi, Berat Jenis dan Porositas Tanah Kedalaman 0-20 cm.....	23
5.	Berat Isi, Berat Jenis dan Porositas Tanah Kedalaman 20-40 cm.....	23
6.	Berat Isi, Berat Jenis dan Porositas Tanah Kedalaman 40-60 cm.....	24
7.	Berat Isi, Berat Jenis dan Porositas Tanah Kedalaman 60-80 cm.....	24
8.	Kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang .....	25
9.	Nilai Laju Infiltrasi Konstanta Sorptivity dan Infiltrasi.....	27



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Peta Lokasi UB Forest .....	10
2.	Sketsa Pengambilan Tanah .....	15
3.	Pengambilan sampel tanah berat isi, Pengambilan sampel tanah tekstur .....	15
4.	DBH Pohon Pinus .....	17
5.	Biomassa Pohon Pinus .....	18
6.	DBH Tanaman Kopi .....	19
7.	Biomassa Tanaman Kopi .....	20
8.	Produksi Tanaman Kopi .....	21
9.	Hubungan Berat Isi Tanah dengan Pertumbuhan Pinus .....	28
10.	Hubungan Porositas Tanah dengan Pertumbuhan Pinus .....	29
11.	Hubungan Kondisi Air Tanah dengan Pertumbuhan Pinus .....	29
12.	Hubungan Sorptivity Tanah dengan Pertumbuhan Pinus .....	30
13.	Hubungan Infiltrasi Tanah dengan Pertumbuhan Pinus .....	30
14.	Hubungan Berat Isi Tanah dengan Pertumbuhan Kopi .....	31
15.	Hubungan Porositas Tanah dengan Pertumbuhan Kopi .....	32
16.	Hubungan Kondisi Air Tanah dengan Pertumbuhan Kopi .....	32
17.	Hubungan Sorptivity Tanah dengan Pertumbuhan Kopi .....	33
18.	Hubungan infiltrasi dengan pertumbuhan kopi .....	34
19.	Hubungan Berat Isi Tanah dengan Produksi Kopi .....	34
20.	Hubungan Porositas Tanah dengan Produksi Kopi .....	35
21.	Hubungan Kondisi Air Tanah dengan Produksi Kopi .....	36
22.	Hubungan Sorptivity Tanah dengan Produksi Kopi .....	37
23.	Hubungan Infiltrasi Tanah dengan Produksi Kopi .....	37

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Dokumentasi Kegiatan .....	43
2.	Tabel Anova DBH Pinus.....	45
3.	Tabel Anova Biomassa Pinus .....	45
4.	Tabel Anova DBH Kopi .....	45
5.	Tabel Anova Biomassa Kopi .....	45
6.	Tabel Anova Produksi Kopi.....	45
7.	Tabel Anova Berat Isi Tanah .....	45
8.	Tabel Anova Berat Jenis Tanah .....	46
9.	Tabel Anova Porositas Tanah .....	47
10.	Klasifikasi Berat Isi Tanah.....	47
11.	Tabel Anova Kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang.....	48
12.	Korelasi hubungan sifat fisik dengan pertumbuhan dan produksi kopi.....	50
13.	Tabel Korelasi (Gomez dan Gomez, 1995).....	51



# I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Perum Perhutani mengelola kawasan hutan di Pulau Jawa dan Madura seluas 2.445.006 Ha, terdiri dari Hutan Produksi (HP) seluas 1.806.448 Ha dan hutan lindung seluas 638.558 Ha (Perhutani 2019). Perhutani dalam mengelola hutan dijalankan dengan program Pengelolaan Sumberdaya Hutan Bersama Masyarakat (PHBM). PHBM adalah suatu sistem pengelolaan sumberdaya hutan yang dilakukan bersama oleh Perum Perhutani dan masyarakat desa hutan dan atau oleh Perum Perhutani dan masyarakat desa hutan dengan pihak yang berkepentingan (stakeholder) dengan jiwa berbagi sehingga kepentingan bersama untuk mencapai keberlanjutan fungsi dan manfaat sumber daya hutan dapat diwujudkan secara optimal dan proporsional (Perhutani, 2019). Dalam menjalankan PHBM maka berlaku kaidah 4K PHBM yaitu: (1) Keseimbangan: ekologi, sosial, ekonomi, (2) Kesesuaian: kultur, budaya setempat, (3) Keselarasan: pembangunan wilayah/daerah, (4) Keberlanjutan: fungsi dan manfaat SDH (Keputusan Direksi Perhutani, 2007).

Dalam prinsip keseimbangan, Pengelolaan hutan produksi dituntut memberikan nilai ekonomi dan disisi lain menjaga fungsi ekologi. Di lapangan, praktek PHBM oleh petani cukup beragam. Pengelolaan hutan produksi di UB forest dengan sistem agroforestri berbasis pinus-kopi adalah salah satu contoh penerapan program PHBM. Kegiatan manajemen agroforestri berbasis pinus-kopi di UB Forest yang dilakukan oleh petani cukup beragam. Keragaman manajemen umumnya adalah upaya petani untuk meningkatkan produksi kopi. Keragaman manajemen oleh petani dilakukan melalui (1) kopi tidak dirawat, (2) perebahan batang kopi, (3) pemangkasan batang kopi, (4) pemangkasan yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk organik. Disisi lain, manajemen perhutani adalah melakukan praktek penjarangan satu baris pinus setelah usia 10 tahun sehingga jarak tanam pohon pinus dari 3 m x 2 m menjadi 6 m x 2 m. Dengan keberagaman yang terdapat dalam sistem agroforestri tersebut dapat menyebabkan interaksi antara tanaman kopi dengan pohon pinus yang berbeda-beda yang dikhawatirkan mengganggu prinsip keseimbangan dalam penerapan PHBM. Kondisi ini menciptakan pertanyaan penelitian (1) apakah semakin

intensif manajemen kopi dari sistem agroforestri berbasis pinus-kopi maka pertumbuhan dan produksi kopi semakin meningkat, (2) apakah semakin intensif manajemen kopi dari sistem agroforestri berbasis pinus-kopi maka sifat fisik di dalam tanah semakin meningkat, dan (3) apakah semakin tinggi sifat fisik tanah maka semakin meningkat pertumbuhan dan produksi kopi.

Manajemen sistem agroforestri dengan berbagai pola pengolahan manajemen lahan dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman pinus dan kopi serta kualitas tanah. Sebab, keragaman fisik tanah lebih berperan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman (Ali, 2009). Keragaman manajemen agroforestri berbasis pinus-kopi menyebabkan penurunan kualitas fisik tanah, untuk itu di dalam sistem agroforestri diperlukan manajemen sifat fisik tanah yang tepat. Menurut Waluyaningsih (2008), penurunan tersebut dapat menyebabkan terganggunya ekosistem di sekitarnya sehingga menyebabkan fungsi hutan dalam mengatur air dan erosi menurun. Perbedaan manajemen kopi dapat mempengaruhi pertumbuhan kopi yang berdampak terhadap produksi, oleh karena ini petani dilahan UB Forest mengupayakan perbaikan dalam mengelola manajemen agroforestri berbasis pinus-kopi. Upaya perbaikan dengan menerapkan sistem perawatan serta pemeliharaan sehingga tanaman pinus dan kopi dapat tumbuh dengan optimal. Selain itu dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan produksi dari tanaman kopi yang optimal apabila keragaman sifat fisik tanah dijaga.

Maka dari itu, penelitian ini dikhususkan untuk mengkaji keberagaman kesuburan fisik tanah di hutan produksi dengan manajemen sistem agroforestri berbasis pinus-kopi di UB Forest, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi keberagaman fisik tanah pada berbagai sistem manajemen agroforestri berbasis pinus-kopi dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman kopi. Evaluasi ini dilakukan agar dapat memberikan informasi terkait keberagaman fisik tanah dengan berbagai manajemen agroforestri yang berbeda-beda, sehingga penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman pinus dan pertumbuhan serta produksi kopi di UB Forest yang berkelanjutan.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Membandingkan pertumbuhan pinus-kopi dan produksi kopi di beberapa perbedaan manajemen agroforestri berbasis pinus-kopi.
2. Membandingkan keragaman sifat fisik tanah di beberapa perbedaan manajemen agroforestri berbasis pinus-kopi.
3. Menganalisis hubungan keragaman sifat fisik tanah dengan pertumbuhan kopi dan produksi biji kopi.

## 1.3 Hipotesis

1. Semakin intensif manajemen kopi dari sistem agroforestri berbasis pinus-kopi maka pertumbuhan dan produksi kopi semakin meningkat, namun pertumbuhan pinus semakin menurun.
2. Semakin intensif manajemen kopi dari sistem agroforestri berbasis pinus-kopi maka sifat fisik tanah semakin meningkat menjadi lebih baik.
3. Sifat fisik tanah yang semakin meningkat menjadi lebih baik maka akan semakin memperbaiki pertumbuhan tanaman kopi dan produksi biji kopi.

## 1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai keragaman sifat fisik tanah di sistem agroforestri berbasis kopi dan dampaknya terhadap produksi kopi yang nantinya dapat digunakan sebagai acuan dalam pengelolaan agroforestri berbasis kopi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Hutan Produksi

Hutan memiliki peranan penting bagi keberlangsungan hidup manusia. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 41 tahun 1999, hutan merupakan suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya hayati yang didominasi oleh pepohonan. Berdasarkan fungsinya, hutan terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu (1) Hutan produksi, yaitu kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok dalam memproduksi hasil hutan, (2) Hutan lindung, yaitu kawasan hutan yang mempunyai fungsi sebagai sistem peyangga seperti mencegah banjir, mengendalikan erosi, serta memelihara kesuburan tanah, dan (3) Hutan konservasi, yaitu kawasan hutan dengan ciri menjaga keanekaragaman tumbuhan dan satwa ekosistemnya (UU No. 41 tahun 1999).

Hutan kaya dengan berbagai potensinya. Hasil potensi dari hutan berupa hasil kayu hutan, hasil hutan bukan kayu, serta jasa-jasa lingkungan. Berdasarkan identifikasi desa di kawasan hutan tercatat sebanyak 53% berada di dalam kawasan hutan sedangkan sisanya 47% berada diluar kawasan hutan (Media Persaki vol.12 2009:20). Dalam pemanfaatan hutan produksi sebagai fungsi pokok memproduksi hasil hutan diatur dalam PP No. 3 Tahun 2008 tentang Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan, Serta Pemanfaatan Hutan. Pemanfaatan hasil hutan dengan tidak merusak lingkungan dan tidak mengurangi fungsi utama pada hutan. Permasalahan lingkungan di Indonesia mengenai permasalahan kerusakan hutan akibat adanya keterlibatan pemegang izin kelola hutan pada sektor perekonomian dan industrialisasi guna meningkatkan perekonomian Indonesia. Masalah lain adanya konflik atas areal hutan yang terjadi akibat adanya permasalahan penataan ruang di sektor perkebunan (Nurrochmat,2010).

### 2.2 Peran Tanaman Kopi dan Pohon Dalam Agroforestri

Tanaman kopi merupakan jenis tanaman yang banyak dibudidayakan di negara tropis. Pertumbuhan kopi dapat berlangsung dengan baik apabila ditanam pada tanah yang sesuai, yaitu dengan tanah yang memiliki kedalaman efektif yang cukup dalam (>100 cm), tanah gembur, drainase baik, serta cukup tersedia air

bagi unsur hara. Dalam pertumbuhan kopi unsur iklim yang berpengaruh terhadap budidaya kopi arabika adalah elevasi (tinggi, tempat), temperatur, tipe curah hujan, kelembaban udara serta angin (Sihaloho, 2009). Ketinggian tempat yang sesuai untuk pertumbuhan kopi arabika berada di ketinggian sekitar 1.000-1.700 meter di atas permukaan laut (dpl). Jika berada pada ketinggian <1.000 mdpl maka kopi arabika akan lebih mudah terserang penyakit, sedangkan jika berada di ketinggian >1.700 mdpl maka akan mengakibatkan produksi kopi menjadi tidak optimal karena pertumbuhan vegetatif lebih besar dibandingkan dengan generatif. Tim Karya Mandiri (2010) menyatakan bahwa karakteristik curah hujan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman kopi arabika memiliki rata-rata 2000-3000 mm/tahun dengan rata-rata bulan kering 1-3 bulan.

Agroforestri merupakan suatu sistem pengolahan lahan yang berdasarkan kelestarian guna untuk meningkatkan hasil dari lahan secara keseluruhan, melalui kombinasi produksi (tanaman pohon-pohonan) dan tanaman hutan atau hewan secara bersamaan pada unit lahan yang sama dan menerapkan cara pengolahan yang sesuai (Hairiah *et al.*, 2003; Latumahina dan Sahureka, 2006). Secara sederhana, agroforestri adalah sebuah sistem penggunaan lahan yang memadukan tanaman pertanian dengan tanaman kehutanan. Salah satu contoh sistem agroforestri yang digunakan di Indonesia agroforestri berbasis kopi dan menjadikan kopi sebagai tanaman utama dalam sistem agroforestri tersebut.

Sistem agroforestri berbasis kopi memiliki peranan penting bagi pertumbuhan kopi. Peran penting agroforestri sebagai tanaman penabung dengan berbagai jenis tanaman penabung. Tanaman penabung yang digunakan berupa tanaman buah-buahan, tanaman perkebunan sampai dengan tanaman penghasil seperti kayu atau tanaman hutan (Supriadi dan Pranowo, 2015). Namun, terdapat hal yang perlu diperhatikan dalam menerapkan peran agroforestri berbasis kopi terhadap pertumbuhan kopi dengan memperhatikan beberapa hal seperti: 1) kebutuhan tingkat naungan tanaman kopi, 2) Interaksi antar tanaman dan tanah yang bersifat langsung dan tidak langsung, 3) Kondisi lahan kebun, 4) Potensi ekonomi produk yang dihasilkan (Santoso *et al.*, 2004).

Penerapan peran agroforestri berbasis kopi diperoleh manfaat segi ekologis dan ekonomis dari pertumbuhan kopi. Berdasarkan hasil penelitian Bote

dan Struik (2011) dalam Supriadi dan Pranowo (2015) pertumbuhan tanaman kopi yang menggunakan sistem agroforestri berbasis kopi dengan menggunakan naungan menghasilkan hasil produksi yang lebih baik dibandingkan dengan kebun kopi monokultur, akan tetapi tingkat naungan dan kesuburan tanah perlu diperhatikan dalam penerapan sistem tersebut. Penerapan agroforestri berbasis kopi juga dapat meningkatkan cita rasa kopi (Erdiansyah dan Yusianti, 2012).

### 2.3 Keragaman Kesuburan Tanah dalam Sistem Agroforestri

Tanah merupakan sumber daya alam yang sangat berfungsi penting dalam kelangsungan hidup makhluk hidup. Selain itu, tanah juga merupakan suatu ekosistem tersendiri. Penurunan fungsi tersebut dapat menyebabkan terganggunya ekosistem di sekitarnya (Waluyaningsih, 2008). Kualitas tanah dapat dipengaruhi oleh sistem budidaya yang diterapkan. Pohon mempunyai peran dalam mengurangi erosi dan aliran permukaan serta adanya penambahan biomassa melalui jatuhnya seresah yang selanjutnya dapat merelease sejumlah unsur hara (Goncavales *et al.*, 1998).

Kesuburan tanah merupakan kemampuan tanah mendukung pertumbuhan tanaman pada kondisi iklim dan lingkungan yang sesuai. Menurut Barrow (1991) memelihara dan mempertahankan kesuburan tanah melalui penggunaan lahan dalam kondisi ekosistem alami akan mempertahankan produksi yang baik. Agroforestri sebagai suatu sistem pengelolaan lahan yang memiliki fungsi kesamaan dengan ekosistem alami, hal tersebut sesuai dengan dikemukakan oleh Young dalam Suprayogo *et al.*, (2003) bahwa sistem agroforestri dapat menggantikan fungsi ekosistem hutan alami sebagai pengatur siklus hara dan pengaruhnya terhadap lingkungan. Menurut Young dalam Suprayogo *et al.*, (2003) terdapat empat keuntungan dalam penerapan sistem agroforestri, yaitu (1) memperbaiki kesuburan tanah, (2) menekan erosi, (3) mencegah perkembangan hama dan penyakit, dan (4) menekan populasi gulma.

### 2.4 Faktor Penyebab Keragaman Sifat Fisik Tanah dalam Sistem Agroforestri

Alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian menunjukkan dampak yang sangat besar terutama terhadap kerusakan lingkungan. Penanaman berbagai jenis pohon penayang dalam sistem agroforestri berbasis kopi dapat berpengaruh

terhadap kondisi sifat fisik tanah baik secara langsung maupun secara tidak langsung.

#### 2.4.1 Tekstur Tanah

Tekstur tanah dan struktur tanah merupakan ciri sifat fisik tanah yang sangat berhubungan. Kedua faktor tersebut dijadikan sebagai parameter kesuburan tanah, karena menentukan kemampuan tanah tersebut dalam menyediakan unsur hara (Tambunan, 2008). Tekstur tanah menentukan tata air dalam tanah yang dikendalikan oleh kecepatan infiltrasi, penetrasi dan kemampuan pengikatan air oleh tanah. Aliran permukaan dapat terjadi atau tidak dapat terjadi, tergantung pada dua sifat yang dimiliki yaitu infiltrasi dan permeabilitas. Permeabilitas dari lapisan tanah yang berlainan, yaitu kemampuan tanah untuk meloloskan air atau udara ke lapisan bawah profil tanah (Suripin, 2004). Sifat fisik tanah juga sangat mempengaruhi sifat-sifat tanah yang lain dengan kemampuan untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Kemampuan tanah untuk menyimpan air tersedia merupakan fungsi dari tekstur dan struktur tanah. Kemampuan tanah untuk menyimpan hara dan kemudian menyediakan bagi tanaman sangat ditentukan oleh tekstur tanah dan macam mineral liat yang terkandung (Islami dan Utomo, 1996).

#### 2.4.2 Bobot Isi Tanah

Kerapatan massa (bobot isi) ialah bobot massa tanah kondisi lapangan yang kering persatuan volume (Hanafiah, 2008). Nilai kerapatan massa tanah berbanding lurus dengan kekerasan partikel-partikel tanah, semakin kasar tanah maka semakin berat tanah tersebut. Berat isi mempunyai fungsi terhadap evaluasi kemungkinan akar menembus tanah. Pada tanah-tanah dengan berat isi yang tinggi akar tanaman tidak dapat menembus lapisan tanah tersebut (Nugroho, 2009). Menurut Hardjowigeno (2010) mengemukakan bahwa semakin tinggi bobot isi tanah semakin sulit meneruskan air atau ditembus akar tanaman.

#### 2.4.2 Porositas

Porositas merupakan proporsi ruang pori total (ruang kosong) yang terdapat dalam satuan volume tanah yang didalamnya terdapat air dan udara,

sehingga merupakan indikator kondisi drainase dan aerasi tanah (Hanafiah, 2005). Nilai porositas tanah dapat diketahui melalui nilai BI (bobot isi) tanah dan juga nilai BJ (berat jenis) tanah dengan rumus pori dibanding dengan volume tanah  $(1-BI/BJ)$ . Tanah yang mengandung banyak pori makro sulit untuk menahan air, sedangkan tanah dengan kandungan pori mikro dengan jumlah banyak merupakan pori bagi drainase lambat. Tanah yang mengandung banyak pori mikro maka drainasenya sangat buruk. Pori didalam tanah juga menentukan kandungan air dan udara yang berada di dalam tanah serta menentukan perbandingan pengelolaan air yang baik (Stevenson, 1994). Komposisi pori tanah yang ideal didapatkan dari gabungan fraksi debu, pasir, dan lempung.

#### 2.4.3 Permeabilitas Tanah

Permeabilitas merupakan parameter sifat fisik tanah yang dapat mempengaruhi laju infiltrasi, aliran permukaan, serta erosi. Faktor yang mempengaruhinya adalah tekstur, struktur, porositas serta gaya gravitasi (Hanafiah, 2008). Permeabilitas merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh air untuk dapat melewati suatu media dalam keadaan jenuh. Air hujan akan menggantikan udara yang ada di pori makro terlebih dahulu kemudian ke pori mikro (Buckman, 1982). Nilai permeabilitas dalam tanah ditentukan oleh lapisan kedap yang mempunyai nilai daya hantar hidrolis terkecil dalam suatu profil tanah. Sifat tanah yang mempengaruhi daya hantar hidrolis tanah adalah porositas total dan tekstur tanah. Menurut Hanafiah (2008), permeabilitas tanah merupakan tampilan kuantitatif dari kemampuan tanah untuk mengalirkan air pada waktu tertentu.

#### 2.5 Hubungan Sifat Fisik Tanah dan Pertumbuhan Kopi serta Pertumbuhan Pohon Pinus

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat tergantung pada kesuburan tanahnya salah satunya sifat fisik tanah, karena tumbuhan membutuhkan udara dan air yang cukup selain unsur hara (Ali, 2009). Sutedjo dan Kartasapoetra (2010) mengemukakan bahwa pupuk organik mempunyai manfaat untuk meningkatkan kesuburan tanah, mempertinggi kadar humus, memperbaiki struktur tanah, dan sebagai sumber unsur mikro yang dibutuhkan untuk tanaman. Namun Raharja dan Utomo (2005) mengemukakan bahwa penggunaan pupuk

organik dan anorganik dapat memperbaiki sifat fisik tanah (menurunkan berat isi tanah, meningkatkan porositas dan kemantapan agregat) serta meningkatkan produksi pada tanaman kopi.

Tanaman pada dasarnya membutuhkan syarat tumbuh yang berbeda agar tanaman dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal. Seperti sifat pohon pada umumnya pertumbuhan pohon pinus sangat dipengaruhi oleh adanya kombinasi faktor lingkungan yang berimbang dan menguntungkan (Alrasjid *et al.*, 1983).

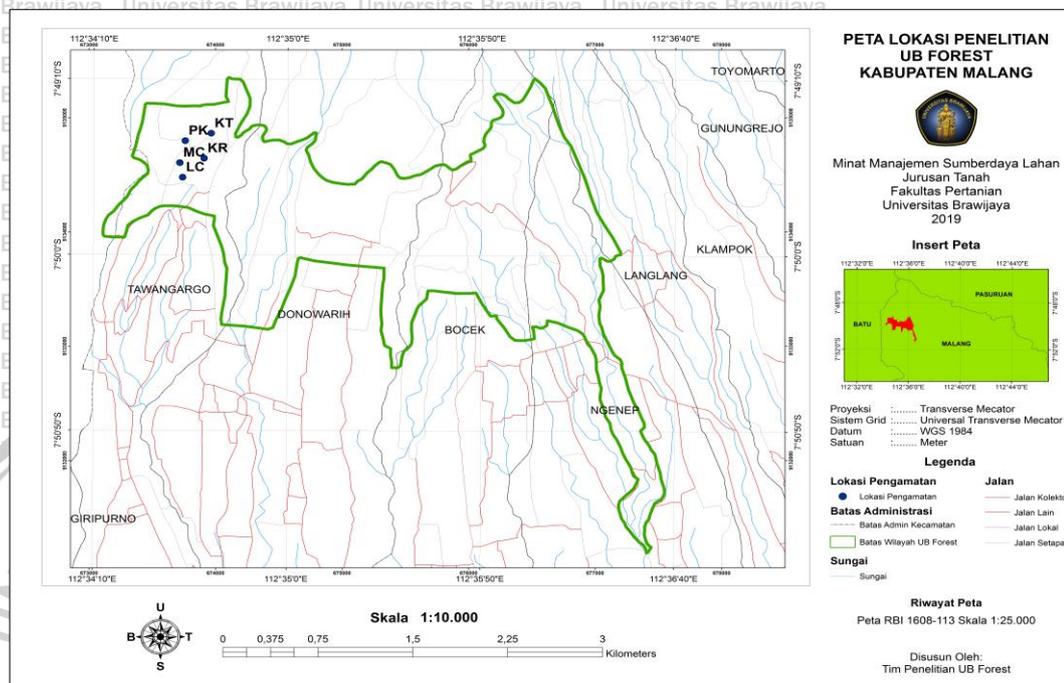
Pathibang dan Rompon (2010) mengemukakan bahwa sifat-sifat fisik tanah berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman pinus di kawasan hutan produksi. Tanaman pohon Pinus *Merkusii* membutuhkan cahaya sinar matahari secara penuh dalam proses pertumbuhannya (Jumin, 2002). Berkurangnya intensitas cahaya matahari yang diterima dapat menghambat pertumbuhan pohon, karena kegiatan fotosintesis menurun.



### III. BAHAN DAN METODE

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di UB Forest yang terletak di lereng gunung Arjuno, Kecamatan Karang Ploso, Kabupaten Malang (Gambar 1). Secara geografis Desa Sumpersari terletak ketinggian 700 m – 1000 m diatas permukaan air laut. Lokasi penelitian dilakukan pada lahan agrforestri berbasis kopi. Tanaman yang mendominasi di UB Forest adalah tanaman berkayu seperti pinus dengan tanaman musiman dibawahnya seperti kopi. Penelitian dilaksanakan mulai bulan November 2018 sampai Maret 2019. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.



Gambar 1. Peta Lokasi UB Forest

#### 3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi 1) meteran berguna untuk mengukur keliling pohon kopi dan pinus; 2) cangkul, sekop dan papras untuk membuat profil tanah; 3) ring sampel untuk mengambil sampel tanah sebanyak 4 kedalaman; 4) double ring infiltrometer untuk mengetahui kecepatan rembesan air pada permukaan tanah; 5) pisau lapang untuk mempermudah mengeluarkan sampel tanah dari ring sampel; 6) tali rafia untuk

menandakan tanda pohon kopi dan pohon pinus yang diamati; 7) kantong plastik ukuran 1 kg sebagai wadah sampel tanah dan ring sampel tanah yang akan dianalisis di laboratorium; 8) kantong plastik besar untuk membawa sampel tanah dari lapang ke laboratorium; 9) oven untuk mengeringkan sampel tanah dalam pengukuran berat isi; 10) timbangan untuk menimbang sampel tanah sebelum dilakukan pengeringan dengan oven dan sesudah dilakukan pengeringan menggunakan oven; 11) kamera untuk dokumentasi kegiatan.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi sampel tanah yang diperoleh melalui cara pengambilan menggunakan ring sampel dan pembuatan profil tanah sebanyak 4 kedalaman. Bahan kimia yang digunakan analisis tekstur tanah  $H_2O_2$ ,  $H_2O$ ,  $Na_4P_2O_7$  dan HCL.

### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan rancangan tersarang (*nested*) dengan satu faktor penelitian yaitu tindakan manajemen kopi. Ada 5 (lima) perlakuan manajemen kopi dengan umur pohon pinus 25 tahun dan umur kopi 6 tahun yang diamati dalam penelitian ini, yaitu:

- Hutan Pinus dengan jarak tanam pohon 3m x 2m - pohon kopi tahun tidak dilakukan perawatan.
- Hutan Pinus dengan jarak tanam pohon 3m x 2m - pohon kopi dengan dilakukan perawatan batang kopi direbahkan.
- Hutan Pinus dengan jarak tanam pohon 3m x 2m - pohon kopi dilakukan pemangkasan.
- Hutan Pinus dengan jarak tanam pohon 3m x 2m - pohon kopi dengan dilakukan perawatan batang kopi berupa pemangkasan dan pemupukan dalam setiap 1 tahun sekali menggunakan pupuk kandang dengan dosis 4 kg per tanaman.
- Hutan Pinus dengan jarak tanam pohon 6m x 2m - pohon kopi dengan tidak dilakukan perawatan.

Di setiap lokasi penelitian dilakukan penetapan perwakilan lokasi pengamatan dengan memilih satu pohon pinus dan satu pohon kopi yang representatif mewakili kondisi perlakuan. Dari setiap perlakuan dilakukan pengamatan

dengan 3 ulangan di setiap plot penelitian dan diberi kode lokasi pengamatan (Tabel 1).



Tabel 1. Perlakuan Manajemen Sistem Agroforestri dan Kode Lokasi Penelitian

Manajemen Lahan	Plot	Ulangan	Kode
1.	Kopi tidak dirawat - pinus jarak tanam 3x2 m	1	LC 1
		2	LC 2
		3	LC 3
2.	Kopi direbahkan - pinus umur jarak tanam 3x2 m	1	KR 1
		2	KR 2
		3	KR 3
3.	Kopi dilakukan pemangkasan - pinus dengan jarak tanam 3x2 m	1	MC 1
		2	MC 2
		3	MC 3
4.	Kopi dipupuk dan dipangkas - pinus jarak tanam 3x2 m	1	PK 1
		2	PK 2
		3	PK 3
5.	Kopi tidak dirawat - pinus umur jarak tanam 6x2 m	1	KT 1
		2	KT 2
		3	KT 3

### 3.4 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan yang dilakukan yaitu pengamatan pada sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman kopi dan pohon pinus dan produksi kopi (Tabel 2).

Tabel 2. Variabel, Parameter, dan Metode Pengukuran Penelitian

Objek	Parameter	Metode Pengukuran	Waktu
Pertumbuhan	DBH kopi dan pinus	Menggunakan meteran	11 – 15 November 2018
	Jumlah bakal buah kopi	<i>Non-destructive</i> Metode Allometrik	29 Juni 2018
	Biomassa tanaman kopi		
Tanah	Tekstur	Menggunakan Metode Pipet	5 Februari 2019 - 12 Februari 2019
	BI	Menggunakan Metode Gravimetri	13 Februari 2019 – 19 Februari 2019
	BJ	Menggunakan Metode Piknometer	20 Februari 2019 – 23 Februari 2019
	Kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang	Menggunakan Metode Gravimetri	11 Maret 2019 – 25 Maret 2019
	Infiltrasi	Metode <i>double ring infiltrometer</i>	21 Januari 2019 – 31 Januari 2019

### 3.5 Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap, yaitu: 1) penentuan lokasi pengamatan, 2) pengamatan di lapangan, 3) pengambilan sampel tanah, 4) analisis laboratorium.

#### 3.5.1 Penentuan Lokasi Pengamatan

Lokasi pengamatan ditentukan berdasarkan hasil survei lapangan lokasi pengamatan penelitian. Survei lokasi pengamatan dilakukan dengan memilih beberapa pohon pinus dan pohon kopi yang memiliki pertumbuhan baik dan mampu mewakili plot pengamatan kemudian diberi tanda dengan tali rafia dan diberi kode lokasi. Penelitian ini menggunakan 5 plot pengamatan dengan 3 kali ulangan secara acak pada tiap perlakuan manajemen yang berbeda di setiap plot pengamatan.

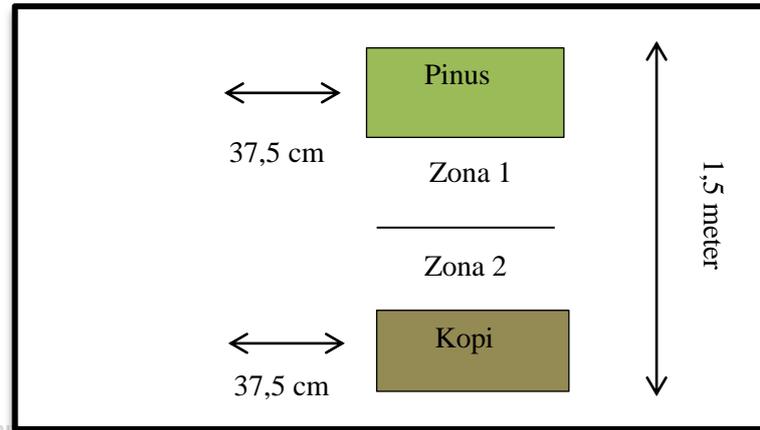
#### 3.5.2 Pengamatan di Lapangan

##### a. Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Kopi dan Pinus serta Produksi Kopi

Di setiap plot pengamatan dipilih sampel pohon kopi dan pinus sebanyak 10 pohon yang memiliki pertumbuhan yang representatif kondisi lokasi penelitian. Di setiap plot ditetapkan 3 ulangan sehingga dalam 1 plot memiliki 30 pohon kopi dan 30 pohon pinus. Pengukuran biomassa pohon kopi dan pinus dilakukan pengukuran keliling pohon kopi dan pinus menggunakan meteran. Meteran dililitkan ke batang pohon dan dipastikan meteran lurus di sekeliling pohon kopi dan pinus. Keliling pohon dicatat sesuai hasil keliling batang pohon yang tertera di meteran.

##### b. Pengambilan Sampel Tanah Utuh

Pengambilan sampel tanah dilakukan dua cara yaitu mengambil sampel tanah utuh dan sampel tanah komposit. Sampel tanah utuh diambil dengan menggunakan ring sampel dan ring master dengan empat kedalaman 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, dan 60-80 cm dan dilakukan dalam dua zona dengan tiga kali ulangan (Lampiran 1). Jarak dari pohon pinus ke pohon kopi diukur terlebih dahulu lalu diambil jarak tengahnya, setelah itu dari pohon pinus (zona 1) diukur sampai ke titik tengah, kemudian lakukan pengambilan sampel tanah dengan menggunakan *Ring sampe*.. Begitu pula dengan pohon kopi (zona 2) (Gambar 2 dan gambar 3).



Gambar 2. Sketsa Pengambilan Tanah



Gambar 3. Pengambilan sampel tanah berat isi (a), Pengambilan sampel tanah tekstur

#### c. Pengukuran Infiltrasi

Laju infiltrasi diukur di lapangan dengan menggunakan *Double Ring Infiltrimeter*. Pengukuran infiltrasi dengan cara meletakkan ring pengukur secara vertikal ke dalam tanah sedalam 3-10 cm menggunakan balok kayu dan palu. Kemudian, genangi ring pengukur dan ring penyangga dengan tingkat kedalaman yang konstan dan mengukur kecepatan masuknya air ke dalam tanah (Lampiran 1). Ketika permukaan air dalam ring pengukur turun dan sampai pada titik penunjuk, maka lakukan penambahan air sampai permukaan air dalam ring kembali pada ke titik awal. Rata-rata laju infiltrasi ditetapkan atau dihitung dari volume penambahan air dan interval waktu penambahan.

#### d. Pengukuran Biomassa Pohon Kopi dan produksi kopi

Penentuan biomassa pohon dilakukan dengan mengukur diameter batang kopi dan pinus pada 120 cm di atas permukaan tanah (DBH). Di

setiap lokasi, pohon pinus dan kopi diukur secara acak dengan 11 tanaman (Lampiran 1). Nilai DBH dikonversi menjadi biomassa kopi atau pinus menggunakan metode allometrik dengan persamaan untuk pinus (Waterloo, 1995):

$$DW = 0,0417 * (DBH)^2,6576 \dots \dots \dots (1)$$

Dan untuk kopi (Arifin, 2001):

$$DW = 0,281 * (DBH)^2,06 \dots \dots \dots (2)$$

Dimana DW = berat kering biomassa ( $\text{kg tanaman}^{-1}$ ), DBH = diameter setinggi dada (cm), sedangkan untuk produksi pohon kopi, jumlah biji per pohon dihitung secara manual. Setiap tanaman sampel dihitung jumlah biji kopi, kemudian setiap satu biji kopi diasumsikan 6 gram biji kering, maka dapat ditentukan untuk produksi biji per pohon.

### 3.5.3 Analisis Laboratorium

Sampel tanah sudah diambil, maka dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui berat volume tanah (berat isi, berat jenis), kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang serta tekstur. Sampel tanah komposit yang sudah diambil digunakan maka dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui tekstur tanah tersebut dengan menggunakan metode pipet. Alat yang digunakan untuk analisis tekstur yaitu Erlenmeyer, gelas ukur, beaker glass, ayakan, mortal, mikser, pipet, cawan aluminium, botol plastik, oven, hot plate, baki plastik, timbangan, corong, kertas minyak dan sendok serta bahan yang digunakan tanah,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  dan HCL (Lampiran 1).

Sampel tanah utuh sudah diambil dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui berat volume tanah (berat isi, berat jenis), kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang (Lampiran 1). Uji laboratorium berat isi tanah menggunakan metode silinder. Alat yang digunakan dalam pengukuran silinder, pisau, jangka sorong, timbangan, cawan dan oven. Tanah ditimbang sebanyak 50 g dalam cawan, kemudian masukkan kedalam oven dengan suhu  $110^\circ$  selama 24 jam. Keluarkan sampel tanah setelah oven dan tunggu kurang lebih 15 menit supaya sesuai dengan suhu ruangan, kemudian timbang dan dilakukan perhitungan. Pengukuran berat jenis tanah menggunakan metode piknometer. Tanah yang telah kering oven

dihaluskan dengan mortal dan pistil lalu dimasukkan ke labu ukur 20 g dan timbang labu. Isi air bebas udara atau air rebusan  $\frac{3}{4}$  dan kocok untuk mengeluarkan udara yang terjat. Tambahkan air yang telah direbus sampai garis minikes dan timbang labu beserta isinya. Jika nilai berat isi dan berat jenis telah diketahui maka dilakukan kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang dilakukan untuk mengetahui kadar air tanah. Dalam melakukan uji kadar air tanah pada kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang menggunakan metode gravimetri.

### 3.6 Analisa Data Penelitian

Data yang diperoleh dianalisis keragamannya dengan pertumbuhan tanaman sebagai peubah bebas. Analisa yang digunakan untuk menguji variasi dari parameter yang diamati adalah analisis varian dengan menggunakan uji F pada taraf 5%. Selanjutnya apabila perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter yang diukur maka dilanjutkan dengan menggunakan uji Duncan dengan menggunakan *software* Genstat 12. Untuk menentukan hubungan antara sifat fisik terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kopi dan dilakukan analisis korelasi menggunakan *software* Genstat 12 dan regresi dengan menggunakan *Microsoft Excel* 2010.



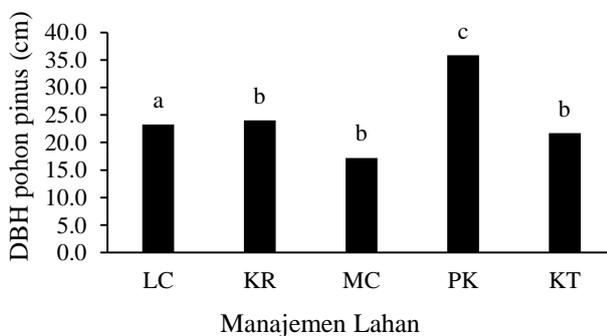
## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pertumbuhan Pinus, Pertumbuhan dan Produksi Kopi

#### 4.1.1 Pertumbuhan Pinus

Pertumbuhan pohon pinus menunjukkan hasil berbeda nyata di antara lokasi penelitian ( $p < 0,05$ ) terhadap DBH pinus dan biomassa pohon pinus dan produksi kopi (Lampiran 2 dan 3).

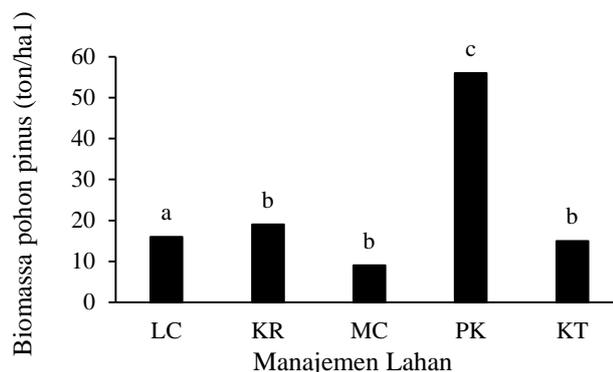
Nilai DBH pohon pinus tertinggi terdapat di manajemen lahan pinus-kopi yang dilakukan perawatan berupa pemangkasan cabang yang tidak produktif serta pemberian pupuk kandang sebesar 4 kg/pohon dengan pohon pinus jarak tanam 3m x 2m (PK) yaitu sebesar 35,8 cm, sedangkan nilai terendah terdapat di manajemen lahan pinus-kopi dilakukan perawatan pemangkasan dengan jarak tanam pohon pinus 3m x 2m (MC) sebesar 17,2 cm (Gambar 3). Nilai DBH yang tinggi dapat mempengaruhi nilai biomassa pohon pinus yang tinggi, namun dengan nilai DBH rendah akan mempengaruhi nilai DBH yang rendah.



Gambar 4. DBH Pohon Pinus

Keterangan: LC= Pinus (jarak tanam 3mx2m) +kopi tidak dirawat; KR= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang direbahkan; MC= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) + Kopi yang dipangkas; PK= Pinus (jarak tanam 3m x 2m ) +Kopi yang dipupuk; KT= Pinus (jarak tanam 6m x 2m) +Kopi. Angka yang didampinginya huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata.

Biomassa pohon pinus tertinggi terdapat di manajemen lahan pinus-kopi yang dilakukan perawatan berupa pemangkasan cabang yang tidak produktif serta pemberian pupuk kandang sebesar 4 kg/pohon dengan jarak tanam 3m x 2m yaitu sebesar 56 ton (Gambar 4).



Gambar 5. Biomassa Pohon Pinus

Keterangan: LC= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +kopi tidak dirawat; KR= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang direbahkan; MC= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) + Kopi yang dipangkas; PK= Pinus (jarak tanam 3m x 2m ) +Kopi yang dipupuk; KT= Pinus (jarak tanam 6m x 2m) +Kopi. Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata.

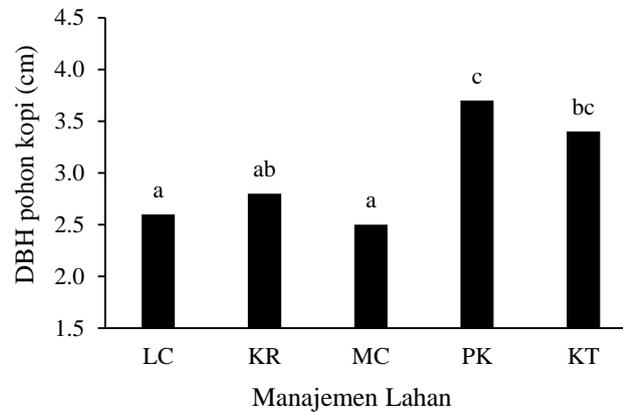
Semakin besar diameter pohon maka kandungan biomassa juga bertambah besar. Hannah. (2015) mengemukakan, bahwa karbon yang terdapat dalam bentuk biomassa memiliki waktu penyimpanan lebih lama pada pohon besar dibandingkan dengan tanaman lain yang berukuran lebih kecil. Kemudian seiring bertambahnya umur tanaman, nutrisi digunakan untuk membentuk biomassa, terlihat seperti ukuran tinggi dan diameter pohon yang semakin membesar. Selain itu, laju pertumbuhan yang berbeda dapat mempengaruhi proses pembentukan biomassa pada pohon. Semakin tinggi laju pertumbuhannya maka tanaman semakin cepat membentuk biomassa. Perbedaan dari hasil biomassa yang diperoleh di setiap manajemen lahan pinus-kopi sesuai dengan pernyataan Iswanto (2008) yang mengemukakan bahwa biomassa batang pohon dipengaruhi oleh umur, laju pertumbuhan, dan lokasi tempat tumbuh tanaman.

#### 4.1.2 Pertumbuhan dan Produksi Kopi

Pertumbuhan tanaman kopi menunjukkan hasil berbeda nyata di antara lokasi penelitian ( $p < 0,05$ ) terhadap DBH kopi, biomassa pohon kopi dan produksi kopi (Lampiran 4, 5 dan 6).

Nilai DBH kopi digunakan sebagai indikator pertumbuhan tanaman kopi. Nilai DBH pohon kopi tertinggi terdapat di manajemen pinus-kopi

yang dilakukan perawatan berupa pemangkasan cabang yang tidak produktif serta pemberian pupuk kandang sebesar 4 kg/pohon dengan jarak tanam pohon pinus 3 m x 2 m (PK) yaitu sebesar 3,7 cm.

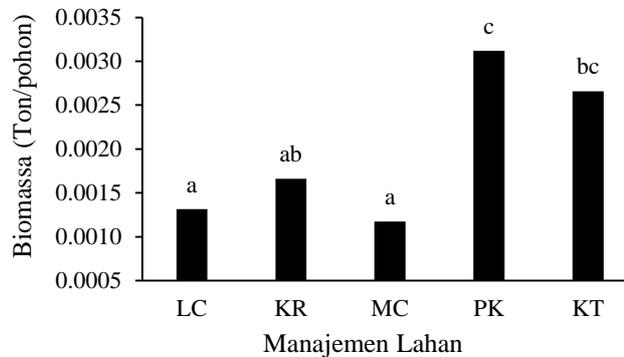


Gambar 6. DBH Tanaman Kopi

Keterangan: LC= Pinus (jarak tanam 3mx2m) +kopi tidak dirawat; KR= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang direbahkan; MC= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) + Kopi yang dipangkas; PK= Pinus (jarak tanam 3m x 2m ) +Kopi yang dipupuk; KT= Pinus (jarak tanam 6m x 2m) +Kopi. Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata.

Hasil analisis dilihat dari grafik (Gambar 5) berbeda nyata terhadap DBH tanaman kopi. Dari hasil analisis DBH tanaman kopi semakin besar nilai DBH tanaman kopi maka berbanding lurus terhadap nilai biomassa tanaman kopi yang akan berpengaruh terhadap produksi tanaman kopi. Menurut Kusuma *et al.*, 1992 (dalam Hendra, 2002), semakin tinggi nilai DBH tanaman tersebut akan mempengaruhi nilai biomassa yang ada di dalam tanaman tersebut. Namun, penurunan nilai DBH juga dipengaruhi oleh adanya proses adaptasi tanaman terhadap dampak pemangkasan yang membuat nilai DBH tanaman menjadi rendah dan akan mempengaruhi biomassa tanaman. Sitompul dan Guritno (1995) mengemukakan bahwa pengukuran biomassa total tanaman merupakan parameter yang baik dan dapat digunakan sebagai indikator pertumbuhan tanaman.

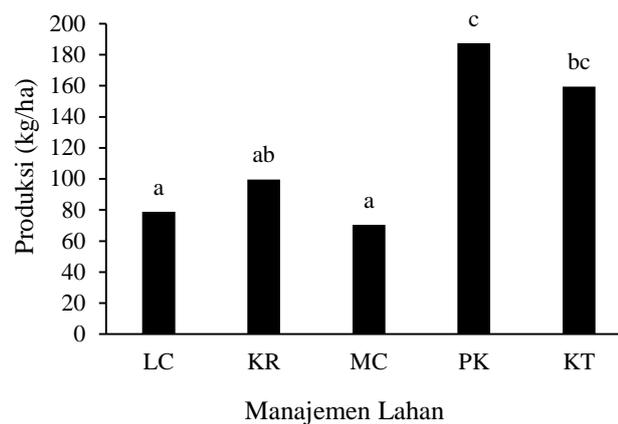
Berikut merupakan grafik (Gambar 6) biomassa tanaman kopi pada setiap manajemen lahan.



Gambar 7. Biomassa Tanaman Kopi

Keterangan: LC= Pinus (jarak tanam 3mx2m) +kopi tidak dirawat; KR= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang direbahkan; MC= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) + Kopi yang dipangkas; PK= Pinus (jarak tanam 3m x 2m ) +Kopi yang dipupuk; KT= Pinus (jarak tanam 6m x 2m) +Kopi. Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata.

Berdasarkan hasil analisis, manajemen lahan berbasis pinus-kopi yang dilakukan perawatan berupa pemangkasan cabang yang tidak produktif serta pemberian pupuk kandang dengan jarak tanam 3m x 2m (PK) memiliki nilai biomassa tanaman kopi tertinggi. Hal tersebut karena adanya penambahan bahan organik yang mempengaruhi ketersediaan unsur hara didalam tanah sehingga unsur hara pada tanaman kopi tercukupi dan biomassa kopi meningkat. Biomassa pohon akan meningkat sampai umur tertentu dan kemudian pertambahan biomassa akan menurun sampai akhirnya berhenti berproduktivitas (mati). Pujiyanto *et al.*, (1998) mengemukakan bahwa DBH tanaman dan biomassa tanaman ditentukan oleh keseimbangan unsur hara, air dan cahaya matahari.



Gambar 8. Produksi Tanaman Kopi

Keterangan: LC= Pinus (jarak tanam 3mx2m) +kopi tidak dirawat; KR= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang direbahkan; MC= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) + Kopi yang dipangkas; PK= Pinus (jarak tanam 3m x 2m ) +Kopi yang dipupuk; KT= Pinus (jarak tanam 6m x 2m) +Kopi. Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata.

Hasil produksi pohon kopi tertinggi dengan produksi sebesar 187.3 kg/ha di manajemen lahan pinus-kopi yang dilakukan perawatan berupa pemangkasan cabang yang tidak produktif serta dilakukan pemberian pupuk kandang (PK) (Gambar 7). Pemberian pupuk kandang 4 kg/pohon dilakukan untuk mempertahankan dan memperbaiki kesuburan tanah, sehingga produktivitas tanah meningkat dan hasil yang diperoleh hasil tanaman dapat optimal. Kesuburan tanah dapat ditingkatkan melalui pemberian pupuk organik kedalam tanah. Menurut Poudel *et al.*, (2010) penggunaan pupuk organik pada tanaman kopi berpengaruh terhadap produksi kopi arabika.

Pemberian pupuk kandang mampu memperbaiki status hara, meningkatkan daya retensi air dan kemudian diserap oleh tanaman serta mampu memacu meningkatkan produksi kopi dibandingkan tanpa adanya manajemen yang kebutuhan unsur haranya tidak tercukupi untuk tanaman kopi sehingga produksi tanaman kopi lebih rendah. Pujiyanto (2013) mengemukakan aplikasi pupuk kandang salah satu jenis pupuk organik dapat meningkatkan produksi kopi dibandingkan dengan tanpa penggunaan pupuk kandang. Pemberian pupuk kandang yang telah matang mampu memperbaiki status hara, meningkatkan daya retensi air, memperbaiki kesehatan tanah, menstimulasi pertumbuhan serta dapat meningkatkan

aktivitas enzim sehingga berdampak terhadap perbaikan sifat fisik dan kimia tanah (Adnyana, 2011).

#### 4.2 Tekstur Tanah

Tekstur tanah di antara lokasi penelitian tidak berbeda nyata (Table 3). Tekstur tanah di lokasi penelitian adalah lempung berdebu. Dengan tekstur tanah yang sama di antara lokasi penelitian maka bila terjadi perbedaan sifat fisik tanah dapat diinterpretasikan karena perbedaan manajemen lahan.

Tabel 3. Rerata fraksi pasir, debu dan liat di lokasi penelitian.

Perlakuan	Fraksi (%)		
	Pasir	Debu	Liat
LC	18.21	62.84	18.95
KR	18.38	63.31	18.31
MC	18.07	62.51	19.42
PK	17.88	61.80	20.33
KT	19.43	62.35	18.23

Keterangan: LC= Pinus (jarak tanam 3mx2m) +kopi tidak dirawat; KR= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang direbahkan; MC= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang dipangkas; PK= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang dipupuk; KT= Pinus (jarak tanam 6m x 2m) +Kopi. Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata.

Hasil analisis menunjukkan diantara perlakuan manajemen lahan pinus jarak tanam 3m x 2m - kopi serta manajemen lahan pinus jarak tanam 6m x 2m – kopi pada lahan agroforestri memiliki tesktur lempung berdebu, yang memiliki peran dalam mengatur sifat fisika tanah sehingga dapat mengikat air dan hara dalam tanah. Hal tersebut menandakan sistem aerasi yang baik karena memiliki ruang pori yang berukuran besar sehingga daya hantar air cepat namun kemampuan dalam menahan air rendah (Baso *et al.*, 2014).

#### 4.3 Berat Isi, Berat Jenis dan Porositas Tanah

Berdasarkan hasil uji Anova memberikan pengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap berat isi, berat jenis dan porositas tanah, (Lampiran 7, 8 dan 9). Berat isi, berat jenis dan porositas tanah di kedalaman 0-20 cm berpengaruh nyata di setiap manajemen lahan pinus-kopi (Tabel 4).

Tabel 4. Berat Isi, Berat Jenis dan Porositas Tanah Kedalaman 0-20 cm

Perlakuan	BI (g/cm <sup>3</sup> )	BJ (g/cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)
LC	0.59 a	1.43 a	48.66 a
KR	0.65 ab	1.49 ab	56.04 ab
MC	0.68 ab	1.64 abc	57.57 ab
PK	0.75 b	1.82 c	67.69 c
KT	0.69 ab	1.71 bc	59.37 bc

Keterangan: LC= Pinus (jarak tanam 3mx2m) +Kopi tidak dirawat; KR= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang direbahkan; MC= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) + Kopi yang dipangkas; PK= Pinus (jarak tanam 3m x 2m )+Kopi yang dipupuk; KT= Pinus (jarak tanam 6m x 2m) +Kopi. Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata.

Hasil analisis menunjukkan nilai berat isi, berat jenis dan porositas tanah terendah terdapat pada manajemen lahan tidak dirawat (LC) sedangkan nilai tertinggi yaitu pada manajemen lahan yang dipupuk (PK). Pada lahan pinus dengan jarak tanam 3m x 2m + kopi yang dipupuk dilakukan perawatan berupa pemangkasan cabang yang tidak produktif serta pemberian pupuk kandang sebesar 4 kg/pohon. Barzegar *et al.*, (2002) mengemukakan bahwa pemberian berupa pupuk kandang mampu berperan dalam memperbaiki sifat berat isi tanah pada lapisan olah (0-20 cm). Penambahan pupuk kandang memiliki pengaruh terhadap struktur tanah dan akan memperbesar ruang pori tanah. Porositas tanah atau total ruang pori tinggi dipengaruhi oleh bahan organik tanah (Sutanto, 2002).

Tabel 5. Berat Isi, Berat Jenis dan Porositas Tanah Kedalaman 20-40 cm

Perlakuan	BI (g/cm <sup>3</sup> )	BJ (g/cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)
LC	0.54	1.34	48.19
KR	0.64	1.52	55.44
MC	0.67	1.55	55.79
PK	0.69	1.64	66.88
KT	0.69	1.61	58.79

Keterangan: LC= Pinus (jarak tanam 3mx2m) +kopi tidak dirawat; KR= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang direbahkan; MC= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) + Kopi yang dipangkas; PK= Pinus (jarak tanam 3m x 2m )+Kopi yang dipupuk; KT= Pinus (jarak tanam 6m x 2m) +Kopi. Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata.

Nilai berat isi, berat jenis dan porositas tanah kedalaman 20 - 40 cm di antara lokasi penelitian tidak berbeda nyata (Tabel 5). Hal tersebut disebabkan oleh penurunan nilai berat isi tanah sehingga tanah mengalami kepadatan, semakin padat suatu tanah maka semakin tinggi bobot isinya yang berarti tanah semakin

sulit ditembus oleh akar tanaman. Herdiansyah (2011) mengemukakan bahwa pemberian bahan organik kedalam tanah dapat meningkatkan jumlah ruang pori tanah dan membentuk struktur tanah yang remah sehingga akan menurunkan berat isi tanah.

Tabel 6. Berat Isi, Berat Jenis dan Porositas Tanah Kedalaman 40-60 cm

Perlakuan	BI (g/cm <sup>3</sup> )	BJ (g/cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)
LC	0.58 a	1.46 a	52.08 a
KR	0.60 ab	1.50 ab	53.24 a
MC	0.64 bc	1.58 abc	61.54 b
PK	0.72 d	1.77 c	65.69 b
KT	0.68 cd	1.69 bc	63.66 b

Keterangan: LC= Pinus (jarak tanam 3mx2m) +kopi tidak dirawat; KR= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang direbahkan; MC= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) + Kopi yang dipangkas; PK= Pinus (jarak tanam 3m x 2m ) +Kopi yang dipupuk; KT= Pinus (jarak tanam 6m x 2m) +Kopi. Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata.

Nilai berat isi, berat jenis dan porositas tanah kedalaman 40-60 cm (Tabel 6) berpengaruh nyata di setiap perlakuan manajemen lahan. Nilai berat isi, berat jenis dan porositas tanah tertinggi terdapat terdapat pada manajemen lahan yang dilakukan perawatan berupa pemangkasan cabang yang tidak produktif serta pemberian pupuk kandang sebesar 4 kg/pohon (PK). Nilai terendah terdapat pada manajemen lahan tidak dirawat (LC).

Tabel 7. Berat Isi, Berat Jenis dan Porositas Tanah Kedalaman 60-80 cm

Perlakuan	BI (g/cm <sup>3</sup> )	BJ (g/cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)
LC	0.54 a	1.41 a	46.46 a
KR	0.60 ab	1.42 a	50.89 ab
MC	0.66 bc	1.54 a	57.16 ab
PK	0.73 c	1.81 b	70.10 c
KT	0.68 bc	1.55 a	59.58 bc

Keterangan: LC= Pinus (jarak tanam 3mx2m) +kopi tidak dirawat; KR= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang direbahkan; MC= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) + Kopi yang dipangkas; PK= Pinus (jarak tanam 3m x 2m ) +Kopi yang dipupuk; KT= Pinus (jarak tanam 6m x 2m) +Kopi. Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata.

Berdasarkan dari klasifikasi berat isi tanah, perbedaan manajemen lahan agroforestri pada kedalaman satu, dua, tiga dan empat termasuk kedalam kelas berat isi rendah (Lampiran 10). Tanah yang mengandung bahan organik tinggi akan memiliki nilai berat isi yang rendah, sebaliknya tanah yang mengandung bahan organik yang rendah memiliki berat isi yang tinggi. Rendahnya berat isi

tanah juga disebabkan karena bahan organik didalam tanah yang relatif tinggi. Bahan organik yang tinggi menyebabkan porositas meningkat dan berat isi tanah menurun sehingga meminimalisir terjadinya kepadatan tanah. Hasil penelitian Pravin *et al.*, (2013) menunjukkan bahwa kandungan bahan organik tanah menentukan tinggi-rendahnya bobot isi tanah. Jika tanah memiliki nilai porositas yang tinggi, maka tanah tersebut memiliki kemampuan untuk mendistribusikan air dan udara dengan lebih baik sehingga dapat menunjang perakaran tanaman untuk penetrasi didalam tanah lebih maksimal. Penambahan bahan organik berupa pupuk kandang akan memberikan peningkatan terhadap pori tanah serta mampu menurunkan berat isi tanah. Menurut Forth, 1994 (dalam Dwitanto, 2015) bahwa pori dalam tanah akan mempermudah terjadinya sirkulasi udara dan air dalam tanah sehingga memberikan kondisi yang optimum bagi perakaran tanaman selain itu kemampun tanah dalam menahan air dapat meningkat sehingga pertumbuhan tanaman beserta hasil produksinya baik.

#### 4.4 Kondisi Air Tanah dalam kondisi Kapasitas Lapangan

Kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapangan pada kondisi tertentu membuat tanah mampu menyediakan air yang cukup atau seimbang bagi kebutuhan tanaman. Hasil analisis keragaman manajemen agroforestri kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang diantara lokasi penelitian disajikan pada tabel 8.

Tabel 8. Kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapangan

Perlakuan	Kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapangan (% volume)			
	Kedalaman (cm)			
	0-20	20-40	40-60	60-80
LC	0.40 a	0.43	0.45	0.39 a
KR	0.45 ab	0.45	0.47	0.46 ab
MC	0.49 abc	0.46	0.49	0.49 bc
PK	0.52 bc	0.46	0.49	0.51 bc
KT	0.56 bc	0.47	0.53	0.57 c

Keterangan: LC= Pinus (jarak tanam 3mx2m) +kopi tidak dirawat; KR= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang direbahkan; MC= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) + Kopi yang dipangkas; PK= Pinus (jarak tanam 3m x 2m ) +Kopi yang dipupuk; KT= Pinus (jarak tanam 6m x 2m) +Kopi. Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata.

Perbedaan manajemen lahan agroforestri berbeda nyata terhadap nilai kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapangan di kedalaman 0-20 cm dan kedalaman 60-80 cm, namun di kedalaman 20-40 cm dan 40-60 cm tidak berbeda nyata

( $p < 0,05$ ) (Lampiran 11). Hasil analisis nilai kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapangan disimpulkan bahwa perlakuan manajemen lahan pinus jarak tanam 6m x 2m + kopi (KT) lebih baik dibandingkan perlakuan manajemen lahan pinus + kopi tidak dirawat (LC). Terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap daya menahan kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapangan antara lain tekstur dan bahan organik. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan kadar air pada kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapangan, sehingga daya menahan air meningkat dan berdampak pada peningkatan ketersediaan air untuk pertumbuhan tanaman (Delsiyanti *et al.*, 2016). Selain itu, pengaturan jarak tanam juga dapat mempengaruhi adanya kadar air didalam tanah. Jarak tanam yang sesuai dapat mengurangi kompetisi antar tanaman terhadap kadar air. Sehingga antara tanaman kopi dengan pohon pinus dapat memaksimalkan kadar air di dalam tanah untuk pertumbuhan yang optimal.

#### 4.5 Infiltrasi Tanah

Rata-rata selisih air yang masuk ke dalam tanah pada awal pengukuran infiltrasi tinggi. Kemudian selisih air yang masuk kedalam tanah cenderung turun dan mencapai laju infiltrasi yang tetap (Infiltrasi konstan). Perbedaan manajemen lahan menyebabkan variasi nilai infiltrasi tanah (Tabel 9). Nilai laju infiltrasi tertinggi terdapat pada perlakuan manajemen lahan pinus-kopi yang dilakukan perawatan berupa pemangkasan cabang yang tidak produktif serta pemberian pupuk (PK). Jika dilihat dari hasil Tabel 9, setiap perlakuan memiliki perbedaan manajemen lahan yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya nilai infiltrasi. Bertambahnya waktu pengukuran infiltrasi diperoleh dari penurunan infiltrasi yang semakin kecil, hal tersebut sesuai dengan penelitian Wibowo (2010) yang mengemukakan bahwa pengaruh waktu terhadap infiltrasi yaitu semakin lama waktu infiltrasi maka semakin kecil laju infiltrasi. Keadaan tersebut disebabkan oleh tanah yang semakin jenuh. Hasil analisis perhitungan laju infiltrasi menggunakan model perhitungan infiltrasi Philips yang diperoleh nilai konstanta Sorptivity tanah dan Infiltrasi tanah di setiap manajemen lahan, sehingga dapat ditemukan persamaan laju infiltrasi untuk setiap manajemen lahan seperti Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Nilai Laju Infiltrasi Konstanta Sorptivity dan Infiltrasi

Perlakuan	Sorptivity Tanah	Infiltrasi Tanah (cm jam <sup>-1</sup> )
LC	0.373 ab	10.44
KR	0.337 ab	10.21
MC	0.307 a	9.86
PK	0.377 b	10.47
KT	0.313 ab	9.91

Keterangan: LC= Pinus (jarak tanam 3mx2m) +kopi tidak dirawat; KR= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang direbahkan; MC= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) + Kopi yang dipangkas; PK= Pinus (jarak tanam 3m x 2m) +Kopi yang dipupuk; KT= Pinus (jarak tanam 6m x 2m) + Kopi.

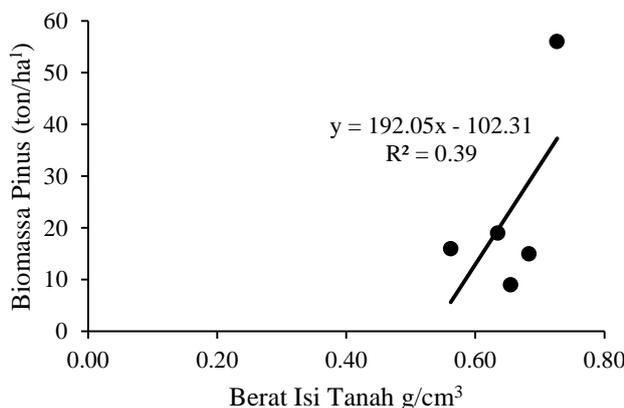
Berdasarkan hasil analisis uji anova, maka nilai infiltrasi konstanta Infiltrasi tanah tidak berbeda nyata ( $p>0,05$ ) sedangkan nilai Sportivitas tanah berbeda nyata ( $p<0,05$ ) (Lampiran 10). Hal tersebut dipengaruhi faktor lain seperti tekstur, bahan organik dan KTK. Hal ini sesuai dengan pernyataan Arsyad (2006) bahwa bahan organik juga meningkatkan jumlah dan aktivitas organisme makro dan mikro dalam tanah. Jika dilihat dari hasil perhitungan model Philips nilai konstanta Sportivitas tanah dan Infiltrasi tanah di setiap manajemen lahan termasuk kedalam kelas sedang, hal tersebut sesuai dengan persamaan perhitungan infiltrasi model Philips (1996a) bahwa konstanta nilai infiltrasi 6.0-12.5 termasuk kedalam kelas sedang. Hidayah (2000) mengemukakan bahwa penurunan nilai laju infiltrasi terjadi oleh penurunan potensi kapiler tanah akibat peningkatan kandungan air tanah.

#### 4.6 Hubungan Sifat Fisik Tanah dengan Pertumbuhan Pinus

##### 4.6.1 Berat Isi Tanah

Dari hasil analisis koefisien determinasi (Gambar 8) menunjukkan bahwa berat isi tanah mempengaruhi pertumbuhan pinus sebesar 39% ( $R^2 = 0,39$ ) dengan korelasi sebesar  $r = 0,62$  (Lampiran 12). Sehingga, jika dilihat dari grafik (Gambar 8) hubungan pertumbuhan pinus terlihat mengalami peningkatan dengan meningkatnya nilai berat isi tanah. Namun, hasil dari hubungan tersebut berbanding terbalik dengan pernyataan Kartasapoetra (1991) bahwa semakin tinggi nilai berat isi tanah menyebabkan kepadatan tanah meningkat, aerasi dan drainase menjadi terganggu, sehingga perkembangan akar dalam pertumbuhan tanaman menjadi tidak normal. Hal

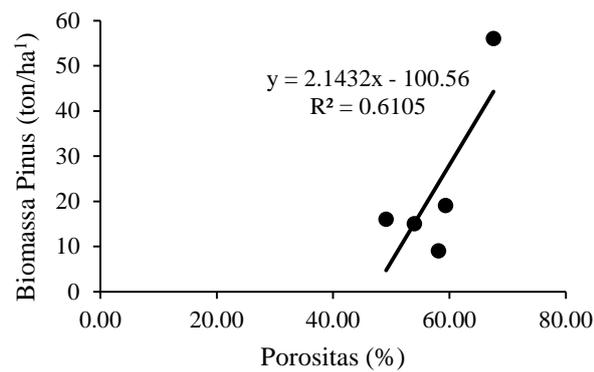
tersebut dipengaruhi faktor lain seperti pengolahan tanah, kedalaman tanah dan bahan organik. Kedalaman tanah menunjukkan pengaruh nyata terhadap berat isi tanah (Karlen *et al.*, 1994), sehingga dapat disimpulkan bahwa tingginya nilai hubungan berat isi tanah di berbagai manajemen agroforestri dipengaruhi oleh faktor kedalaman tanah.



Gambar 9. Hubungan Berat Isi Tanah dengan Pertumbuhan Pinus.

#### 4.6.2 Porositas Tanah

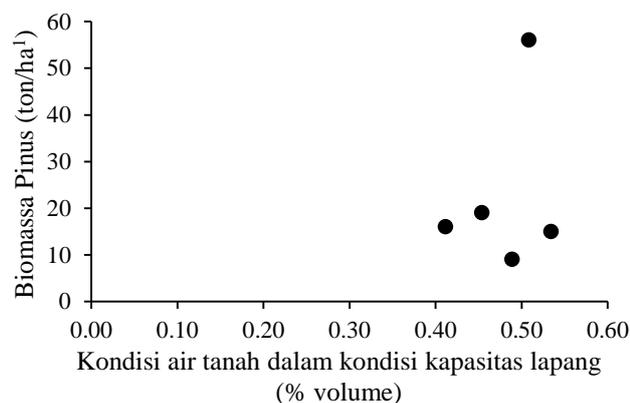
Hasil analisis korelasi (Lampiran 12) menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif sangat nyata antara porositas tanah dengan pertumbuhan pinus ( $r = 0,78$ ). Koefisien determinasi (Gambar 9) menunjukkan bahwa porositas tanah mempengaruhi pertumbuhan pinus sebesar 61% ( $R^2 = 0,61$ ). Dari analisis korelasi dan koefisien determinasi dapat diketahui bahwa porositas tanah mempengaruhi pertumbuhan pinus. Hal ini diduga semakin banyak bahan organik yang diberikan dari pupuk kandang dapat membantu aerasi tanah sehingga akan memperlancar gerakan udara dan air didalam tanah dan akan mempengaruhi sistem perakaran tanaman. Menurut Sutanto (2002) mengemukakan bahwa porositas tanah dipengaruhi oleh bahan organik.



Gambar 10. Hubungan Porositas Tanah dengan Pertumbuhan Pinus.

#### 4.6.3 Kondisi Air Tanah dalam Kondisi Kapasitas Lapangan

Hasil uji korelasi (Lampiran 12) antara kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapangan dengan pertumbuhan pinus menunjukkan korelasi rendah ( $r = 0,26$ ). Dari data korelasi tersebut menunjukkan tidak terdapat pengaruh hubungan antara kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapangan dengan pertumbuhan pinus. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat pengaruh dari sifat fisik yang lain seperti berat isi tanah dan porositas tanah. Salah satu upaya perbaikan sifat fisik tanah dengan pengolahan tanah untuk memperoleh hasil pertumbuhan tanaman yang optimal (Chaudhary *et al.*, 1995).

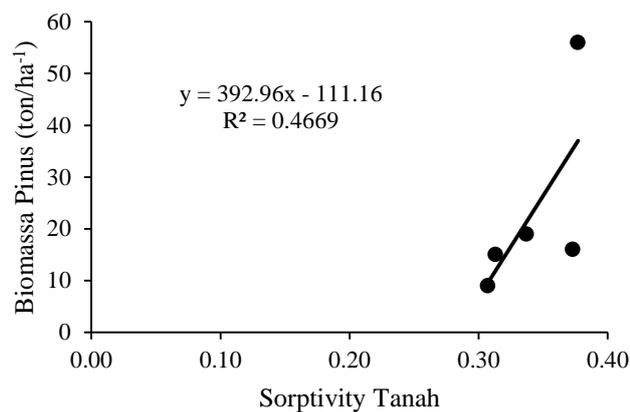


Gambar 11. Hubungan Kondisi Air Tanah dengan Pertumbuhan Pinus.

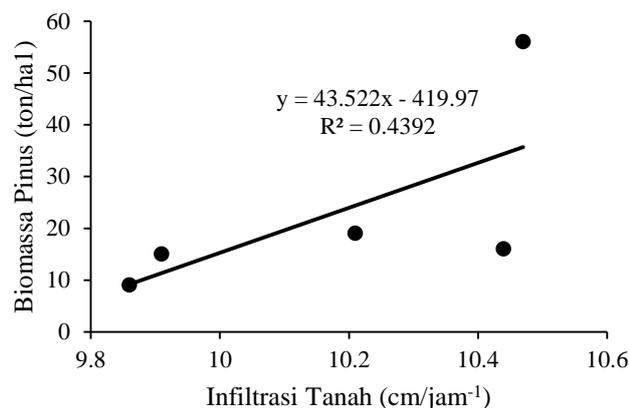
#### 4.6.4 Sorptivity Tanah dan Infiltrasi Tanah

Hasil analisis korelasi (Lampiran 12) antara nilai sorptivity tanah dengan pertumbuhan pinus menunjukkan korelasi sebesar  $r = 0,68$ . Koefisien determinasi (Gambar 11) menunjukkan adanya pengaruh hubungan antara nilai sportivitas tanah dengan pertumbuhan tanaman pinus sebesar 46% ( $R^2$

= 0,46). Nilai sorptivity merupakan hasil nilai konstanta dari bentuk persamaan perhitungan laju infiltrasi model philip (Chow *et al.*, 1988). Hasil analisis korelasi infiltrasi tanah dengan pertumbuhan pinus (Lampiran 12) menunjukkan nilai korelasi  $r = 0,66$ . Dapat diketahui koefisien determinasi (Gambar 12) infiltrasi tanah memiliki hubungan dengan pertumbuhan pinus 0,43% ( $R^2 = 0,43$ ). Hasil tersebut menunjukkan kecenderungan positif yaitu semakin tinggi infiltrasi tanah maka pertumbuhan meningkat. Berdasarkan penjelasan diatas bahwa nilai sportivitas tanah dan infiltrasi tanah mempengaruhi pertumbuhan pinus. Hal tersebut dipengaruhi bahan organik. Pengaruh bahan organik terhadap tanah sangat besar. Bahan organik mempengaruhi sifat fisik tanah serta memperbaiki sifat fisik tanah, sehingga akan meningkatkan laju infiltrasi pada tanah (Arsyad, 2006).



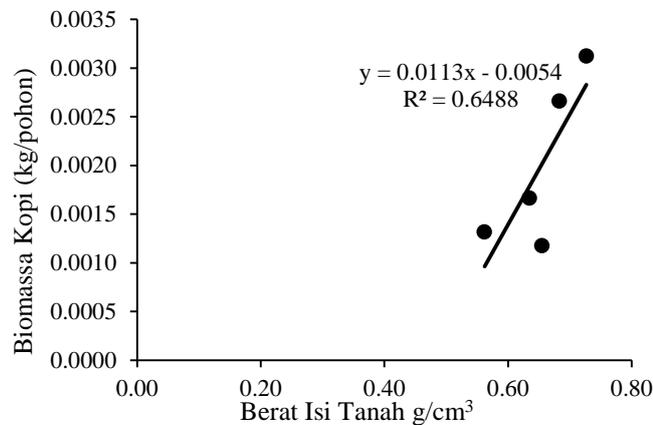
Gambar 12. Hubungan Sorptivity Tanah dengan Pertumbuhan Pinus.



Gambar 13. Hubungan Infiltrasi Tanah dengan Pertumbuhan Pinus.

## 4.7 Hubungan Sifat Fisik Tanah dengan Pertumbuhan Kopi

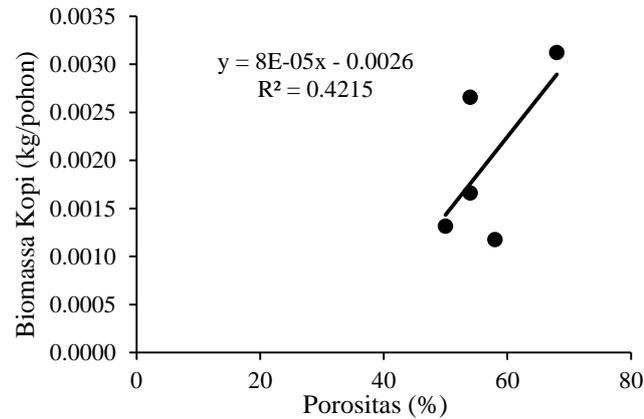
### 4.7.1 Berat Isi Tanah



Gambar 14. Hubungan Berat Isi Tanah dengan Pertumbuhan Kopi.

Koefisien determinasi (Gambar 13) menunjukkan bahwa berat isi tanah mempengaruhi pertumbuhan kopi sebesar 64% ( $R^2 = 0,64$ ) dengan nilai korelasi sebesar  $r=0,80$  (Lampiran 12). Sehingga, jika dilihat dari grafik (Gambar 13) hubungan pertumbuhan kopi terlihat mengalami peningkatan dengan meningkatnya nilai berat isi tanah. Tingginya nilai berat isi tanah mengakibatkan kepadatan pada tanah. Hal tersebut dipengaruhi oleh adanya faktor pengolahan tanah secara intensif. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Wirosedarmo (2013) bahwa nilai berat isi dapat dipengaruhi oleh pengolahan tanah. Jika pengolahan tanah dilakukan dilakukan secara benar maka nilai berat isi akan sesuai dan begitu juga sebaliknya, sehingga pertumbuhan tanaman dapat tumbuh dengan optimal.

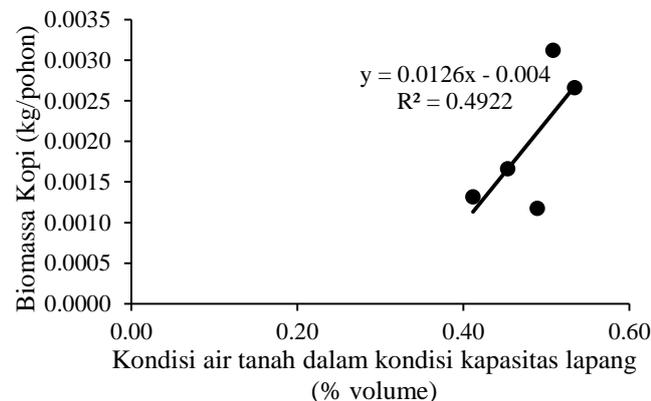
#### 4.7.2 Porositas Tanah



Gambar 15. Hubungan Porositas Tanah dengan Pertumbuhan Kopi.

Hasil analisis korelasi (Lampiran 12) berkorelasi positif antara porositas tanah dengan pertumbuhan pinus ( $r = 0,57$ ). Koefisien determinasi (Gambar 14) menunjukkan bahwa porositas tanah mempengaruhi pertumbuhan kopi sebesar 42% ( $R^2 = 0,42$ ). Dari analisis korelasi dan koefisien determinasi dapat diketahui bahwa porositas tanah mempengaruhi pertumbuhan kopi. Menurut Hanafiah (2005) porositas menentukan tingkat kemampuan tanah untuk dilalui oleh aliran air atau kecepatan aliran air untuk melewati massa tanah (Perkolasi). Hal tersebut sejalan dengan Hardjowigeno (2010) menyatakan bahwa porositas tinggi disebabkan bahan organik yang tinggi.

#### 4.7.3 Kondisi Air Tanah dalam Kondisi Kapasitas Lapangan



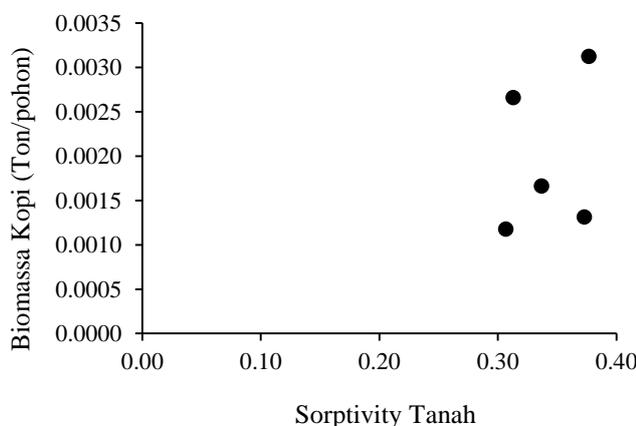
Gambar 16. Hubungan Kondisi Air Tanah dengan Pertumbuhan Kopi.

Hasil uji korelasi (Lampiran 12) antara kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapangan dengan pertumbuhan kopi menunjukkan korelasi

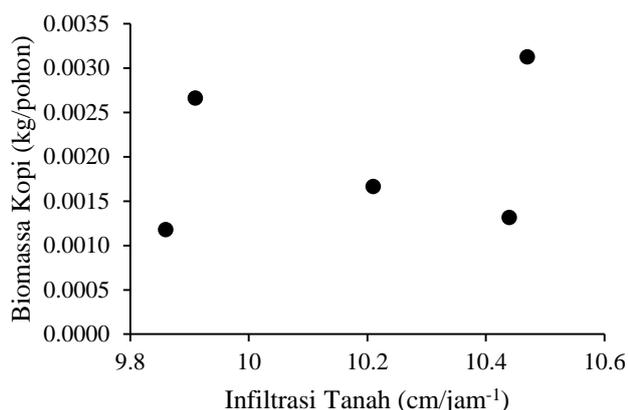
( $r = 0,70$ ). Dari data korelasi tersebut menunjukkan terdapat pengaruh hubungan antara kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapangan dengan pertumbuhan kopi. Koefisien determinasi (Gambar 15) menunjukkan bahwa pengaruh hubungan kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang 49% ( $R^2 = 0,49$ ). Air tanah dalam kondisi kapasitas lapang berfungsi sebagai sumber air yang dibutuhkan oleh tanaman untuk tetap tumbuh, sehingga tanaman dapat lebih efisien dalam memanfaatkan sumber air. Menurut Handoyo (2010) air yang diserap oleh akar tanaman akan ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman. Sehingga tanaman yang dapat memanfaatkan air dalam tanah dengan optimal dapat meningkatkan biomassa tanaman serta pertumbuhan tanaman itu sendiri.

#### 4.7.4 Sorptivity Tanah dan Infiltrasi Tanah

Hasil analisis korelasi (Lampiran 12) antara nilai sorptivity tanah dan nilai infiltrasi tanah dengan pertumbuhan kopi menunjukkan korelasi rendah ( $r = 0,26$ ) dan ( $r = 0,22$ ). Dari data korelasi tersebut menunjukkan tidak terdapat pengaruh hubungan yang nyata antara sorptivity tanah dan infiltrasi tanah dengan pertumbuhan kopi (Gambar 16, Gambar 17). Hal tersebut disebabkan oleh air yang jatuh ke permukaan tanah tertahan oleh seresah, sehingga terjadi limpasan permukaan atau terjadi evapotranspirasi. Pernyataan tersebut sesuai dengan Arrijani (2006) bahwa faktor yang memberikan pengaruh besar terhadap peningkatan laju infiltrasi adalah produksi seresah masing-masing tanaman.



Gambar 17. Hubungan Sorptivity Tanah dengan Pertumbuhan Kopi.

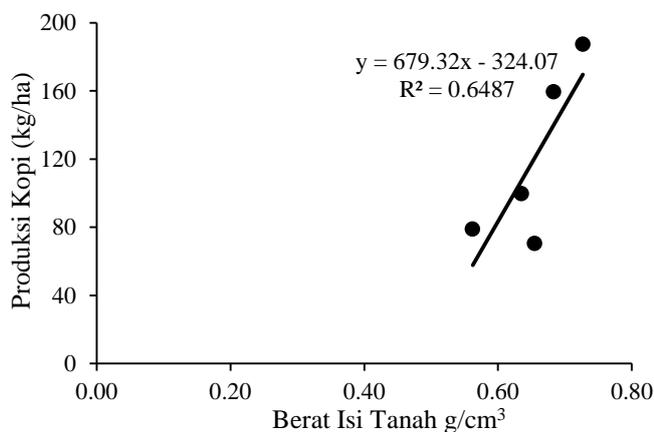


Gambar 18. Hubungan infiltrasi dengan pertumbuhan kopi.

#### 4.8 Hubungan Sifat Fisik Tanah dengan Produksi Kopi

##### 4.8.1 Berat Isi Tanah

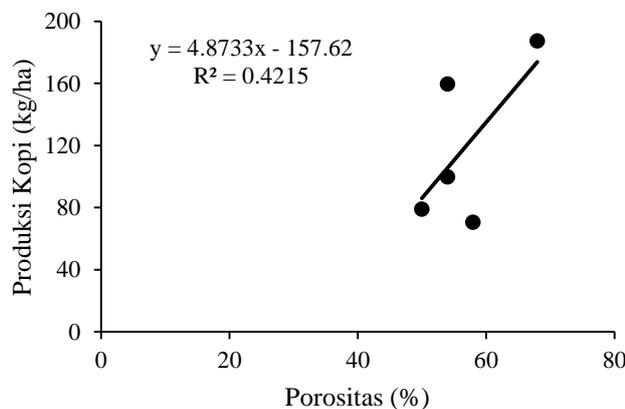
Koefisien determinasi (Gambar 18) menunjukkan bahwa berat isi tanah mempengaruhi produksi kopi sebesar 64% ( $R^2 = 0,64$ ) dengan korelasi sebesar  $r = 0,80$  (Lampiran 12). Jika dilihat dari grafik (Gambar 18) hubungan produksi kopi terlihat mengalami peningkatan dengan meningkatnya nilai berat isi tanah. Namun, hasil dari hubungan tersebut berbanding terbalik dengan pernyataan Pairunan (1995) bahwa berat isi yang baik untuk pertumbuhan tanaman yaitu berat isi yang memiliki nilai rendah, sebab semakin tinggi nilai berat isi suatu lahan maka semakin padat tanah tersebut, dan mengakibatkan perakaran pada tanaman tidak optimal dan dapat mengganggu produksi tanaman.



Gambar 19. Hubungan Berat Isi Tanah dengan Produksi Kopi.

#### 4.8.2 Porositas Tanah

Hasil analisis korelasi (Lampiran 12) berkorelasi positif antara porositas tanah dengan pertumbuhan pinus ( $r = 0,57$ ). Koefisien determinasi (Gambar 19) menunjukkan bahwa porositas tanah mempengaruhi produksi kopi sebesar 42% ( $R^2 = 0,42$ ). Dari analisis korelasi dan koefisien determinasi dapat diketahui hubungan produksi kopi terlihat mengalami peningkatan dengan meningkatnya porositas tanah. Tingginya porositas tanah dipengaruhi oleh adanya bahan organik yang tinggi (Hardjowigeno, 2010). Namun, hal tersebut berbanding terbalik dengan hasil nilai berat isi tanah. Apabila tanah memiliki berat isi tinggi maka porositas rendah, sebaliknya apabila berat isi rendah maka porositas tinggi (Hairiah, 2000).

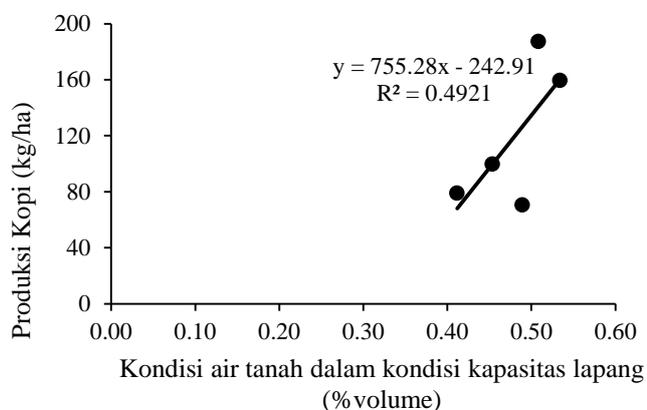


Gambar 20. Hubungan Porositas Tanah dengan Produksi Kopi.

#### 4.8.3 Kondisi Air Tanah dalam Kondisi Kapasitas Lapang

Hasil uji korelasi (Lampiran 12) antara kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang dengan produksi kopi menunjukkan korelasi ( $r = 0,70$ ). Dari data korelasi tersebut menunjukkan terdapat pengaruh hubungan antara kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang dengan produksi kopi. Koefisien determinasi (Gambar 20) menunjukkan bahwa pengaruh hubungan kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang 49% ( $R^2 = 0,49$ ). Apabila kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang yang dibutuhkan oleh tanaman kopi dapat diserap secara optimal maka akan memberikan pertumbuhan secara optimal dan akan meningkatkan hasil produksi biji kopi. Menurut Martoyo dan Tambunan (2008) terdapat hubungan yang positif antara kapasitas air dalam tanah terhadap pertumbuhan tanaman.

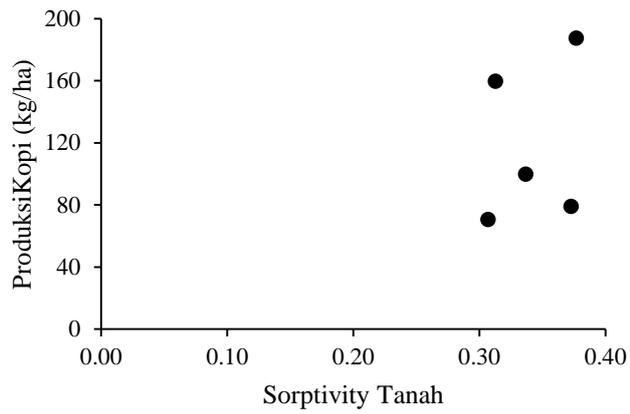
Semakin tercukupi kapasitas air pada tanaman, maka akan semakin baik pula produksi biji tanaman.



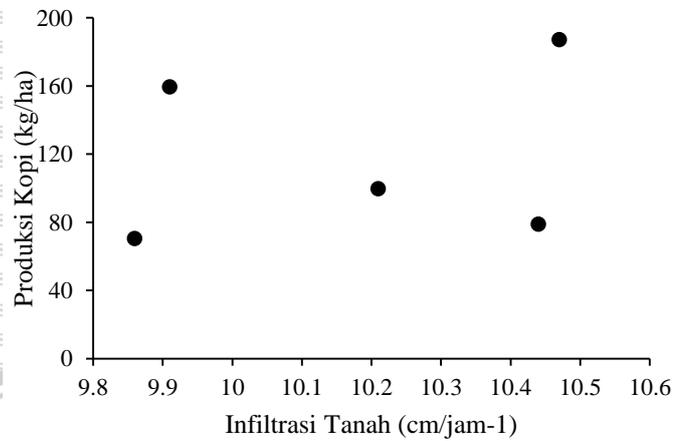
Gambar 21. Hubungan Kondisi Air Tanah dengan Produksi Kopi.

#### 4.8.4 Sorptivity tanah dan Infiltrasi tanah

Hasil analisis korelasi (Lampiran 12) antara nilai sorptivity tanah dan nilai infiltrasi tanah dengan produksi kopi menunjukkan korelasi rendah ( $r = 0,26$ ) dan ( $r = 0,22$ ). Dari data korelasi tersebut menunjukkan tidak terdapat pengaruh hubungan yang nyata antara sorptivity tanah dan infiltrasi tanah dengan produksi kopi (Gambar 21, Gambar 22). Namun, hal tersebut disebabkan oleh air yang jatuh ke permukaan tanah tertahan oleh seresah, sehingga terjadi limpasan permukaan atau terjadi evapotranspirasi. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Pramono dan Adi (2017) bahwa ketebalan seresah daun dibawah tanaman berpengaruh terhadap besarnya curah hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah. Sehingga air yang masuk ke permukaan tanah tidak masuk secara langsung ke dalam tanah, namun akan tertahan oleh seresah. Pernyataan tersebut sesuai dengan Arrijani (2006) bahwa faktor yang memberikan pengaruh besar terhadap peningkatan laju infiltrasi adalah produksi seresah masing-masing tanaman.



Gambar 22. Hubungan Sorptivity Tanah dengan Produksi Kopi.



Gambar 23. Hubungan Infiltrasi Tanah dengan Produksi Kopi.



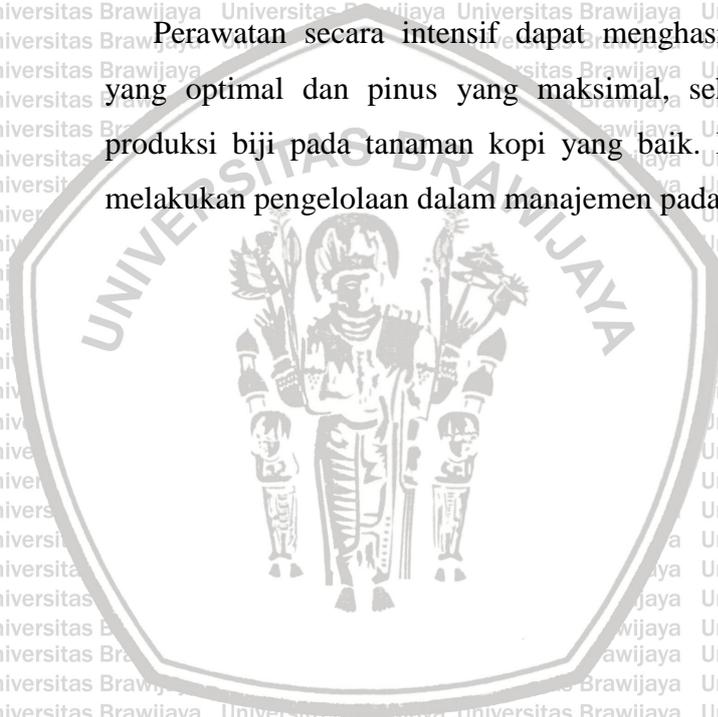
## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Manajemen kopi yang semakin intensif memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan kopi serta produksi kopi yang semakin meningkat, namun pertumbuhan pinus tidak mengalami penurunan.
2. Manajemen kopi yang intensif memberikan pengaruh nyata terhadap keragaman sifat fisik tanah dalam sistem agroforestri berbasis pinus-kopi. hal tersebut menunjukkan terhadap manajemen lahan pinus-kopi yang dilakukan perawatan serta dikombinasikan dengan pemberian pupuk kandang.
3. Hubungan pertumbuhan pinus, pertumbuhan kopi serta produksi kopi dengan keragaman sifat fisik tanah di sistem agroforestri berbasis pinus-kopi di setiap manajemen lahan mampu memperbaiki sistem pertumbuhan pinus dan pertumbuhan kopi serta produksi kopi. Sehingga semakin intensif manajemen yang dilakukan maka pertumbuhan dan produksi kopi semakin baik.

### 5.2 Saran

Perawatan secara intensif dapat menghasilkan pertumbuhan tanaman kopi yang optimal dan pinus yang maksimal, sehingga dapat menghasilkan hasil produksi biji pada tanaman kopi yang baik. Namun, perlu diperhatikan dalam melakukan pengelolaan dalam manajemen pada tanaman kopi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, I.M. 2011. Peningkatan Kualitas Tanah dalam Mewujudkan Produktivitas Lahan Pertanian secara Berkelanjutan. *Jurnal Bumi Lestari*, 11 (1) : 131-137.
- Ali, S.A. 2009. Fisika Tanah Dasar Teori dan Praktek. Fakultas Pertanian. Universitas Syiah Kuala.
- Alrasjid H; D.Natawiria dan A.Ng. Gintings. 1983. Pembinaan Hutan Pinus Khususnya Pinus merkusii Untuk Penghara Industri. Pusat Litbang Hasil Hutan dan Perum Perhutani 27-28 Juli 1983. Simpo Pinus'83 Proceeding. Jakarta.
- Arrijani. 2006. Korelasi Model Arsitektur Pohon dengan Laju Aliran Batang, Curahan Tajuk, Infiltrasi, Aliran Permukaan dan Erosi. Disertasi Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, IPB, Bogor.
- Arsyad, S. 2006. Konservasi Tanah dan Air. Bandung: IPB Press.
- Baso, M S. G. Uswah, U. Monde, A., 2014. Variabilitas Sifat Fisika Tanah Dan C-Organik Pada Lahan Hutan dan Perkebunan Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Di Desa Sejahtera Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi. e-J. *Agrotekbis* 2 (6): 565-572.
- Barrow, C.J. 1991. *Land Degradation: Development and Breakdown of Terrestrial Environment*. Great Britain. Cambridge University Press.
- Barzegar, A.R., Yousefi, A. dan Daryashenas, A. 2002. *The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat*. *Plant and Soil* 247, 295-301.
- Buckman, H.O. dan N.C. Brady. 1982. Ilmu Tanah. Bhratara Karya Aksara. Jakarta. 788 hal.
- Chaudhary, M. R., Gajri, Prihar dan Khera. 1995. *Effect of Deep Tillage on Soil Physical Properties and Maize Yields on Coarse Textured Soil*. *Soil Tillage*. 6: 31-44.
- Chow, V. T., Maidment, D. R. dan Mays, L. W. 1998. *Applied Hydrology*. Mc Graw Hill Book Company. New York
- Damayani, P. 2008. Pengaruh Aplikasi Kompos terhadap Kerapatan Isi, Ruang Pori, dan Kekuatan Tanah pada Pertanaman Tebu PT Gunung Madu Plantations di Lampung Tengah. Skripsi. Jurusan Ilmu Tanah. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- De Foresta, H., Kusworo, A., Michon, G, dan Djatmiko WA. 2000. Ketika Kebun Berupa Hutan: Agroforestry Khas Indonesia Sebuah Sumbangan Rakyat. ICRAF. Bogor. Indonesia.
- Dwitanto, T. 2015. Kajian Efektifitas Pemberian Beberapa Bahan Organik Terhadap Kemantapan Agregat di Kebun Jeruk (*Citrus sinensis* Osb). Skripsi Fhakultas Pertanian. Universitas Brawijaya.

- Erdiansyah, N.P. dan Yusianto, (2012). Hubungan Intensitas Cahaya di Kebun Dengan Profil Cita Rasa dan Kadar Kafein Beberapa Klon Kopi Robusta. *Jurnal Pelita Perkebunan* 28 (1) : 14-22.
- Hairiah, K. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi*. International Centre for Research in Agroforestry. Bogor.
- Hairiah, K., Sardjono, M.A., Sabarnurdin, S. 2003. *Pengantar Agroforestri*. Bogor: World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Hanafiah, K. A., 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta. PT. Raja Grafindo Persada.
- \_\_\_\_\_. 2008. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta. PT. Raja Grafindo Persada.
- Handoyo, G. C. 2010. Respon Tanaman Caisin *Brassica chinensis* Terhadap Pupuk Daun NPK (16-20-25) di Dataran Tinggi. Skripsi. Fakultas Pertanian. Jurusan Budidaya Pertanian. Institute Pertanian Bogor. Bogor. 56 hal.
- Hannah, L. 2015. *Climate Change Biology*. New York: Academic Press.
- Hardjowigeno. S. 2010. *Ilmu Tanah*. Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Hidayah, N., 2000. Evaluasi Model Infiltrasi Horton dengan Metode Teknik Constan Head Melalui Pendugaan Beberapa Sifat Fisik Tanah pada Berbagai Pengolahan Lahan. Tesis Pasca Sarjana, Universitas Brawijaya Malang.
- Hillel, D. 1982. *Introduction to Soil Physics*. Academic Press, New York. Hal 359.
- Hiwot, H. 2011. *Growth and Physiological Response of Two Coffea Arabica L. Population under High and Low Irradiance*. Thesis. Addis Ababa University.
- Islami, T. & Utomo, W.H. 1996. *Hubungan Air, Tanah dan Tanaman*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Ismangil dan E. Hanudin. 2005. Degradasi Mineral Batuan oleh Asam-Asam Organik. *J. Ilmu Tanah dan Lingkungan*.
- Isnaini, M. 2006. *Pertanian Organik. Kreasi Wacana*, Yogyakarta.
- Iswanto, A. H. 2008. *Sifat Fisik Kayu: Berat Jenis dan Kadar Air Pada Beberapa Jenis Kayu*. Departemen Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Jumin, H. B., 2002. *Agroekologi, Suatu Pendekatan Fisiologis*. Jakarta: Rajawali pers.
- Kadir, S. dan M. Z. Karno. 2006. Pengaruh Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kopi Arabika. [www.ijoonline.net](http://www.ijoonline.net). Diakses tanggal 23 November 2019.
- Keputusan Direksi Perum Perhutani, 2007. SK No 268/KPTS/DIR/2007 tentang Pedoman Pengelolaan Sumberdaya Hutan Bersama Masyarakat Plus (PHBM Plus).

- Kurnia, U.F., Agus., A. Adimihardja., A. Dairah., 2006. Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Kusumedi, P. dan Nur S.J. 2010. Analisis Finansial Pengelolaan Agroforestri dengan Pola Sengon Kapulaga di Desa Tirip, Kecamatan Wadaslintang, Kabupaten Wonosobo. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 7 (2): 93-100.
- Lado, M; A.Paz dan M. Ben-Hur. 2004. *Organic Matter and Aggregate-Size Interaction in Infiltration, Sel Formation, and Soil Loss*. *Soil Sci. Am. J.* 68: 935-942.
- Latumahina, F., dan Sahureka, M. 2006. Agroforestri; Alternatif Pembangunan Pertanian dan Kehutanan Berkelanjutan di Maluku. *Jurnal Agroforestri*.
- Lee, R. 1990. Hidrologi Hutan. Gadjah Mada University. Yogyakarta.
- Najiyati dan Danarti. 1990. Kopi Budidaya dan Penanganan Lepas Panen. Penerbit Swadaya. Jakarta.
- Naldo, R.A., 2011. Sifat Fisika Ultisol Limau Manis Tiga Tahun Setelah Pemberian Beberapa Jenis Pupuk Hijau. *J. agroland*. Fakultas Pertanian. Universitas Andalas.
- Nimmo, J.R. 2005. *Porosity and Pore-Size Distribution*. US Geological Survey. P 295-303.
- Nugroho, Y. 2009. Analisis Sifat Fisik-Kimia dan Kesuburan Tanah Pada Lokasi Rencana Hutan Tanaman Industri PT. Prima Multibuana. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*. Hal 10 (27).
- Nurida, N.L., A. Dariah dan A. Rachman. 2009. Kualitas limbah pertanian sebagai bahan baku pembenah berupa biochar untuk rehabilitasi lahan. *Prosiding Seminar Nasional dan dialog Sumberdaya Lahan Pertanian*. Tahun 2008. Hal 209-215.
- Nurrochmat, D. (2010). *Membongkar Mitos dan Fakta Seputar Kehutanan*. Jakarta: INDEF.
- Moguel P., Toledo V. M., 1999. *Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of Mexico*. *Conservation Biology*, 13: 11-21.
- Martoyo, K. 1992. Kajian Sifat Fisik Tanah Podsolik untuk Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*, Jacq) di Sumatera Utara. Yogyakarta. Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.
- Murtalaksono K. Wahjunie ED. 2006. Hubungan Ketersediaan Air Tanah dan Sifat-Sifat Dasar Fisik Tanah. *J Tanah Lingk*: 6:46-50
- Panggabean, Edy. 2011. *Buku Pintar Kopi*. Jakarta Selatan: PT Agro Media Pustaka.
- Pathibang, M.R dan M.S. Rompon. 2010. Hubungan Beberapa Sifat Fisik Tanah Dan Faktor Topografi Dengan Pertumbuhan Tegakan Pinus (*Pinus merkusii* Jungl. Et De Vriese) Di Kabupaten Tana Toraja. edisi Desember 2010, No. 2. Jakarta: ADIWIDIA-Press.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2008 Tentang Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan, Serta Pemanfaatan Hutan.

Perum Perhutani-Implementasi Pengelolaan Hutan Bersama Masyarakat, Juli 2008.

Perhutani, 2019. Wilayah Kerja Perhutani. <http://www.bumn.go.id/> perhutani/halaman/128

Pramono, I.B. dan Adi, R.H. 2017. Pendugaan Infiltrasi Menggunakan Data Neraca Air di SUB Daerah Aliran Sungai Watujali, Gombong. Jurnal Penelitian Pengolahan Daerah Aliran Sungai 1(1):35-48.

Prayin R, Chaudari, Dodha V, Ahire, Vidya D, Ahire, Manab Chkravarty and Saroj Maity. 2013. *Soil Bulk Density as related to Soil Texture, Organic Matter Content and available total Nutrients of Soimbatore Soil*. International Journal of Scientific and Research Publication, Vol 3 92) ISSN 2550-3153.

Pujiyanto, S, Wardani, Winaryo, P, Rahardjo, dan C, Ismayadi. 1998. Pemilihan teknologi dalam rangka optimasi pengelolaan perkebunan kopi. Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao 14 (1): 16-22.

Raharja, T. P. 2005. Pengaruh pupuk organik dan anorganik terhadap terhadap sifat fisik alfisol dan hasil tanaman jagung dalam sistem tumpangsari. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.

Rahayu, S., R.H. Widodo, M.V. Noordwijk, I. Suryadi, B Verbist. 2009. Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai. Bogor. World Agroforestry Center.

Rosyidah, E. dan Wirosoedarmo R. 2013. Pengaruh Sifat Fisik Tanah pada Konduktivitas Hidrolik Jenuh di 5 Penggunaan Lahan. Jurnal Agritech. 33(3):340-345.

Santoso, D., Purnomo, J., Wigena, I.G.P., Tuherkih, E. 2004. Teknologi Konservasi Tanah Vegetatif. Dalam Kurnia, U., Rachman, A., Dariah, A. (Eds.). 2004. Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Pertanian Berlereng. Puslitbangtanak Bogor.

Setiawan D. 2004. Perubahan karakter tanah pada kawasan reklamasi bekas tambang batubara yang di vegetasi selama 1, 2, 3 dan 4 tahun dengan Sengon dan Akasia. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.

S. Hendra. 2002. Model Pendugaan Biomassa Pinus (*Pinus merkusii* Jungh et De Vriese) di Kesatuan Pemangkuan Hutan Cianjur PT Perhutani unit III. Institut Pertanian Bogor. Jawa Barat. Bogor.

Sihaloho, T. M. 2009. Strategi Pengembangan agribisnis Kopi Di Kabupaten Humbang Hasundutan Sumatera Utara. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Sitompul, S. dan B. Guritno. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Spangler, M. G. And R. L. Handy. 1982. *Soil Engineering*. 4th Ed. Harper and Row Publ. Harper and Row Publication.
- Suprayogo, D. K. Hairiah, N. Wijayanto, Sunaryo, dan M. Noordwijk. 2003. Peran Agroforestri pada Skala Plot: Analisis Komponen Agroforestri sebagai Kunci Keberhasilan atau Kegagalan Pemanfaatan Lahan Indonesia. World Agroforestry Centre (ICRAF), Southeast Asia Regional Office. PO Box 161 Bogor, Indonesia.
- Supriadi, H. dan Pranowo, B. 2015. Prospek Pengembangan Agroforestri Berbasis Kopi di Indonesia. *Perspektif* 14 (2): 135 -150.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta.
- Supriyono, 1997. Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Kapur. *Media Teknik* No. 1 tahun XIX Edisi Februari. Hal: 55-68. UGM. Yogyakarta.
- Sutanto, R. 2002. *Penerapan Pertanian Organik*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sutedjo, dan Kartasapoetra. 2005. *Pengantar Ilmu Tanah*. Rineka Cipta. Jakarta
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley and Sons. New York.
- Tambunan, A.W. 2008. *Kajian Sifat Fisik dan Kimia Tanah Hubungannya dengan Produksi Kelapa Sawit*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Tim Karya Tani Mandiri. 2010. *Pedoman Budidaya Tanaman Kopi*. Nuansa Aulia: Bandung
- Undang Kurnia,. M. Sodik Djunaedi,. dan Setiari Marwanto. 2006. *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Utomo, W. H. 1998. *Erosi dan Konservasi Tanah*. IKIP Malang. Malang.
- \_\_\_\_\_. 2005. *Effect of manure and potassium fertilizers on yield of maize and cassava in intercropping system*. Asian Research Project. Bangkok, Thailand.
- Van Noordwijk, M., Tata, H.L., Rasnovi, S., Weger, M.J.A. 2008. *Can Rubber Agroforest Conserve Biodiversity in Jambi (Sumatera)*. World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor.
- Waluyaningsih, S.R. 2008. *Studi Analisis Kualitas Tanah Pada Beberapa Penggunaan Lahan dan Hubungannya dengan Tingkat Erosi di Sub Das Keduang*. Wonogiri. Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Sebelas Maret.
- Waterloo, M.J. 1995. *Water and Nutrient Dynamics of Pinus Caribaea Plantation Forests Can Former Grassland Soils In Southwest Viti Levu, Fiji*, PhD thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherland. 478 pp.
- Weyerhaeuser, H. dan Tennigkeit, T.. 2000. *Forest Inventory and Monitoring Manual*. HBS-ICRAF-CMU, Chiang Mai, 30p.

Wibowo, H. 2010. Laju Infiltrasi pada Lahan Gambut yang Dipengaruhi Air Tanah (Studi Kasus Sei Raya Dalam kecamatan Sei Raya Kabupaten Kubu Raya). Jurnal Belian. 1:90-103.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Dokumentasi Kegiatan

	
<p>Pengukuran Jarak Pohon Pinus-Kopi</p>	<p>Pengukuran Lilit Diameter kopi</p>
	
<p>Pengukuran Diameter Pinus</p>	<p>Pemanenan biji kopi</p>
	
<p>Pengambilan sampel Berat Isi tanah</p>	<p>Pengambilan sampel tekstur tanah</p>
	
<p>Pengukuran Infiltrasi</p>	<p>Infiltrasi double ring infiltrometer</p>



Penimbangan sampel berat isi tanah di laboratorium



Sampel berat isi tanah yang akan dioven



Sampel tanah yang sudah dihaluskan untuk analisis berat jenis



Penimbangan labu pengamatan berat jenis



Perendaman Sampel tanah kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang



Analisis Sampel tanah kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang



Analisis sampel tekstur tanah dilaboratorium



Analisis sampel tekstur tanah di laboratorium

**Lampiran 2. Tabel Anova DBH Pinus**

SK	Db	JK	KT	F.Hitung	F. Tabel
Ulangan	2	5.511	2.755	1.1	
Lokasi	4	554.724	138.681	55.41	<.001
Galat	8	20.022	2.503		
Total	14	580.257			

Keterangan: \* Berbeda nyata; tn: tidak berbeda nyata

**Lampiran 3. Tabel Anova Biomassa Pinus**

SK	Db	JK	KT	F.Hitung	F. Tabel
Ulangan	2	0.002877	0.001439	1.58	
Lokasi	4	0.43005	0.107513	117.71	<.001
Galat	8	0.007307	0.000913		
Total	14	0.440234			

Keterangan: \* Berbeda nyata; tn: tidak berbeda nyata

**Lampiran 4. Tabel Anova DBH Kopi**

SK	Db	JK	KT	F.Hitung	F. Tabel
Ulangan	2	0.2702	0.1351	0.87	
Lokasi	4	32.112	0.8028	5.19	0.02*
Galat	8	12.373	0.1547		
Total	14	47.187			

Keterangan: \* Berbeda nyata; tn: tidak berbeda nyata.

**Lampiran 5. Tabel Anova Biomassa Kopi**

SK	Db	JK	KT	F.Hitung	F. Tabel
Ulangan	2	9.31E-04	4.65E-04	0.97	
Lokasi	4	8.86E-03	2.22E-03	4.6	0.03*
Galat	8	3.85E-03	4.81E-04		
Total	14	1.36E-02			

Keterangan: \* Berbeda nyata; tn: tidak berbeda nyata

**Lampiran 6. Tabel Anova Produksi Kopi**

SK	Db	JK	KT	F.Hitung	F. Tabel
Ulangan	2	33.49	16.75	0.97	
Lokasi	4	319.05	79.76	4.6	0.03*
Galat	8	138.58	17.32		
Total	14	491.12			

Keterangan: \* Berbeda nyata; tn: tidak berbeda nyata

**Lampiran 7. Tabel Anova Berat Isi Tanah**

a. Berat Isi Tanah, Kedalaman 1 (BI K1)

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	0.002807	0.001404	0.18	
Plot	4	0.090578	0.022645	2.94	0.05 *
Zona (Plot)	5	0.023199	0.004640	0.60	0.70 tn
Galat	18	0.13870	0.007706		
Total	29	0.255284			

Keterangan: \* Berbeda nyata; tn: tidak berbeda nyata.

## b. Berat Isi Tanah, Kedalaman 2 (BI K2)

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	0.00159	0.00079	0.05	
Plot	4	0.09015	0.02254	1.54	0.23 tn
Zona (Plot)	5	0.00456	0.00091	0.06	1.00 tn
Galat	18	0.26395	0.01466		
Total	29	0.36025			

## c. Berat Isi Tanah, Kedalaman 3 (BI K3)

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	0.000623	0.000312	0.16	
Plot	4	0.075953	0.018988	9.86	<.001 *
Zona (Plot)	5	0.003752	0.000750	0.39	0.85 tn
Galat	18	0.034652	0.001925		
Total	29	0.114979			

## d. Berat Isi Tanah, Kedalaman 4 (BI K4)

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	0.004934	0.002467	0.37	
Plot	4	0.133759	0.033440	4.99	0.01 *
Zona (Plot)	5	0.016903	0.003381	0.50	0.77 tn
Galat	18	0.120553	0.006697		
Total	29	0.276149			

Keterangan: \* Berbeda nyata; tn: tidak berbeda nyata

**Lampiran 8. Tabel Anoya Berat Jenis Tanah**

## a. Berat Jenis, Kedalaman 1 (BJ K1)

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	0.01058	0.00529	0.13	
Plot	4	0.62921	0.15730	3.99	0.02 *
Zona (Plot)	5	0.11847	0.02369	0.60	0.70 tn
Galat	18	0.70902	0.03939		
Total	29	146.728			

## b. Berat Jenis, Kedalaman 2 (BJ K2)

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	0.10518	0.05259	0.76	
Plot	4	0.33645	0.08411	1.22	0.34 tn
Zona (Plot)	5	0.12690	0.02538	0.37	0.86 tn
Galat	18	124.075	0.06893		
Total	29	180.928			

## c. Berat Jenis, Kedalaman 3 (BJ K3)

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	0.04449	0.02224	0.67	
Plot	4	0.39437	0.09859	2.97	0.05 *
Zona (Plot)	5	0.04870	0.00974	0.29	0.91 tn
Galat	18	0.59671	0.03315		
Total	29	108.427			

Keterangan: \* Berbeda nyata; tn: tidak berbeda nyata

## d. Berat Jenis, Kedalaman 4 (BJ K4)

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	0.09619	0.04809	1.38	
Plot	4	0.62569	0.15642	4.49	0.01 *
Zona (Plot)	5	0.05165	0.01033	0.30	0.91 tn
Galat	18	0.62741	0.03486		
Total	29	140.094			

Keterangan: \* Berbeda nyata; tn: tidak berbeda nyata.

**Lampiran 9. Tabel Anova Porositas Tanah**

## a. Porositas, Kedalaman 1 (P K1)

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	25.81	12.91	0.21	
Plot	4	1122.6	280.65	4.64	0.01 *
Zona (Plot)	5	241.86	48.37	0.80	0.56 tn
Galat	18	1088.1	60.45		
Total	29	2478.37			

## b. Porositas, Kedalaman 2 (P K2)

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	10.60	5.30	0.04	
Plot	4	1093.5	273.4	2.16	0.12 tn
Zona (Plot)	5	66.30	13.3	0.10	0.99 tn
Galat	18	2278.8	126.6		
Total	29	3449.2			

## c. Porositas, Kedalaman 3 (P K3)

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	17.94	8.97	0.75	
Plot	4	922.24	230.56	19.38	<.001 *
Zona (Plot)	5	83.09	16.62	1.57	0.21 tn
Galat	18	190.48	10.58		
Total	29	1213.74			

## d. Porositas, Kedalaman 4 (P K4)

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	35.20	17.60	0.17	
Plot	4	1960.14	490.03	4.82	0.01 *
Zona (Plot)	5	85.80	17.20	0.17	0.97 tn
Galat	23	1830.9	101.7		
Total	29	3911.9			

Keterangan: \* Berbeda nyata; tn: tidak berbeda nyata

**Lampiran 10. Klasifikasi Berat Isi Tanah**

Berat isi (g.cm <sup>-3</sup> )	Kelas Berat Isi
< 0.9	rendah / ringan
0.9 – 1.2	sedang / sedang
1.2 – 1.4	tinggi / berat / mampat
> 1.4	sangat tinggi / sangat berat / sangat mampat

Sumber:

1. Tanah-Tanah Utama Indonesia Dr.Ir. Moch. Munir MS 1996 Pengantar Fisika Tanah Daniel Hillel (Penerjemah Rubiyanto Hendro susanto *et al.*, 1997).

**Lampiran 11. Tabel Anova Kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang****a. Kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang Kedalaman 1**

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	0.018607	0.009303	1.22	
Plot	4	0.091447	0.022862	3.01	0.05 *
Zona (Plot)	5	0.009177	0.001823	0.24	0.94 tn
Galat	18	0.126927	0.007607		
Total	29	0.256097			

**b. Kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang Kedalaman 2**

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	0.00602	0.00301	0.74	
Plot	4	0.00538	0.001345	0.33	0.86 tn
Zona (Plot)	5	0.004717	0.000943	0.23	0.94 tn
Galat	23	0.073713	0.004095		
Total	29	0.08983			

**c. Kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang Kedalaman 3**

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	0.018607	0.009303	1.22	
Plot	4	0.022247	0.005562	0.73	0.58 tn
Zona (Plot)	5	0.078317	0.015663	2.06	0.12 tn
Galat	23	0.136927	0.007607		
Total	29	0.256097			

**d. Kondisi air tanah dalam kondisi kapasitas lapang Kedalaman 4**

SK	Db	JK	KT	F. Hitung	F.Tabel
Ulangan	2	0.00494	0.00247	0.45	
Plot	4	0.107167	0.026792	4.85	0.01 *
Zona (Plot)	5	0.003233	0.000647	0.12	0.98 tn
Galat	23	0.09946	0.005526		
Total	29	0.21480			

Keterangan: \* Berbeda nyata; tn: tidak berbeda nyata.



**Lampiran 12. Korelasi hubungan sifat fisik dengan pertumbuhan dan produksi kopi**

	Porositas Tanah	KAKL	Sorptivitas Tanah	Infiltrasi Tanah (cm jam <sup>-1</sup> )
BI	1			
Porositas Tanah	0.81	1		
pF	0.89	0.47	1	
Sorptivitas Tanah	-0.13	0.18	-0.46	1
Infiltrasi Tanah (cm jam <sup>-1</sup> )	-0.16	0.19	-0.50	0.99
Pinus	0.62*	0.78**	0.26	0.68
Per Kopi	0.80**	0.57*	0.70**	0.26
Pro Kopi	0.80**	0.57*	0.70**	0.26

Keterangan: n: 15; df: 13; r tabel 5%: 0,5140; r tabel 1%: 0,6411; (\*): korelasi kuat; (\*\*): korelasi sangat kuat; KAKL: kondisi air kapasitas lapang.

**Lampiran 13.** Tabel Korelasi (Gomez dan Gomez, 1995).  
Apabila  $n = 15$  maka  $df = 13$

df = (n-2)	Tingkat signifikansi untuk uji satu arah				
	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
	Tingkat signifikansi untuk uji dua arah				
	0,1	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0,9877	0,9969	0,9995	0,9999	1,0000
2	0,9000	0,9500	0,9800	0,9900	0,9990
3	0,8054	0,8783	0,9343	0,9587	0,9911
4	0,7293	0,8114	0,8822	0,9172	0,9741
5	0,6694	0,7545	0,8329	0,8745	0,9509
6	0,6215	0,7062	0,7887	0,8343	0,9249
7	0,5822	0,6664	0,7498	0,7977	0,8983
8	0,5494	0,6319	0,7155	0,7646	0,8721
9	0,5214	0,6021	0,6851	0,7348	0,8470
10	0,4973	0,5760	0,6581	0,7079	0,8233
11	0,4762	0,5529	0,6339	0,6835	0,8010
12	0,4575	0,5324	0,6120	0,6614	0,7800
13	0,4409	0,5140	0,5923	0,6411	0,7604
14	0,4259	0,4973	0,5742	0,6226	0,7419
15	0,4124	0,4821	0,5577	0,6055	0,7247
16	0,4000	0,4683	0,5425	0,5897	0,7084
17	0,3887	0,4555	0,5285	0,5751	0,6932
18	0,3783	0,4438	0,5155	0,5614	0,6788
19	0,3687	0,4329	0,5034	0,5487	0,6652
20	0,3598	0,4227	0,4921	0,5368	0,6524
21	0,3515	0,4132	0,4815	0,5256	0,6402
22	0,3438	0,4044	0,4716	0,5151	0,6287
23	0,3365	0,3961	0,4622	0,5052	0,6187
24	0,3297	0,3882	0,4534	0,4958	0,6074
25	0,3233	0,3809	0,4451	0,4869	0,5974
26	0,3172	0,3739	0,4372	0,4785	0,5880
27	0,3115	0,3673	0,4297	0,4705	0,5790
28	0,3061	0,3610	0,4226	0,4629	0,5703
29	0,3009	0,3550	0,4158	0,4556	0,5620
30	0,2960	0,3494	0,4093	0,4487	0,5541
31	0,2913	0,3440	0,4032	0,4421	0,5465
32	0,2869	0,2869	0,3388	0,4357	0,5392
33	0,2826	0,2826	0,3338	0,4296	0,5322
34	0,2785	0,2785	0,3862	0,4238	0,5254

Keterangan: n: perlakuan; df (degree of freedom): derajat kebebasan; \*: berkorelasi kuat; \*\*: berkorelasi sangat kuat