

**STUDI KETAHANAN PENETRASI TANAH PADA SISTEM
AGROFORESTRI BERBASIS KOPI DI LAHAN UB FOREST
KABUPATEN MALANG**

Oleh
SARI TRI HANDAYANI



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019



**STUDI KETAHANAN PENETRASI TANAH PADA SISTEM
AGROFORESTRI BERBASIS KOPI DI LAHAN UB FOREST,
KABUPATEN MALANG**

Oleh
SARI TRI HANDAYANI

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

SKRIPSI

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

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2019**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi yang berjudul **” Studi Ketahanan Penetrasi Tanah Pada Sistem Agroforestri Berbasis Kopi Di Lahan UB Forest Kabupaten Malang”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan berada di bawah bimbingan dosen 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, 07 Agustus 2019

Sari Tri Handayani



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Studi Ketahanan Penetrasi Tanah pada Sistem Agroforestri Berbasis Kopi di Lahan UB Forest Kabupaten Malang

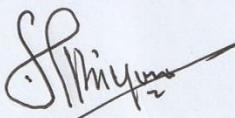
Nama Mahasiswa : Sari Tri Handayani

NIM : 155040201111056

Jurusan : Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui
Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. Sugeng Prijono, SU.
NIP. 19580214 198503 1 003

Diketahui,
Ketua Jurusan Tanah



Syahrel Kurniawan, SP.,MP.,Ph.D
NIP. 197910182005011002

Tanggal Persetujuan : 02 DEC 2019



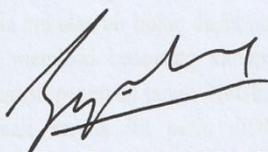
LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

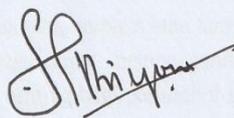
MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II



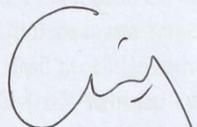
Syahrul Kurniawan, SP.,MP.,Ph.D.
NIP. 19791018200501 1 002



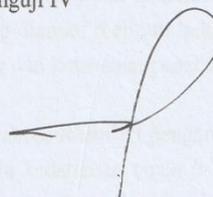
Prof. Dr. Ir. Sugeng Prijono, SU.
NIP.19580214 198503 1 003

Penguji III

Penguji IV



Christanti Agustina, SP.,MP.
NIP.2017098208262001



Aditya Nugraha Putra, SP.,MP.
NIP. 198912272019031009

Tanggal Lulus ... 20 DEC 2019



RINGKASAN

Sari Tri Handayani. 155040201111056. Studi Ketahanan Penetrasi Tanah pada Sistem Agroforestri Berbasis Kopi di Lahan UB Forest Kabupaten Malang. Di bawah bimbingan Sugeng Priyono sebagai Pembimbing Utama.

Lahan UB Forest merupakan lahan yang menerapkan sistem agroforestri yang berbasis tanaman pinus dan kopi yang pada awalnya merupakan hutan alami yang mengalami Perubahan penggunaan lahan menjadi agroforestri tersebut guna memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat. Sehingga mempengaruhi nilai ketahanan penetrasi tanah karena mempengaruhi struktur, ketersediaan air, pori tanah dan bahan organik. Kerapatan kanopi pohon pinus yang berbeda juga dapat menyebabkan perbedaan serapan air dan struktur tanah karena pukulan air hujan dapat langsung mengenai tanah yang terbuka atau tanah yang memiliki kerapatan kanopi lebih sedikit sehingga dapat mempengaruhi ketahanan penetrasi tanah. Ketahanan penetrasi sangat penting bagi pertumbuhan tanaman karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh tingkat kerapatan kanopi tanaman pinus terhadap ketahanan penetrasi tanah untuk mengetahui seberapa besar tingkat pengaruh kanopi terhadap ketahanan tanah.

Penelitian ini dilakukan di UB Forest yang terletak di Dusun Sumberwangi, Desa Donowarih, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang pada bulan Desember 2018 sampai April 2019. Rancangan penelitian yang digunakan yaitu *Linier Mixed Effect Model (LME)* dengan tiga perlakuan berdasarkan tingkat tutupan kanopi (<40%, 40-60% dan >60%) dan kedalaman tanah 0-20 cm, 20-40 cm dan 40-60 cm. Parameter yang diamati meliputi bahan organik, tekstur, berat isi, berat jenis, porositas, kadar air dan ketahanan penetrasi tanah. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan kanopi memiliki pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap ketahanan penetrasi tanah pada kedalaman tanah 0-20 cm, 20-40 cm dan 40-60 cm. Semakin rapat tingkat kerapatan kanopi maka akan menyebabkan seresah yang tertimbun semakin banyak. Seresah akan terdekomposisi menjadi bahan organik dan menyebabkan nilai berat isi dan berat jenis semakin rendah. Rendahnya berat isi akan berpengaruh terhadap ketahanan penetrasi yang semakin rendah. Tingginya kandungan bahan organik akan meningkatkan kemampuan tanah menahan air. Hal tersebut ditandai dengan semakin rapat kerapatan kanopi maka kapasitas menahan air akan semakin tinggi, nilai Ketahanan penetrasi menunjukkan nilai ketahanan penetrasi tanah terendah terdapat pada perlakuan tutupan kanopi >60% sebesar 7,46 KPa kedalaman 0 - 20 cm dan tertinggi pada kerapatan kanopi <40% sebesar 22,34 KPa kedalaman 40 - 60 cm. semakin rapat kerapatan kanopi maka semakin kecil nilai ketahanan penetrasi tanah.

SUMMARY

Sari Tri Handayani. 155040201111056. Study of soil penetration resistance in the coffee-based agroforestry systems in the UB forest district, Malang Regency. Supervised by Sugeng Priyono.

UB Forest is that applies an agroforestry system based on pine and coffee plants which was originally a natural forest that experienced a change in land use to agroforestry in order to meet the increasing needs of the community. Thus affecting the value of soil penetration resistance because it affects the structure, water availability, soil and organic matter. Different pine canopy densities can also cause differences in water absorption and soil structure because rainwater blows can directly open soil or land that has less canopy density so that it can affect soil penetration resistance, penetration resistance is very important for plant growth because it is necessary it is necessary to conduct research on the effect of the level of pine tree canopy density on soil penetration resistance to determine how much the degree of influence of the canopy on soil resistance.

This research was conducted at UB Forest located in Sumberwangi Hamlet, Donowarih Village, Karangploso District, Malang Regency from December 2018 to April 2019. The research design used was Linear Mixed Effect (LME) Model with three treatments based on the level of canopy cover (<40 %, 40-60% and > 60%) and soil depth 0-20 cm, 20-40 cm and 40-60 cm. The parameters observed included organic matter, texture, density, density, porosity, moisture content and soil penetration resistance. Least Significant Difference Test (LSD) with a level of 5%.

The results showed that the density of the canopy had a significant effect ($P < 0.05$) on soil penetration resistance at depths of 0-20 cm, 20-40 cm and 40-60 cm. The more dense the level of canopy density will cause more litter to be piled up. Litter will decompose into organic matter and cause the value of the density of the contents and specific gravity is lower. The low content weight will affect the lower penetration resistance. The high content of organic matter will increase the ability of the soil to retain water. This is indicated by the denser canopy density, the water holding capacity will be higher, the value of penetration resistance shows the lowest soil penetration resistance value in the canopy cover treatment > 60% of 7.46 KPa depth 0 - 20 cm and the highest in canopy density <40 % of 22.34 KPa depth of 40 - 60 cm. the denser the canopy density, the smaller the value of soil penetration resistance.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Studi Ketahanan Penetrasi Tanah Pada Sistem Agroforestri Berbasis Kopi Di Lahan UB Forest Kabupaten Malang” dengan tepat waktu dan tanpa ada halangan yang berarti.

Terselesainya penulis proposal skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kepada kedua orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan dan memberikan semangat
2. Prof. Dr. Ir. Sugeng Prijono, S.U., selaku dosen Pembimbing Utama
3. Syahrul Kurniawan, SP.,MP.,Ph.D selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya
4. Pak Ngadirin selaku laboran Laboratorium Fisika Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
5. Teman-teman sebimbangan yang sudah berjuang bersama menyelesaikan penelitian
6. Teman-teman kosan 225K yang selalu mendukung dan memberi semangat
7. Kepada twice terutama jeongyeon yang selalu memberi kebahagiaan dan motivasi untuk menjadi yang lebih baik.
8. Teman-teman Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya yang telah banyak membantu.

Semoga tulisan ini menjadi karya yang membawa manfaat dan nilai positif bagi penelitian selanjutnya. Penulis menyadari di dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, sehingga sangat dibutuhkan kritik dan saran yang bersifat membangun.

Malang, November 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 24 Februari 1998 di Lamongan Jawa Timur

Penulis merupakan anak ketiga dari dua tiga bersudara, dari pasangan Bapak Masduki dan Ibu Warkin.

Pendidikan penulis diawali pada tahun 2001 yaitu di Taman Kanak-Kanak

Darma Wanita, kemudian melanjutkan ke Sekolah Dasar Negeri 2 Ngarung pada tahun 2003. Pada tahun 2009 penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Sambeng kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas Negeri 1

Ngimbang pada tahun 2012 dan lulus pada tahun 2015. Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri.

Selama menjadi mahasiswa, penulis mengikuti kegiatan yang diadakan oleh organisasi CADS (*Center For Agriculture Development Studies*) pada tahun 2016 yaitu yang pertama kegiatan pengabdian masyarakat berupa kegiatan membantu masyarakat dan kegiatan belajar mengajar pada siswa sekolah dasar Di Desa Bojomulyo, yang kedua kegiatan *teaching farm* berupa kegiatan memperkenalkan media tanam hidropinik kepada mahasiswa yang diadakan di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, dan yang ketiga kegiatan STULA berupa kegiatan memperkenalkan cara budidaya tanam yang benar pada mahasiswa yang diadakan di Kota Yogyakarta. Penulis pernah mengikuti kegiatan magang kerja di PT.Syngenta Indonesia, Kota Malang pada tahun 2018.

DAFTAR ISI

| | |
|--------------------------------------|------|
| RINGKASAN | i |
| SUMMARY | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| RIWAYAT HIDUP | iv |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN | viii |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan | 2 |
| 1.4. Hipotesis | 2 |
| 1.5. Manfaat | 2 |
| 1.6. Kerangka Pikir | 3 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1. Sistem Agroforestri | 5 |
| 2.2. Tanaman Kanopi | 5 |
| 2.3. Ketahanan Penetrasi Tanah | 6 |
| III. METODE PENELITIAN | 10 |
| 3.1. Tempat dan Waktu | 10 |
| 3.2. Alat dan Bahan | 10 |
| 3.3. Tahapan Penelitian | 11 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 18 |
| 4.1. Hasil | 18 |
| 4.2. Pembahasan | 27 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN | 29 |
| 5.1. Kesimpulan | 29 |
| 5.2. Saran | 29 |
| DAFTAR PUSTAKA | 30 |
| LAMPIRAN | 33 |



DAFTAR TABEL

| No | Teks | Halaman |
|----|---|---------|
| 1. | Daftar alat dan bahan yang akan digunakan selama penelitian | 11 |
| 2. | Deskripsi Plot Pengamatan..... | 19 |
| 3. | Presentase kerapatan pohon pinus di UB Forest..... | 19 |
| 4. | Hasil Analisis Karakteristik Tanah..... | 21 |
| 5. | Nilai ketahanan penetrasi tanah pada berbagai perlakuan..... | 26 |
| 6 | Data Karakteristik Tanah dan Ketahanan Penetrasi Tanah..... | 44 |
| 7 | Data Ketebalan Seresah..... | 47 |
| 8 | Karakteristik Tanah Berdasarkan Tingkat Tutupan Kanopi..... | 49 |
| 9 | Hasil Korelasi Antar Variabel Pengamatan..... | 53 |
| 10 | Kategori Koefisien Korelasi..... | 53 |
| 11 | Koefisien Kolerasi Linear sederhana | 54 |



DAFTAR GAMBAR

| No | Teks | Halaman |
|----|--|---------|
| 1. | Alur pikir Penelitian..... | 4 |
| 2. | Kondisi Lokasi penelitian setiap tingkat kerapatan kanopi..... | 12 |
| 3. | Skema plot pengamatan..... | 13 |
| 4. | Alat Penetrometer Daiki..... | 14 |
| 5. | Peta lokasi Penelitian..... | 18 |



DAFTAR LAMPIRAN

| No | Teks | Halaman |
|----|--|---------|
| 1. | Sketsa Titik Pengamatan | 33 |
| 2. | Dokumentasi Kegiatan Penelitian..... | 36 |
| 3. | Data Karakteristik Tanah..... | 44 |
| 4. | Hasil Analisis Ragam(<i>Analysis of Variance</i>)..... | 49 |
| 5. | Hasil Korelasi Antar Variabel Pengamatan..... | 53 |



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lahan UB Forest merupakan lahan yang menerapkan sistem agroforestri yang berbasis tanaman pinus dan kopi yang pada awalnya merupakan hutan alami yang mengalami Perubahan penggunaan lahan menjadi agroforestri tersebut guna memenuhi kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat, akan tetapi masih mempertahankan fungsi hutan. Perubahan penggunaan lahan menyebabkan Perubahan karakter tanah terjadi seperti menjadikan tanah lebih padat, karena berkurangnya ruang pori tanah. Kondisi lahan yang demikian berpengaruh terhadap ketahanan penetrasii tanah sehingga dapat mengakibatkan kegemburan tanah yang berbeda. Penentuan nilai ketahanan penetrasi tanah sangat penting pada sistem agroforestr

Sistem agroforestri pada lahan UB *forest* memiliki kerapatan kanopi berbeda. Kerapatan kanopi berpengaruh terhadap ketahanan penetrasi tanah. Kerapatan kanopi pohon pinus dapat menyebabkan perbedaan serapan air dan struktur tanah karena pukulan air hujan dapat langsung mengenai tanah yang terbuka atau tanah yang memiliki kerapatan kanopi lebih sedikit. Menurut Suprayogo *et al.* (2004) Pukulan air hujan akan menyebabkan tidak kesetabilan agregat tanah dan struktur tanah menjadi rusak. Pukulan air hujan tersebut dapat menyebabkan perbedaan kegemburan tanah yang berbeda sehingga tanah yang gembur dapat menyumbat pori-pori tanah dan tanah dapat menjadi lebih padat sehingga pemadatan tanah dapat berpengaruh terhadap ketahanan penetrasi tanah sehingga akar memerlukan kekuatan yang lebih besar untuk dapat menembus tanah.

Kerapatan kanopi mempengaruhi tingkat ketahanan penetrasinya karena mempengaruhi struktur, ketersediaan air,pori tanah dan bahan organik, menurut Coder (2000) komposisi ruang pori tanah dijadikan gambaran untuk mengetahui seberapa padat tanah tersebut, pengukuran ketahanan penetrasi diasumsikan sebagai kekuatan akar tanaman untuk menembus kedalam tanah dan menyerap air serta unsure hara di dalam tanah, nilai ketahanan penetrasi yang tinggi disebabkan oleh kadar air tanah rendah atau sedikit sehingga akar semakin sulit menembus

tanah, ketahanan tanah juga dapat dilihat dari serapan air yang berada dalam pori-pori tanah di lapisan perakaran.

Karapatan kanopi tanaman sangat berpengaruh terhadap aspek fisik tanah dimana tanah sebagai penyedia oksigen dan penyedia air sehingga mempengaruhi penyerapan dan ketahanan tanah untuk ditembus oleh perakaran. Ketahanan penetrasi sangat penting bagi pertumbuhan tanaman karena itu perlu dilakukan perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh tingkat kerapatan tajuk tanaman pinus terhadap ketahanan penetrasi tanah untuk mengetahui seberapa besar tingkat pengaruh kanopi terhadap ketahanan tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang dapat dikaji oleh peneliti, yaitu:

1. Bagaimana nilai ketahanan penetrasi tanah di lahan UB *forest* pada berbagai tingkat kerapatan kanopi dengan menggunakan alat penetrometer Daiki?
2. Bagaimana hubungan karakteristik tanah dengan ketahanan penetrasi tanah?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis nilai ketahanan penetrasi tanah di lahan UB *forest* pada berbagai tingkat kerapatan kanopi dengan menggunakan alat penetrometer Daiki?
2. Menganalisis hubungan karakteristik tanah dengan ketahanan penetrasi tanah?

1.4 Hipotesis

Berdasarkan tujuan tersebut maka hipotesis yang diharapkan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Nilai ketahanan penetrasi dari pengukuran menggunakan alat penetrometer Daiki pada berbagai tingkat kerapatan kanopi memiliki nilai yang berbeda.
2. Karakteristik tanah pada tingkat kerapatan kanopi yang berbeda menyebabkan ketahanan penetrasi tanah yang berbeda.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan mampu menambah informasi mengenai perbedaan tingkat kerapatan kanopi yang dapat mempengaruhi karakteristik tanah (porositas, bahan organik, berat isi, berat jenis, dan kadar air) dan ketahanan

penetrasi tanah, sehingga dapat dilakukan penanaman dengan jarak tanam sesuai agar dapat diperhitungkan dengan lebar kanopi kopi dan pinus.

1.6 Kerangka Pikir

Penggunaan lahan pada sistem agroforestri menyebabkan tutupan lahan semakin berbeda, dampak dari tutupan lahan rendah salah satunya adalah produksi kopi yang berbeda yang dipengaruhi oleh perubahan iklim yang berpengaruh terhadap ketersediaan air dan ketahanan penetrasi tanah. Tanaman kopi membutuhkan air dalam jumlah banyak. Maka dari itu, ketersediaan air yang rendah pada lahan kopi dapat mengakibatkan produktivitas kopi menurun. Untuk itu, penelitian dilakukan di UB *Forest* dengan melihat berbagai kerapatan kanopi yang berbeda yaitu tingkat kerapatan kanopi <40%, 40-70% dan >70% guna melihat apakah terdapat perbedaan kapasitas menyimpan air. Ketersediaan air bagi tanaman dapat dilihat dari karakteristik tanahnya. Tingkat kerapatan kanopi yang berbeda akan berpengaruh terhadap jumlah seresah yang masuk ke dalam tanah. Seresah tersebut akan terdekomposisi oleh organisme dalam tanah dan terjadi ketahanan penetrasi tanah yang semakin besar sehingga akan mempengaruhi laju pertumbuhan akar untuk menyerap ketersediaan hara dan air di dalam tanah. Maka dari itu, penelitian mengenai ketahanan penetrasi tanah perlu dilakukan untuk menganalisis ketersediaan air dan ketahanan tanah bagi tanaman kopi di UB *Forest*. Alur pikir penelitian disajikan pada (Gambar 1).

Penggunaan lahan pada system agroforestri

Tutupan lahan berbeda

Produksi kopi dengan tingkat kanopi berbeda

Jarang

Cukup

Rapat

Sifat fisik dan kimia tanah:

1. Bahan organik
2. Tekstur
3. Berat Isi
4. Berat Jenis
5. Porositas
6. Penetrasi Tanah

Kadar air menurun

Ketahanan penetrasi meningkat

Gambar 1. Alur pikir Penelitian

I.I. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Agroforestri

Sistem agroforestri merupakan penggunaan pada jenis-jenis pohon serba guna dan jenis-jenis vegetasi yang ditanam. Dalam konteks agroforestri, pohon serbaguna mengandung pengertian semua pohon atau semak yang digunakan atau dikelola untuk lebih dari satu kegunaan produk atau jasa yang penekanannya pada aspek ekonomis dan ekologis (Senoaji, 2012). Salah satu jenis tanaman agroforestri merupakan tanaman kopi dan pinus. Tanaman kopi merupakan salah satu hasil komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi diantara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Kopi tidak berperan penting sebagai sumber devisa melainkan juga merupakan sumber penghasilan bagi tidak kurang setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia (Rahardjo, 2012).

Tanaman kopi memiliki akar tunggang, lurus ke bawah, pendek dan kuat. Panjang akar tunggang ini kurang lebih 45-50 cm, yang pada dasarnya terdapat 4-8 akar samping yang menurun ke bawah sepanjang 2- 3 cm. Selain itu banyak pula akar cabang samping yang panjang 1-2 m horizontal, sedalam ± 30 cm, dan bercabang merata, masuk ke dalam tanah lebih dalam lagi (Juanda, 2002). Pada akar tunggang, ada beberapa akar kecil yang tumbuh ke samping (melebar) yang sering disebut akar lebar. Pada akar lebar ini tumbuh akar rambut, bulu-bulu akar, dan tudung akar. Tudung akar berfungsi untuk melindungi akar ketika mengisap unsur hara dari tanah (Panggabean, 2011)

2.2 Tanaman Naungan

Tanaman naungan merupakan bahan atau tanaman penghalang sinar matahari yang berfungsi untuk menurunkan sinar matahari dan pengendali gulma. Tanaman kanopi yang digunakan pada perkebunan misalnya lamtoro, pisang, kelapa, jati, sengon dan lain-lain (Mikolehi, 2009). Penggunaan kanopi merupakan salah satu upaya untuk menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan kopi. Pemberian kanopi dapat menurunkan suhu udara dan meningkatkan kelembaban (Yulianti *et al.*, 2007).

Tanaman kopi merupakan tanaman C3 dengan ciri khas efisiensi fotosintesis rendah karena terjadi fotorespirasi, sehingga sepanjang hidupnya memerlukan kanopi. Tingkat kanopi berhubungan erat dengan intensitas cahaya, sedangkan intensitas cahaya berhubungan erat dengan proses fotosintesis dan aktivitas stomata tanaman (Nasarudin *et al.*, 2006). Adanya kanopi akan mempengaruhi jumlah intensitas cahaya matahari yang mengenai tanaman. Setiap jenis tanaman membutuhkan intensitas cahaya tertentu untuk memperoleh fotosintesis yang maksimal. Kopi robusta memerlukan kanopi antara 40% - 70% untuk pertumbuhannya (Sakiroh *et al.*, 2012).

2.3 Ketahanan Penetrasi Tanah

Penetrasi tanah merupakan refleksi atau gambaran dari kemampuan akar tanaman menembus tanah. Masuknya akar tanaman ke dalam tanah tergantung dari kemampuan akar tanaman itu sendiri, sulit atau mudahnya akar masuk menembus tanah sangat ditentukan oleh tingkat ketahanan penetrasinya, komposisi ruang pori tanah dijadikan gambaran untuk mengetahui seberapa padat tanah tersebut, pengukuran ketahanan penetrasi diasumsikan sebagai kekuatan akar tanaman untuk menembus kedalam tanah dan menyerap air serta unsur hara di dalam tanah, nilai ketahanan penetrasi yang tinggi disebabkan oleh kadar air tanah rendah atau sedikit sehingga akar semakin sulit menembus tanah, ketahanan tanah juga dapat dilihat dari serapan air yang berada dalam pori-pori tanah di lapisan perakaran. Oleh karena itu, kemampuan tanah dalam memegang air merupakan faktor utama yang menentukan pertumbuhan dan produksi tanaman.

Lebih jauh, rendahnya kemampuan tanah memegang air akan menyebabkan kadar air tanah cepat menurun. Menurut Coder (2000) Penurunan kadar air tanah biasanya akan diikuti oleh meningkatnya ketahanan penetrasi tanah sehingga secara fisik akan menghambat pertumbuhan akar. Selain itu sifat-sifat fisik tanah seperti struktur, tekstur, retakan-retakan yang ada di dalam tanah, kandungan bahan organik tanah, dan kondisi kelembapan tanah.

Nilai ketahanan penetrasi tanah dapat diketahui dari pengukuran langsung dengan alat penetrometer. Penetrometer yang dapat digunakan di bidang pertanian seperti penetrometer saku, penetrometer kerucut, penetrometer daiki, penetrometer gesek tangan, dan penetrograph. Prinsip penggunaan penetrometer

ada dua yaitu dinamis dan statis. Penetrometer dinamis dirancang dengan bantuan beban yang diberikan oleh alat. Penetrometer dinamis pada umumnya digunakan untuk mengevaluasi kekuatan lapisan tanah pada jalan raya. Sedangkan penetrometer statis merupakan alat yang dirancang untuk mengukur ketahanan penetrasi dengan menekan atau mendorong alat kedalam tanah secara perlahan dengan kecepatan konstan untuk menghindari pengaruh dinamis (Kurnia *et al.*, 2006). Ketahanan penetrasi yang diberikan terhadap tanah kepada jarum penetrometer yang bergeser merupakan parameter-parameter tanah, komponen tarik, pemadatan dan gesekan antara tanah dan logam penetrometer. Komponen tarik berperan pada tanah yang kering (kadar air rendah) sehingga kadar air tinggi indeks penetrometer hanya ditentukan oleh gesekan dan padatan tanah, tanah yang memiliki susunan padatan tanah yang tinggi memiliki ruang pori yang rendah, ketahanan gesekan timbul dari kekasaran permukaan benda yang digeser karena semua partikel yang menyusun benda yang digeser karena semua partikel yang menyusun benda ini memiliki posisi saling mengunci. Nilai sudut geser juga berasal dari gaya yang diberikan dalam mengubah partikel penyusunnya (Islami dan Utomo, 1995). Adapun beberapa indikator sifat fisik tanah yang mempengaruhi ketahanan penetrasi tanah adalah sebagai berikut :

2.3.1 Porositas

Porositas merupakan sebagai perbandingan antara volume ruang yang terdapat diantara serbuk yang berupa pori-pori (ruang diantara serbuk yang selalu terisi oleh fluida seperti udara, minyak atau gas bumi) terhadap volume serbuk secara keseluruhan (Ridha, 2016). Porositas tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tekstur, berat isi, dan bahan organik. Tekstur merupakan perbandingan presentase antara fraksi pasir, debu dan liat yang terkandung dalam massa tanah (Suwardi dan Wiranegara, 2000). Kondisi tanah yang ideal merupakan tanah yang memiliki komposisi ruang pori 50% yang terdiri atas pori berisi udara dan air, 45% terdiri atas bahan mineral dan 5% terdiri atas organisme tanah dan bahan organik. Pada umumnya ruang pori tanah memiliki volume sebesar total $0,55 - 0,94 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Coder, 2000) Air di dalam tanah terletak pada ruang pori tanah, dimana jumlah air didalam tanah akan bertambah banyak jika jumlah ruang pori bertambah banyak. Ruang pori tanah berperan dalam

pergerakan air atau lengas tanah, pergerakan udara dalam tanah, temperatur, hara tanaman, dan perakaran tanaman ruang pori juga terbagi menjadi 3 yaitu pori makri, pori mikro dan pori meso (Sutanto, 2005). Ketahanan penetrasi terjadi karena berkurangnya porsi ruang pori tanah dan adanya tekanan terhadap tanah.

2.3.2 Bahan Organik

Bahan organik merupakan salah satu bahan pembentuk tanah yang dapat memperbaiki, mempertahankan ataupun meningkatkan fungsi sifat-sifat fisik tanah mineral baik sifar fisika, kimia, dan biologi. Tanah yang memiliki kepadatan tanah yang sama kandungan air volumetrik dan kandungan air kapasitas lapang pada tanah yang memiliki bahan organik, lebih tinggi dibandingkan dengan yang memiliki sedikit bahan organik (Indrayatie, 2009).

Menurut Utomo (1995) peningkatan kandungan bahan organik yang berfungsi sebagai pengikat didalam pembentukan agregat tanah yang dapat menyebabkan ruang antar agregat dan ruang pori didalam agregat lebih banyak terbentuk akibatnya pori aerase dan pori air tersedia tanah meningkat seiring banyaknya kandungan bahan organik. Bahan organik mampu mendorong meningkatkan daya mengikat air tanah dan menambah jumlah air tersedia. Bahan organik yang melalui masa perombakan dan telah berubah jadi humus mampu membuat kondisi tanah tidak mudah kering saat musim kemarau karena memiliki daya mengikat air yang tinggi (Intara *et al.*, 2011)

2.3.3 Berat isi

Besarnya nilai ketahanan penetrasi tanah ditinjau dari besarnya nilai berat isi tanah dan indeks cone (Afzalinia dan zabihi, 2014). Tanah yang padat mamapu menghambat pertumbuhan akar tanaman hingga kedalam, sehingga area pemanjangan akar semakin pendek (Rusdiana *et al.*, 2000). Pada umumnya bobot isi tanah ideal adalah 1,1 -1,3 g.cm⁻³ dengan kandungan pori tanah >40% sedangkan berat isi tanah mineral sekitar 1,0 – 1,6 g.cm⁻³ dan berat isi tanah organik sekitar 1,0 g.cm⁻³ (Wolf dan Synder, 2003). Berat isi tanah dipengaruhi oleh tekstur tanah, struktur tanah, dan bahan organik. Tanah dengan tekstur liat memiliki berat isi yang kecil dan tekstur berpasir memiliki berat isi yang lebih besar (Osman, 2013). Sehingga jika berat isi yang tinggi akan menghambat pergerakan perakaran tanaman, akar tanaman akan sulit menembus tanah dengan

berat isi $1,5 - 1,6 \text{ g.cm}^{-3}$ dan pergerakan perakaran akan terhambat atau terhenti dengan berat isi $1,7 - 1,9 \text{ g.cm}^{-3}$ (Thomson dan Troch, 1978 dalam Wolf dan Synder, 2003)

2.3.4 Berat Jenis

Berat jenis adalah perbandingan berat dari suatu volume bahan pada suatu temperatur terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur tersebut.

Besarnya berat jenis agregat dengan berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama (Armin *et al.*, 2013). Berat jenis tanah dengan bahan organik dan porositas saling berkaitan. Menurut Kurnia *et al.* (2006) perbandingan antara berat total dari padatan tanah dan volume padatan disebut berat jenis tanah. Komposisi mineral dan bahan organik yang beragam setiap jenis tanah akan mempengaruhi nilai berat jenis tanah. Penentuan nilai berat jenis tanah digunakan untuk mengetahui nilai porositas total dari tanah. Nilai porositas total tersebut didapatkan dari perhitungan data berat jenis tanah dan berat isi tanah (Tolaka *et al.*, 2013)

2.3.5 Kadar Air

Kadar air tanah memiliki peranan penting karena Jika tanah telah menjadi kering dan kadar kelembabannya telah direduksi dibawah suatu limit maka tanaman akan mengalami kelayuan, demikian pula jika kadar air dalam tanah berlebihan maka akan menurunkan kadar oksigen di dalam tanah dan menyebabkan gangguan pernafasan pada akar (*root respiration*), mengurangi volume akar yang menaikkan ketahanan untuk mengangkut air dan unsur hara melalui akar serta terbentuknya zat-zat racun (Farida, 2014). Air yang diserap tanaman adalah air yang berada dalam pori-pori tanah di lapisan perakaran. Oleh karena itu kemampuan tanah dalam memegang air merupakan faktor utama yang menentukan pertumbuhan dan produksi tanaman. Lebih jauh, rendahnya kemampuan tanah memegang air akan menyebabkan kadar air tanah cepat menurun. Penurunan kadar air tanah biasanya akan diikuti oleh meningkatnya ketahanan penetrasi tanah sehingga secara fisik akan menghambat pertumbuhan akar (Eny *et al.*, 2014).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Lahan UB Forest yang terletak di Dusun Sumberwangi, Desa Tawangargo, Kecamatan Karangploso yang berkedudukan di Kabupaten Malang pada bulan Desember 2018 sampai Februari 2019. Sedangkan analisis laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Fisika dan Kimia Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang pada bulan Januari 2019 sampai Maret 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan pengambilan contoh tanah, pengukuran persentase kerapatan kanopi, pengukuran ketebalan seresah dan pengukuran ketahanan penetrasi tanah. Alat yang digunakan untuk menentukan persentase kerapatan kanopi adalah sebuah *smartphone* dengan aplikasi *Canopyapp*. Pengambilan contoh tanah, pengukuran ketebalan seresah dan pengukuran ketahanan penetrasi tanah antara lain: ring master, ring sampel, plastik, palu, cangkul, plastik, balok penekan, penggaris, tali rafia (50 cm x 50 cm) sebagai *frame* dan penetrometer sebagai alat pengukur ketahanan penetrasi tanah. Bahan yang digunakan adalah contoh tanah utuh dan terganggu. Peralatan dan bahan analisis lainnya sudah tersedia di Laboratorium Fisika Tanah, FP UB.

Alat dan bahan yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan data pada penelitian yang akan dilakukan tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar alat dan bahan yang digunakan selama penelitian

| No | Jenis Analisis | Bahan | Alat |
|----|---|---|--|
| 1 | Karakterisasi Plot Tingkat kerapatan tanaman kanopi | Tanaman kanopi yang berada dalam plot | GPS, meteran, alat tulis, dan kamera. |
| 2 | Pengambilan contoh tanah utuh dan terganggu | Tanah utuh dan tanah terganggu- | Ring sample, ring master, palu, balok penekan, plastik, cangkul, kertas label,kamera. |
| 3 | Pengukuran Ketebalan Seresah | Seresah tanaman kanopi | Penggaris dan tali rafia (50 cm x 50 cm) |
| 4 | Tekstur tanah | Tanah terganggu kering udara, larutan H ₂ O ₂ , larutan Natrium pirofosfat, aquades | Gelas ukur 1000 ml, pipet volumetrik, cawan,mortar dan pistil, saringan 2 mm,batang pengaduk, bor tanah |
| 5 | Berat Isi | Tanah utuh | Timbangan analitik, oven, cawan, ring sampel, ring master, palu, balok penekan, pisau lapang |
| 6 | Berat Jenis | Tanah terganggu kering udara, air | Piknometer, mortal dan pistil, timbangan analitik, oven/hotplate, baki, botol semprot, corong, bor tanah |
| 7 | Bahan Organik | Tanah terganggu kering udara, larutan FeSO ₄ , larutan H ₃ PO ₄ , larutan H ₂ SO ₄ , larutan K ₂ Cr ₂ O ₇ , larutan difenilamina, aquades | Buret, erlenmeyer, pipet tetes, gelas ukur, pengaduk magnetis, bor tanah |
| 9 | Ketahanan Penetrasi Tanah | Contoh tanah utuh | Penetrometer Daiki |

3.3. Tahapan Penelitian

3.3.1 Survei Lokasi Pengamatan

Kegiatan awal pengamatan yang dilakukan untuk menentukan plot pengamatan adalah survei lapangan untuk meninjau lokasi pengamatan dan menentukan titik yang akan dilakukan pengamatan. Kondisi aktual penelitian baik pada lahan UB Forest pada setiap plot pengamatan dengan perbedaan tingkat kerapatan nanungan yang berbeda (jarang, sedang dan rapat) disajikan dalam

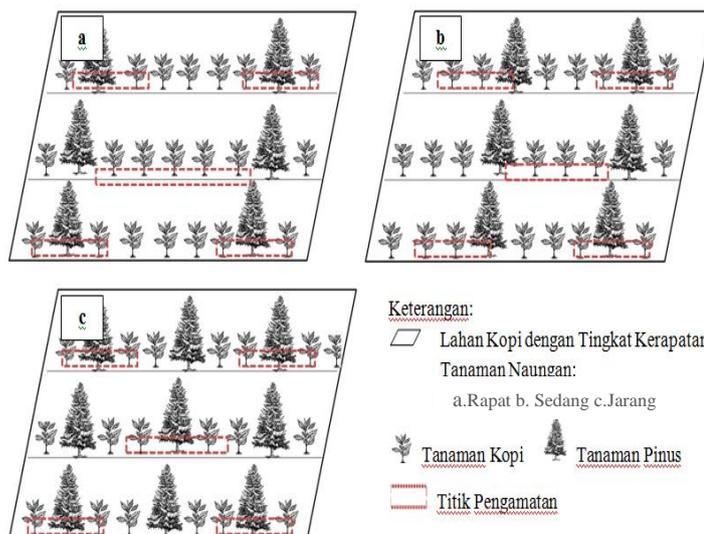
Gambar 1. Terlihat pada gambar perbedaan tingkat kerapatan kanopi pada lahan UB Forest yang berbeda.



Gambar 2. Kondisi tingkat kerapatan kanop pada lahan penelitian.

3.3.2 Penentuan Plot Pengamatan

Penentuan plot pengamatan diawali dengan pemilihan plot dengan tingkat kerapatan kanopi yang berbeda kemudian dilakukan pengukuran pada masing-masing lokasi pengamatan. Rancangan yang digunakan adalah LME (*Linier Mixed Effect Model*) dengan 2 faktor sumber keragaman yaitu tingkat kerapatan kanopi dan kedalaman tanah (0 – 20 cm, 20 – 40 cm, 40 – 60 cm) dan 5 kali ulangan pada setiap plot pengamatan. Plot pengamatan memiliki luas 30 x 30 m dengan luas sub plot 50 x 50 cm. untuk pengambilan sampel tanah dilakukan pada 3 kedalaman (0 – 20 cm, 20 – 40 cm, 40 – 60 cm) pada seluruh plot, sehingga total sampel tanah yang diambil berjumlah 45 sampel. Perhitungan populasi tanaman kopi dan pinus pada setiap plot dilakukan secara manual atau aktual yang ada di setiap plot pengamatan. Lokasi pengamatan berada dibawah tegakan sebagai perwakilan daerah pertanaman kopi yang ternaungi oleh tanaman kanopi dengan tingkat kerapatan yang berbeda. Berikut merupakan skema plot pengamatan pada masing-masing tingkat kerapatan kanopi.



Gambar 3. Skema plot pengamatan

3.3.3 Persentase penutupan lahan

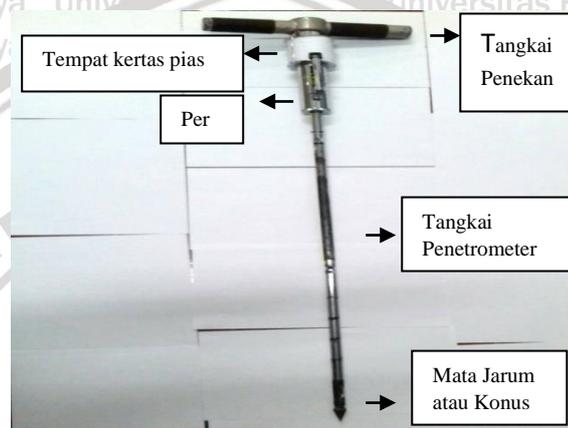
Penentuan persentase tutupan lahan (kerapatan kanopi) menggunakan *Canopyapp*. *Canopyapp* merupakan aplikasi yang dapat di *download* pada *smartphone* digunakan dengan cara memosisikan kamera *smartphone* hingga tanda titik merah pada aplikasi berada di tengah. Setelah titik berada di tengah, ambil foto dan dilanjutkan dengan melakukan seleksi kanopi maka akan didapat hasil persentase dari kerapatan kanopi. Pengambilan data presentasi tutupan lahan dilakukan dengan 5 kali ulangan dalam setiap subplot dengan diambil 2 kategori yaitu yang pertama kerapatan kanopi pinus dan yang kedua kerapatan kanopi pinus dan kopi, sehingga total jumlah data yang didapatkan sebanyak 150 data hasil presentase kerapatan kanopi.

3.3.4 Analisis Tanah

3.3.4.1 Pengukuran Ketahanan Penetrasi Tanah

Pengamatan ketahanan penetrasi tanah dapat diamati secara manual, data penetrasi yang akan diukur dengan menggunakan alat penetrometer Daiki yang digunakan untuk membandingkan nilai ketahanan penetrasi pada setiap tingkat kanopi (jarang, sedang, dan rapat), ketahanan penetrasi tanah dapat mengetahui tingkat kepadatan tanah pada tingkat kanopi yang berbeda. Pegukuran tanah dengan menggunakan penetrometer sangat mudah untuk memperoleh data ketahanan penetrasi. Satuan besaran ini dinyatakan dalam satuan gaya persatuan luas (kg.cm^{-2})

2). Jika secara manual maka dapat dilakukan langsung dilapangan dengan menggunakan alat penetrometer Daiki dengan menggunakan tiga kedalaman, diameter konus disesuaikan dengan kekerasan tanah untuk ditembus. Konus yang digunakan berdiameter 0,25 cm lebih sesuai digunakan untuk tanah-tanah yang agak lunak, ketahanan penetrasi pada penelitian ini diukur pada antar plot pengamata. Pembacaan ketahanan penetrasi tanah dapat langsung ditentukan dengan garis pada alat penetrometer.



Gambar 4. Alat Penetrometer Daiki

Cara kerja penetrometer Daiki yaitu dengan merangkai setiap komponen peralatan penetrometer Daiki, kemudian memasang kertas pias dengan meletakkan pena pada letaknya yang digunakan untuk menuliskan grafik setiap penetrasi yang diukur kemudian tancapkan ujung jarum penetrometer pada permukaan tanah yang sudah dibersihkan kemudian tekan penetrometer dengan kedalaman yang telah disesuaikan dengan kunci yaitu tumpuhan penekanan harus sama pada pengujian setiap perlakuan. Hasil yang didapatkan maka dapat dilakukan perhitungan besar gaya penetrasi dengan metode perhitungan di lapangan dan di laboratorium sebagai berikut :

$$\text{Ketahanan Penetrasi} = \text{Bacaan kertas pias (kg.f. cm}^{-2}\text{)} \times \text{gravitasi bumi}$$

3.3.4.2 Perhitungan Berat isi Tanah (Metode Gravimeter)

Sampel tanah utuh ditimbang dalam ring lalu sampel tanah dikeluarkan dari ring dan cawan yang akan digunakan ditimbang terlebih dahulu dan masukan tanah kedalam cawan dengan takaran penuh kemudian oven selama 24 jam dengan suhu 110°C, tanah oven dihaluskan menggunakan mortar dan pistil lalu ditimbang sebanyak 20 g. Untuk mengetahui berat isi maka di hitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$BI = \frac{M_p}{V_t} + \frac{M_t / (1 + KA)}{V_t}$$

Keterangan:

BI = Berat isi

M_p = Massa Padatan

V_t = Volume Total Tanah

M_t = Massa Total

KA = Kadar Air

3.3.4.3 Perhitungan Berat Jenis Tanah (Metode Piknometer)

Sampel tanah dikeluarkan dari ring timbang cawan yang akan digunakan dan masukan tanah kedalam cawan dengan takaran penuh kemudian oven selama 24 jam dengan suhu 110°C, tanah oven dihaluskan menggunakan mortar dan pistil lalu ditimbang sebanyak 20 g. Timbang labu ukur terlebih dahulu, masukan tanah kedalam labu ukur lalu timbang lagi labu ukur yang sudah berisi tanah, setelah labu ukur ditimbang diisi air air sebanyak $\frac{3}{4}$ dari volume labu ukur dan di kocok.

Ketika udara menguap keluar, tunggu hingga suhu labu ukur menurun lalu isi kembali dengan air sampai garis batas ukur. Labu ukur ditimbang lagi beserta isinya lalu hitung berat jenis tanah dengan persamaan rumus sebagai berikut :

$$BJ = \frac{M_p}{V_p} = \frac{((L + T_o) - L)}{100 - ((L + T_o + A) - (L + T_o))}$$

Keterangan:

BJ = Berat Jenis

M_p = Massa Padatan

V_p = Volume Padatan

- L = Massa Labu
 To = Massa Tanah Oven
 A = Massa (L + To + Air)

3.3.4.4 Pengukuran Porositas Tanah

Nilai porositas didapatkan dari perhitungan hasil analisis berat isi tanah (BI) dan berat jenis tanah (BJ). Nilai BI didapatkan dengan pengukuran menggunakan metode silinder. Nilai BJ didapatkan dengan pengukuran menggunakan metode piknometer, berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai porositas tanah:

$$\% \text{Porositas} = 1 - \frac{\text{BI}}{\text{BJ}} \times 100\%$$

Keterangan:

- BI = Berat isi
 BJ = Berat Jenis

3.3.4.5 Perhitungan Tekstur Tanah (Metode Pipet)

Tektur tanah dihitung dari setiap kedalaman tanah (0 – 20 cm; 20 – 40 cm; 40 – 60 cm) tanah kemudian dihaluskan dengan mortal dan Tanah kemudian diayak dengan ayakan 2 mm kemudian ditimbang seberat 20 g. Masukkan kedalam erlemeyer sebanyak 250 g, Masukkan ke ruang asam sebelum di beri bahan kimia dan ditambah air aquades 50 ml, Tambah peroksida (H₂O₂) 10 ml 30 % ,tunggu sampai tidak ada reaksi,(1 jam), Tambahkan larutan Na₄P₂O₇ (Calgon) 20 ml konsentrasi 5 % dan homogenkan dan Diamkan 1 malam,supaya terjadi despersi secara kimia, setelah didiamkan kemudian di despersi dengan ditambah air aquades secukupnya sampek tanda batas dan di despresi selama 5 menit, kemudian tuang keayakan 0.05 mm, kemudian tanah yang lolos setelah diayak di masukan kedalam gelas ukur lalu ditambahkan air aquades sampai garis batas sedangkan Yang tertinggal pada saringan dikumpulkan dalam cawan dan dioven dengan suhu 110⁰C selama 24 jam sebagai massa pasir, tanah yang lolos dan diletakkan dalam gelas ukur kemudian diaduk menggunakan tiang pengaduk karet , kemudian diambil 16 ml dengan pipet kedalaman 10 cm dan di letakkan kedalam cawan dan oven dengan suhu 110⁰C selama 24 jam , dan kemudian diulangi lagi dengan jarak waktu 7 jam tanpa diadukuk untuk mendapatkan perbandingan fraksi

liat, debu, dan pasir, setelah dioven lalu di timbang. Untuk mengetahui kandungan dari tiap fraksi penyusun tekstur tanah (pasir, liat dan debu) sebagai berikut:

$$\% \text{Pasir} = \frac{\text{Massa Pasir}}{\sum \text{Massa PDL}} \times 100\%$$

$$\% \text{Debu} = \frac{\text{Massa Debu}}{\sum \text{Massa PDL}} \times 100\%$$

$$\% \text{Liat} = 100 - (\% \text{Debu} + \% \text{Pasir})$$

3.3.4.7 Pengukuran Kadar Air

Pengukuran kadar air dilakukan pada setiap kedalaman tanah (0 – 20 cm; 20 – 40 cm; 40 – 60 cm) tanah yang telah diambil kemudian ditimbang kedalam cawan dengan berat 20 g sebagai tanah basah kemudian tanah dioven dengan suhu 110°C selama 24 jam, tanah yang telah dioven ditimbang lagi sebagai tanah oven kering, berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung Kadar air:

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Tanah basah} - \text{Tanah kering oven}}{\text{Tanah kering oven}}$$

3.3.5 Pengolahan Data

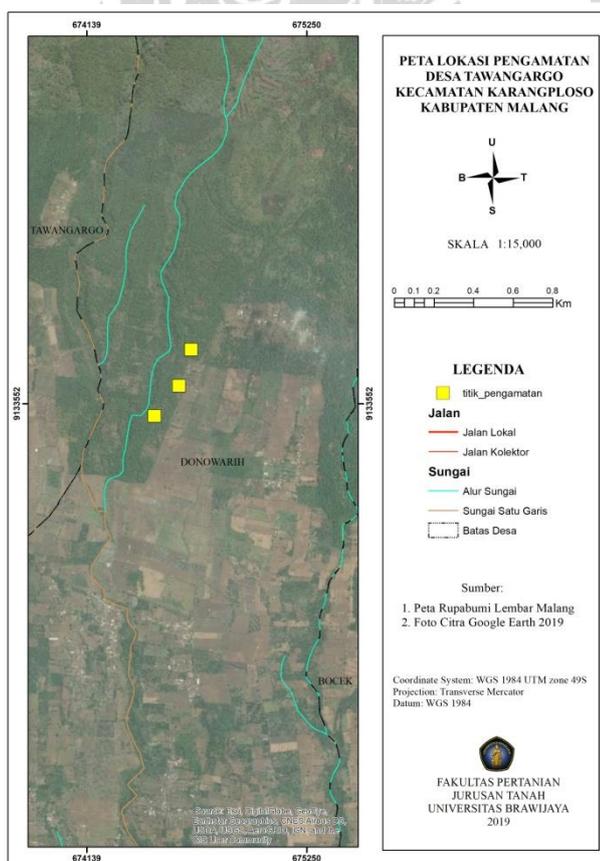
Rancangan penelitian yang digunakan yaitu *Linier Mixed Effect Model (LME)* dengan tiga perlakuan berdasarkan tingkat tutupan kanopi (<40%, 40-60% dan >60%) dan kedalaman tanah 0-20 cm, 20-40 cm dan 40-60 cm. Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) untuk mengetahui sumber keragaman dengan variable yang diamati. Apabila hasil analisis ragam berbeda nyata dapat dilakukan uji lanjut menggunakan BNT dengan taraf 5%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Kondisi Umum Lahan

Lokasi penelitian terletak di Lahan UB Forest yang terletak di Dusun Sumberwangi, Desa Donowarih, Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang dengan titik koordinat UTM pada plot 1 S 674604 E 9133650, plot 2 S 674481 E 9133490, dan plot 3 S 674666 E 9133830. Secara administratif Dusun Sumberwangi berada di sebelah barat berbatasan dengan Desa Giripurno, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, sebelah Utara Desa Tawangargo berbatasan dengan Gunung Arjuno, sebelah timur berbatasan dengan Desa Donowarih Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang dan sebelah selatan berbatasan dengan Desa Pendem, Kecamatan Junrejo, Kota Batu. Penggunaan lahan pada lokasi penelitian didominasi agroforestri berbasis kopi dengan tanaman kanopi pinus. Varietas kopi yang dibudidayakan adalah kopi robusta.



Gambar 5. Peta lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada tiga plot pengamatan berdasarkan ulangan dengan persentase kerapatan kanopi berbeda. Berikut deskripsi lokasi untuk masing-masing plot pengamatan.

Tabel 2. Deskripsi Plot Pengamatan

| Kerapatan Kanopi | Umur Tanaman (tahun) | | Jarak Tanam (m) | Populasi (K/Plot) | Populasi (P/Plot) | Ukuran/Plot Ulangan (m) | Populasi /Ha | |
|------------------|----------------------|----|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------------|--------------|-----|
| | K | P | | | | | K | P |
| | K1 | 5 | | | | | 15 | 3x4 |
| K2 | 8 | 25 | 2,75x3 | 10 | 7 | 10x10 | 1200 | 700 |
| K3 | 10 | 30 | 2,5x2,5 | 12 | 7 | 10x10 | 1600 | 700 |

Keterangan :K1 (kerapatan kanopi <40%), K2 (kerapatan kanopi 40-60%), K3(kerapatan kanopi >60%); K(Kopi), P(Pinus)

4.1.2 Hasil Presentase Penutup Lahan

Presentase penutup lahan atau Kerapatan kanopi pinus di lahan kopi UB Forest memiliki tingkat kerapatan kanopi yang berbeda, dimana meliputi rapat, cukup dan rendah.

Tabel 3. Presentase kerapatan pohon pinus di UB Forest

| Perlakuan | Ulangan | Presentase Kerapatan Kanopi (%) | | kategori |
|-----------|---------|---------------------------------|----------------|----------|
| | | Pinus | kopi dan pinus | |
| k1 | 1 | 25 | 26 | Jarang |
| | 2 | 20 | 23 | Jarang |
| | 3 | 23 | 26 | Jarang |
| | 4 | 19 | 24 | Jarang |
| | 5 | 17 | 24 | Jarang |
| k2 | 1 | 46 | 56 | Cukup |
| | 2 | 51 | 54 | Cukup |
| | 3 | 47 | 48 | Cukup |
| | 4 | 48 | 53 | Cukup |
| | 5 | 51 | 53 | Cukup |
| k3 | 1 | 73 | 77 | Rapat |
| | 2 | 74 | 78 | Rapat |
| | 3 | 73 | 77 | Rapat |
| | 4 | 76 | 82 | Rapat |
| | 5 | 74 | 82 | Rapat |

Keterangan :K1(kerapatan kanopi <40%), K2(kerapatan kanopi 40-60%), K3(kerapatan kanopi >60%); K(Kopi), P(Pinus)

Kerapatan populasi dipengaruhi oleh banyak faktor lingkungan. Selain akibat pengaruh faktor lingkungan, ternyata perubahan densitas populasi dipengaruhi oleh adanya tumbuhnya tanaman dan matinya suatu tanaman (Indriyanto, 2006). Tingkat kerapatan kanopi juga dipengaruhi oleh jenis tanaman dan juga golongan tanaman. kerapatan terbesar adalah golongan tanaman pertanian tahunan, golongan tanaman ini membutuhkan perlakuan khusus diantaranya mengatur intensitas cahaya matahari (Rukmana, 2014).

Menurut Indriyanto (2006), terdapat tiga kategori kerapatan tajuk pada tegakan hutan sebagai berikut:

- a. Apabila penutupan tajuk terdapat lebih dari 60% termasuk dalam kategori rapat.
- b. Apabila penutupan tajuk terdapat lebih dari 40-60% termasuk dalam kategori cukup.
- c. Apabila penutupan tajuk terdapat kurang dari 40% termasuk dalam kategori jarang.

4.1.3 Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah meliputi data tentang sifat tanah seperti tekstur, bahan organik Berat Isi (BI), Berat Jenis (BJ), porositas dan kadar air. Hasil analisis karakteristik tanah akan dijelaskan pada pembahasan di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Analisis Karakteristik Tanah

| Kedalaman (cm) | Perlakuan | Tekstur | Bahan Organik (%) | Berat Isi (g.cm ⁻³) | Berat Jenis (g.cm ³) | Porositas (%) | Kadar Air (g.g ⁻¹) |
|----------------|-----------|----------------------|-------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------|--------------------------------|
| 0-20 | K1 | Lempung Liat Berdebu | 3,80 a | 0,75 b | 2,19 | 65,90 a | 0,22 a |
| | K2 | Lempung Berdebu | 6,20 b | 0,63 a | 2,15 | 70,78 b | 0,29 a |
| | K3 | Lempung Berdebu | 7,04 b | 0,61 a | 2,14 | 71,42 b | 0,54 b |
| P | | | 0,025* | 0,000* | 0,588^{tu} | 0,000* | 0,011* |
| 20-40 | K1 | Liat Berdebu | 2,37 a | 0,78 a | 2,25 b | 65,39 a | 0,08 |
| | K2 | Lempung Berdebu | 4,32 a | 0,72 b | 2,20 ab | 67,44 ab | 0,12 |
| | K3 | Lempung Berdebu | 6,37 b | 0,66 c | 2,11 a | 68,49 b | 0,24 |
| P | | | 0,004* | 0,000* | 0,049* | 0,035* | 0,137^{tu} |
| 40-60 | K1 | Liat Berdebu | 1,15 a | 0,85 a | 2,31 | 63,22 a | 0,039 |
| | K2 | Liat Berdebu | 3,81 b | 0,75 b | 2,19 | 65,73 ab | 0,060 |
| | K3 | Liat Berdebu | 3,93 b | 0,70 c | 2,17 | 67,92 b | 0,103 |
| P | | | 0,002* | 0,000* | 0,324^{tu} | 0,021* | 0,312^{tu} |

Keterangan: Huruf yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan hasil analisis ragam tidak berbeda nyata pada uji lanjut BNT 5%. Notasi *=pengaruh nyata; tu= pengaruh tidak nyata. K1 (tutupan kanopi <40%); K2 (tutupan kanopi 40-60%); K3 (tutupan kanopi >60%)

1. Tekstur Tanah

Berdasarkan hasil penelitian, secara umum tekstur tanah di lokasi penelitian antara lain lempung liat berdebu, lempung berdebu dan liat berdebu.

Kelas tekstur tanah agroforestri kopi dengan kerapatan kanopi <40% pada kedalaman 0-20 cm adalah lempung liat berdebu, sedangkan pada kedalaman 20-40 cm dan 40-60 cm adalah liat berdebu. Kerapatan kanopi 40-60% dan >60% memiliki kelas tekstur lempung berdebu pada kedalaman 0-20 cm dan 20-40 cm, sedangkan pada kedalaman 40-60 cm termasuk dalam kelas tekstur liat berdebu (Tabel 4).

Persentase fraksi pasir tertinggi terdapat pada perlakuan K3 (kerapatan kanopi >60%) di kedalaman 0-20 cm. Achmad (2011) menyatakan tekstur tanah yang semakin halus (tanah bertekstur liat) memiliki pori-pori lebih rapat jika dibandingkan dengan tekstur tanah kasar (tanah bertekstur pasir). Tanah bertekstur pasir akan lebih cepat mengalirkan air ke dalam tanah, namun simpanan air tanah juga akan cepat hilang. Pada tanah lapisan bawah memiliki kandungan fraksi liat yang lebih tinggi dibandingkan tanah lapisan atas. Meningkatnya fraksi tekstur liat pada tanah lapisan bawah disebabkan adanya pergerakan air ke dalam tanah dengan membawa liat hingga mengendap di tanah bagian bawah.

Pada semua perlakuan menunjukkan bahwa kelas tekstur pada kedalaman tanah 40-60 cm menunjukkan tekstur tanah yang relatif sama yaitu liat berdebu. Foth (1998) menyatakan bahwa luas permukaan fraksi tanah (pasir, debu dan liat) sangat penting artinya dalam peristiwa reaksi fisik dan kimia dalam tanah sebab kedua proses tersebut merupakan peristiwa permukaan. Umumnya makin halus butiran tanah makin intensif reaksi tersebut. Berdasarkan Tabel 4 kadar liat pada ketiga penggunaan lahan tidak berbeda secara statistik. Hal ini dikarenakan data yang diperoleh relatif sama. Menurut Darmawijaya, 1997 (dalam Junaedi, 2010) satuan lahan yang mempunyai bahan induk yang sama akan memiliki kelas tekstur yang sama pada beberapa satuan lahan. Tekstur tanah merupakan sifat tanah yang sangat sukar mengalami perubahan.

2. Berat isi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada perlakuan kerapatan kanopi <40% kedalaman 40-60 cm berat isi tanah sebesar $0,85 \text{ g.cm}^{-3}$ merupakan yang tertinggi, sedangkan rerata berat isi $0,61 \text{ g.cm}^{-3}$ merupakan yang terendah pada perlakuan kerapatan kanopi >60% kedalaman 0-20 cm (Tabel 4). Semakin dalam lapisan tanah, maka nilai berat isi semakin tinggi. Hal tersebut berkaitan dengan kepadatan tanah, dimana lapisan tanah bawah lebih padat dibandingkan lapisan atas. Tanah lapisan atas memiliki bahan organik tinggi yang menyebabkan tanah porous. Menurut Asdak (2002) semakin padat tanah semakin tinggi berat isinya yang berarti bahwa semakin sulit untuk menerukan air atau ditembus oleh akar tanaman.

Tinggi rendahnya nilai berat isi ini dapat disebabkan oleh banyaknya seresah yang dipermukaan tanah yang menyebabkan berat isi berbeda pada setiap perlakuan. Selain itu akar tanaman akan menyumbang bahan organik dalam tanah yang berperan sebagai perekat (pengikat) partikel tanah, sehingga agregasi tanah menjadi baik, ruang pori tanah meningkat dan berat isi menurun. Menurut Goenadi (2006) bahan organik stabilitas agregat tanah, sehingga menciptakan struktur tanah yang mantap dan ideal bagi pertumbuhan tanaman yang berakibat pada tingkat porositas yang baik dan mengurangi tingkat kepadatan tanah. Berdasarkan penelitian Tamiminen dan Star (1994), pada permukaan tanah nilai berat isi relatif lebih baik untuk pertumbuhan tanaman dan meningkat pada kedalaman tanah selanjutnya (>20 cm).

3. Berat Jenis

Hasil penelitian menunjukkan agroforestri kopi dengan kerapatan kanopi <40% kedalaman 40-60 cm memiliki berat jenis tertinggi sebesar $2,31 \text{ g.cm}^{-3}$ dan terendah sebesar $2,11 \text{ g.cm}^{-3}$ terdapat pada kerapatan kanopi >60% kedalaman 20-40 cm (Tabel 4). Kerapatan kanopi memiliki pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap berat jenis pada kedalaman 20-40 cm dan berpengaruh tidak nyata ($P > 0,05$) pada kedalaman 0-20 cm dan 40-60 cm (Tabel 4). Kedalaman 20-40 cm berat jenis tertinggi terdapat pada perlakuan kerapatan kanopi <40% relatif tidak berbeda nyata dengan kerapatan kanopi 40-60%, tetapi berbeda nyata dengan kerapatan kanopi >60%. Berat jenis tanah dipengaruhi bahan induk dan tekstur tanah. Tanah

dengan persentase liat yang lebih dominan memiliki kerapatan partikel tanah rendah, sehingga kemampuan untuk menyerap air sangat besar.

Agroforestri kopi dengan kerapatan kanopi rapat memiliki bahan organik lebih tinggi. Bahan organik yang telah terdekomposisi menyebabkan nilai berat jenis yang semakin rendah. Masukan bahan organik yang tinggi akan menambah porositas tanah. Sesuai dengan pernyataan Arifin (2010) semakin tinggi porositas tanah maka akan semakin rendah nilai berat jenis suatu tanah. Kurnia *et al.* (2006) menyatakan perbandingan antara berat total dari padatan tanah dan volume padatan disebut berat jenis tanah. Komposisi mineral dan bahan organik yang beragam setiap jenis tanah akan mempengaruhi nilai berat jenis tanah. Penentuan nilai berat jenis tanah digunakan untuk mengetahui nilai porositas total dari tanah. Nilai porositas total tersebut didapatkan dari perhitungan data berat jenis tanah dan berat isi tanah.

4. Bahan Organik

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan bahan organik tanah tertinggi terdapat pada perlakuan kerapatan kanopi >60% kedalaman 0-20 cm sebesar 7,04% dan terendah pada perlakuan kerapatan kanopi <40% kedalaman 40- 60 cm sebesar 1,15% (Tabel 4). Kerapatan kanopi memiliki pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kandungan bahan organik (Tabel 4). Uji BNT taraf 5% menunjukkan bahwa pada kedalaman 0-20 cm dan 40-60 cm perlakuan kerapatan kanopi <40% memiliki kandungan bahan organik terendah, sedangkan pada kerapatan kanopi 40-60% memiliki kandungan bahan organik tidak berbeda nyata dengan Kerapatan kanopi >60% yang relatif lebih tinggi. Pada kedalaman 20-40 cm, kerapatan kanopi <40% memiliki kandungan bahan organik tidak berbeda nyata dengan kerapatan kanopi 40-60%, namun berbeda nyata dengan kerapatan kanopi >60%. Menurut Suprayogo *et al.* (2004) bahan organik memiliki pengaruh terhadap sifat fisik tanah diantaranya kemampuan menahan air meningkat, warna tanah menjadi coklat hingga hitam, merangsang granular agregat tanah dan kemampuannya.

Nilai bahan organik semakin besar pada kerapatan kanopi >60%, hal tersebut dapat dipengaruhi oleh kerapatan kanopi tanaman dimana memungkinkan memiliki bahan organik yang lebih banyak karena memiliki kanopi yang akan

menjadi seresah dan menjadikan bahan organik untuk tanah, dan bahan organik juga dapat dipengaruhi oleh umur tanaman hal ini sesuai dengan pernyataan FAO (1999) Faktor-faktor yang mempengaruhi dekomposisi bahan organik dapat dikelompokkan dalam tiga grup, yaitu 1) sifat dari bahan tanaman termasuk jenis tanaman, umur tanaman dan komposisi kimia, 2) tanah termasuk aerasi, temperatur, kelembaban, kemasaman, dan tingkat kesuburan, dan 3) faktor iklim terutama pengaruh dari kelembaban dan temperatur.

5. Porositas

Hasil penelitian menunjukkan kerapatan kanopi <40% memiliki porositas terendah 63,22% di kedalaman 40-60 cm, sedangkan porositas tertinggi terdapat pada kerapatan kanopi >60% kedalaman 0-20 cm sebesar 71,42% (Tabel 4). Porositas pada lapisan tanah atas lebih tinggi dibandingkan lapisan tanah bawah. Kerapatan kanopi memiliki pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap porositas pada semua kedalaman tanah. Uji BNT 5% menunjukkan bahwa pada kedalaman 0-20 cm porositas tanah pada tutupan kanopi <40% memiliki persentase terendah berbeda nyata dengan kerapatan kanopi 40-60% dan >60% yang relatif lebih tinggi. Sedangkan pada kedalaman 20-40 cm dan 40-60 cm kerapatan kanopi <40% memiliki porositas lebih rendah yang tidak berbeda nyata dengan kerapatan kanopi 40-60%, namun berbeda nyata dengan kerapatan kanopi >60% (Tabel 4).

Nilai porositas yang tinggi pada kerapatan kanopi >60% juga dapat dipengaruhi oleh bahan organik dimana nilai dari keseluruhan setiap perlakuan bahan organik nilai tertinggi terdapat pada kerapatan kanopi >60% dengan kedalaman 0-20 cm memiliki nilai sebesar 7,04%. Menurut Karlen (1994) meningkatnya kadar bahan organik juga dapat meningkatkan aktivitas biota tanah sehingga porositas dapat meningkat. Nilai tinggi porositas juga dapat dipengaruhi oleh persentase kerapatan kanopi hal ini sesuai dengan pernyataan Suprayogo (2003) semakin banyak kerapatan, keanekaragaman, kekayaan, dan keseragaman jenis suatu vegetasi dapat meningkatkan laju infiltrasi dengan baik. Keberadaan tanaman dapat memperbesar kapasitas infiltrasi tanah, karena adanya perbaikan sifat fisik tanah, seperti pembentukan struktur dan peningkatan porositas. Selain itu juga berfungsi dalam pembentukan dan pemantapan agregat tanah. Kapasitas

infiltrasi umumnya akan meningkat seiring dengan bertambahnya umur tegakan/tanaman.

6. Kadar Air

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air terendah terdapat pada kerapatan kanopi <40% dengan kedalaman 40-60 cm sebesar 0,03 g.g⁻¹, sedangkan tertinggi terdapat pada kerapatan kanopi >60% kedalaman 0-20 cm sebesar 0,60 g.g⁻¹ (Tabel 4). Nilai kadar air semakin meningkat pada kedalaman 0 – 20 cm. Menurut Farida (2014), kadar air sangat penting karena jika kadar air dalam tanah berlebihan maka akan menurunkan kadar oksigen di dalam tanah dan menyebabkan gangguan pernafasan pada akar (*root respiration*), mengurangi volume akar yang menaikkan ketahanan untuk mengangkut air dan unsur hara melalui akar serta terbentuknya zat-zat racun.

4.1.3. Ketahanan Penetrasi Tanah

Penetrasi tanah merupakan refleksi atau gambaran dari kemampuan akar tanaman menembus tanah. Masuknya akar tanaman kedalam tanah tergantung dari kemampuan akar tanaman itu sendiri. Rata-rata nilai penetrasi pada kedalaman tanah dan tingkat kanopi yang berbeda disajikan dalam Tabel 10.

Table 5. Nilai ketahanan penetrasi tanah pada berbagai perlakuan

| Kedalaman (cm) | Nilai Penetrasi (KPa) | | |
|-------------------|-----------------------|--------|--------|
| | Jarang | Sedang | Rapat |
| 0-20 | 12,25c | 14,37b | 7,46a |
| 20-40 | 17,05c | 13,92b | 8,23a |
| 40-60 | 22,34bc | 21,56b | 11,96a |

Keterangan :Huruf yang sama yang mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan hasil analisis ragam tidak berbeda nyata pada uji lanjut BNT 5%. Notasi *=pengaruh nyata; tn= pengaruh tidak nyata.jarang (kerapatan kanopi <40%); sedang (kerapatan kanopi 40-60%); rapat (kerapatan kanopi >60%)

Hasil penelitian menunjukkan kerapatan kanopi >60% memiliki nilai ketahanan penetrasi tanah terendah sebesar 7,46 KPa di kedalaman 0 - 20 cm, sedangkan ketahanan penetrasi tanah tertinggi terdapat pada kerapatan kanopi <40% kedalaman 40 - 60 cm sebesar 22,34 KPa. Ketahanan penetrasi tanah pada lapisan tanah atas lebih rendah dibandingkan lapisan tanah bawah. Kerapatan



kanopi memiliki pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap ketahanan penetrasi tanah pada semua kedalaman tanah. Uji BNT 5% menunjukkan bahwa pada kedalaman 0-20 cm ketahanan penetrasi tanah pada tutupan kanopi $< 40\%$ memiliki persentase tertinggi berbeda nyata dengan kerapatan kanopi 40-60% dan $> 60\%$ yang relatif lebih rendah.

Nilai besarnya tingkat ketahanan penetrasi tanah dapat dipengaruhi oleh tingkat kerapatan kanopi. Tingkat kerapatan kanopi yang rapat maka akan memberikan serasah lebih banyak dari pada tingkat kanopi yang rendah sehingga akan mempengaruhi tingkat bahan organik. Menurut Indrayatie (2009) bahan organik memperbaiki, mempertahankan ataupun meningkatkan fungsi sifat-sifat fisik tanah mineral baik sifat fisika, kimia, dan biologi. Tanah yang memiliki kepadatan tanah yang sama kandungan air volumetrik dan kandungan air kapasitas lapang pada tanah yang memiliki bahan organik, lebih tinggi dibandingkan dengan yang memiliki sedikit bahan organik

4.2 Pembahasan Umum

Permasalahan yang terjadi saat ini di Indonesia adalah meningkatnya kebutuhan pokok masyarakat di Indonesia yang di iringi dengan perubahan penggunaan lahan untuk dapat menghasilkan produksi dalam jumlah waktu singkat, seperti perubahan hutan alami menjadi sistem agroforestri. Perubahan penggunaan lahan tersebut dapat menyebabkan karakter tanah berubah sehingga menyebabkan pertumbuhan tanaman juga berbeda, untuk mengatasi dampak perubahan lahan tersebut maka perlu dilakukan penanaman tanaman naungan karena tanaman naungan memiliki manfaat bagi tanaman bawah seperti kerapatan kanopi dari tanaman naungan berpengaruh terhadap tumbuhan bawah seperti halnya kopi yang membutuhkan kanopi intensitas cahaya yang sedikit dan kerapatan kanopi dapat berpengaruh terhadap keberadaan tumbuhan bawah, sebab keuntungan tersendiri bagi ekosistem lokal termasuk penyediaan nutrisi bagi tegakan yang ada, pengurangan tutupan tajuk sebesar 100% akan menghasilkan kenaikan indeks keragaman sebesar 2,11 (Danang, 2018). Menurut Tjasyono (2004) Kelembaban udara erat hubungannya dengan ketersediaan air. Saat kelembaban terlalu tinggi, seluruh pori-pori tanah akan terisi air hingga titik jenuh. Pada siang hari kelembaban udara menurun hingga 45-50% pada

keseluruhan perlakuan. Kelembaban udara pada siang hari menunjukkan penurunan pada semua perlakuan, hal ini disebabkan intensitas radiasi matahari siang hari relatif lebih besar yang mengenai secara langsung pada tanaman. Pada sore hari, kelembaban udara memiliki persentas yang hampir sama dengan kelembaban udara pada pagi namun lebih tinggi dibandingkan dengan kelembaban udara pada siang hari yaitu menunjukkan nilai berkisar antara 75-85%. Sehingga tutupan tajuk pohon pinus dapat menyebabkan perbedaan serapan air dan struktur tanah karena pukulan air hujan dapat langsung mengenai tanah yang terbuka atau tanah yang memiliki kerapatan kanopi lebih sedikit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan karakteristik tanah pada berbagai tingkat kerapatan kanopi memberikan pengaruh nyata terhadap ketahanan penetrasi tanah. ketahanan penetrasi tanah terendah terdapat pada perlakuan kerapatan kanopi >60% dan tertinggi terdapat pada kerapatan kanopi <40% yang disebabkan tingginya bahan organik yang ada pada kerapatan kanopi >60% dan rendahnya bahan organik pada pada kerapatan kanopi <40%. Menurut Craswell and Lefroy (2001) bahan organik berfungsi untuk meningkatkan stabilitas struktur dan meningkatkan porositas tanah sehingga pada akhirnya mampu mempercepat masuknya air kedalam profil tanah sehingga akan mempengaruhi ketahanan penetrasi tanah. Tingginya bahan organik juga di pengaruhi oleh kerapatan kanopi karena kerapatan kanopi dapat menghasilkan produksi seresah dengan jumlah dan kualitas seresah yang berbeda, sehingga akan mempengaruhi tebal dan tipisnya lapisan seresah yang ada di permukaan tanah. Suin (1997) menyatakan Bahan organik tanah sangat berperan dalam memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan aktivitas biologi tanah dan meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman. Hal tersebut dapat berdampak positif terhadap porositas tanah dan pergerakan air tanah. Kandungan bahan organik tanah yang tinggi menyebabkan banyaknya pori-pori tanah sehingga mempermudah air mengalir. Banyaknya pori-pori tanah juga dapat menyebabkan berat isi yang berbeda sehingga menyebabkan tinggi rendahnya nilai ketahanan penetrasi tanah, karena Berat isi merupakan petunjuk kepadatan tanah, semakin padat suatu tanah maka semakin tinggi berat isinya yang berarti tanah semakin sulit ditembus akar tanaman atau semakin tinggi nilai ketahanan penetrasinya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini:

1. Karakteristik tanah (bahan organik, berat isi, porositas dan kerapatan perakaran) memiliki hubungan yang nyata dan berpengaruh terhadap ketahanan penetrasi tanah. Rerata nilai karakteristik tanah memiliki pengaruh nyata antara hasil kerapatan kanopi >60% dengan kerapatan kanopi <40%
2. Kerapatan kanopi memiliki pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap ketahanan penetrasi tanah. Rerata nilai ketahanan penetrasi tanah terendah terdapat pada perlakuanutupan kanopi >60% sebesar 7,46 KPa kedalaman 0 - 20 cm dan tertinggi pada kerapatan kanopi <40% sebesar 22,34 KPa kedalaman 40 - 60 cm.

5.2 Saran

Pada penelitian telah dilakukan pengukuran nilai ketahanan penetrasi tanah dengan menggunakan penetrometer lapang dan karakteristik tanah sehingga kedepannya diharapkan dapat dilakukan penanaman dengan jarak tanam sesuai agar dapat diperhitungkan dengan lebar kanopi tanaman kopi dan pinus.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, M. 2011. Buku Ajar Hidrologi Teknik. Universitas Hasanuddin : Makassaer.
- Afzalina, S. dan J. Zabihi. 2014. Soil Compaction Variation During Corn Growing Season Under Conservation Tillage. Soil And Tillage Research 137: 1-6.
- Arifin, M. 2010. Kajian Sifat Fisik Tanah dan Berbagai Penggunaan Lahan dalam Hubungannya dengan Pendugaan Erosi Tanah. J. Pertanian MAPERTA UPN: Jawa Timur. Hal 144.
- Armin L., O.H. Toruan, L.F. Kaseke, Kereh, T.K. Sendow. 2013. Pengaruh Porositas Agregat Terhadap Berat Jenis Maksimum Campuran. Jurnal Sipil Statik 1(3): 190-195.
- Asdak, C. 2002. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Coder, K .D. 2000. Soil Compaction & Tress : Causes, Symptomps & Effects. University of Georgia : Georgia.
- Craswell, E.T. and R.D.B. Lefroy. 2001. The Role and Function of Organic Matter in Tropical Soils. Nutrient Cycling in Agroecosystem 61 : 7-18.
- Danang.W.P., D.Usmadi dan J.T. Hadiah. 2018. Dampak Keterbukaan Tajuk terhadap Kelimpahan Tumbuhan Bawah pada Tegakan Pinus *oocarpa Schiede* dan *Agathis alba* (Lam) Foxw. Jurnal Ilmu Kehutanan 12:1.
- Enny D.W.,D.P.T.Baskoro dan M.Sofiyan 2012. Kemampuan Retensi Air Dan Ketahanan Penetrasi Tanah pada Sistem Olah Tanah Intensif Dan Olah Tanah Konservasi. Jurnal tanah Lingkungan 14(2) : 73-78.
- FAO Committee on Agriculture (COAG). 1999. Based on Organik Agriculture. Rome on 25-26 January 1999.
- Faridah S.N., Suhardi dan A.Waris. 2014. Kinerja Sistem Kontrol Kadar Air Tanah pada Operasi Sistem Irigasi Sprinkler. Program Studi Keteknikan Pertanian, Fakultas Pertanian, Hasanuddin University. Jurnal AgriTechno. 6:2.
- Foth, H. D. 1984. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Terjemahan Purbayanti, E. D. Dwi R.L.Rayahayuning T. Gajah Mada University Press : Yogayakarta.
- Goenadi, D.H. 2006. Pupuk dan Teknologi Pemupukan Berbasis Hayati. dari Cawan Petri ke Lahan Petani. Yayasan John Hi-Tech. Idetama : Jakarta.
- Indriyanto. 2006. Ekologi Hutan. Penerbit Bumi Aksara : Jakarta. P 210.
- Indryatie, E.R. 2009. Distribusi Pori Tanah Podsolik Mrah Kuning pada Berbagai Kepadatan Tanah dan Pemberian Bahan Organik. Jurnal Hutan Tropis Borneo 10 (27): 230-236.

Intara Y.I., A Sapei, Erizal, N. Sembiring, dan M.H.B Djoetrio.2011. Pengaruh Pemberian Bahan Organik Pada Tanah Liat Dan Lempung Berliat terhadap Kemampuan Mengikat Air. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 16(2):130-135.

Juanda, 2000. *Kopi (Budidaya Tanaman Kopi)*. Kanisius : Yogyakarta.

Juned, H. 2010. Perubahan Sifat Fisika Ultisol Akibat Konversi Hutan Menjadi Lahan Pertanian. *J. Hidrolitan* 1 (2) : 10-14.

Karlen, D. L., Wollenhaupt, N.C., Erbach, D.C., Berry, E.C., Swan, J.B., Eash, N.S. and Jordahl, J.L. 1994. Long-term tillage effects on s

Kurnia, U., M.S. Djunaedi .S. Marwanto. 2006. Penetapan Penetrasi Panah. *dalam* Sifat fisik Tanah dan Metode Analisisnya. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.p 75-79 Makasar. Hal 127.

Mikolehi. 2009. Penggunaan tanaman kanopi dalam budidaya kakao. <http://mikolehi.com>.

Nasruddin, Y Musa, MA Kuruseng. 2006. Aktivitas Beberapa Proses Fisiologi Tanaman Kakao Muda di Lapang pada Berbagai Kanopi Buatan. *Agrisistem*, 2(1):25-33.

Osman, K.T. 2013. *Physical Properties of Forest Soil*. Springer International Publishing Switzerland.

Panggabean. 2011. *Mutu Produk Pangan*. Penebar Swadaya : Jakarta.

Rahardjo & Pudji. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Penebar Swadaya: Jakarta.

Ridha, M. & Darminto. 2016 Analisis Densitas, Porositas, dan Struktur Mikro Batu Apung Lombok dengan Variasi Lokasi Menggunakan Metode Archimedes dan Software Image-J. 12 : 3.

Rusdiana, O., Y. Fakuara, C. Kusmana dan Y. Hidayat. 2000. Respon Pertumbuhan Akar Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria*) terhadap Kepadatan dan Kandungan Air Tanah Podsolik Merah Kuning. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*.6 (2) : 43-53.

Sakiroh, I. Sobari dan M. Herman. 2011. Pertumbuhan, Produksi, dan Cita Rasa Kopi pada Berbagai Tanaman Penaung. Balai Penelitian Tanaman dan Penyegar : Sukabumi.

Senoaji, G. 2012. Pengelolaan Lahan dengan Sistem Agroforestry oleh Masyarakat Badui di Banten Selatan. *Jurnal Bumi Lestari*. 12(2): 283-293.

Suin, N. M. 1997. *Ekologi Fauna Tanah*. Bumi Aksara : Jakarta. 189 hal.

Suprayoga, D., K. Hairiah, N. Wijayanto, Sunaryo dan M. Van Noordwijk. 2003. Peran Agroforestri pada Skala Plot: Analisis Komponen Agroforestri sebagai Kunci Keberhasilan atau Kegagalan Pemanfaatan Lahan. *Bahan*

Ajaran Agroforestri 4. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia. Bogor, Indonesia.

Suprayogo, D., Widiyanto, Pratiknyo, P., Rudy, H.W., Fisa, R., Zulva, Z.A., Ni'matul, K., dan Kusuma, Z. 2004. Degradasi Sifat Fisik Tanah sebagai Akibat Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Sistem Kopi Konokultur: kajian Perubahan Makroporositas tanah. *Agrivita* 26 (1), 60-68.

Sutanto, R. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah; Konsep Dan Kenyataan*. Kanisius : Yogyakarta.

Suwardi dan Wiranegara. 2000. *Penuntun Praktikum Morfologi dan Klasifikasi Tanah*. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institute Pertanian Bogor. Bogor.

Tamminen, P. dan M, Starr. 1994. Bulk Density of Forested Mineral Soils. *Silva Fennica*. 28(1):53-60.

Tjasyono, Bayong. 2004. *Klimatologi*. ITB. Bandung.

Tolaka, W., Wardah, Rahmawati. 2013. Sifat Fisik Tanah pada Hutan Primer, Agroforestri, dan Kebun Kakao di Subdas Wera Saliopa Desa Leboni Kecamatan Pamona Puselemba Kabupaten Poso. *Warta Rimba*. 1(1): 1-8.

Utomo. 1995. Reorientasi Kebijakan Sistem Olah Tanah. Pros. Seminar Nasional V Olah Tanah Konservasi : Bandar Lampung.

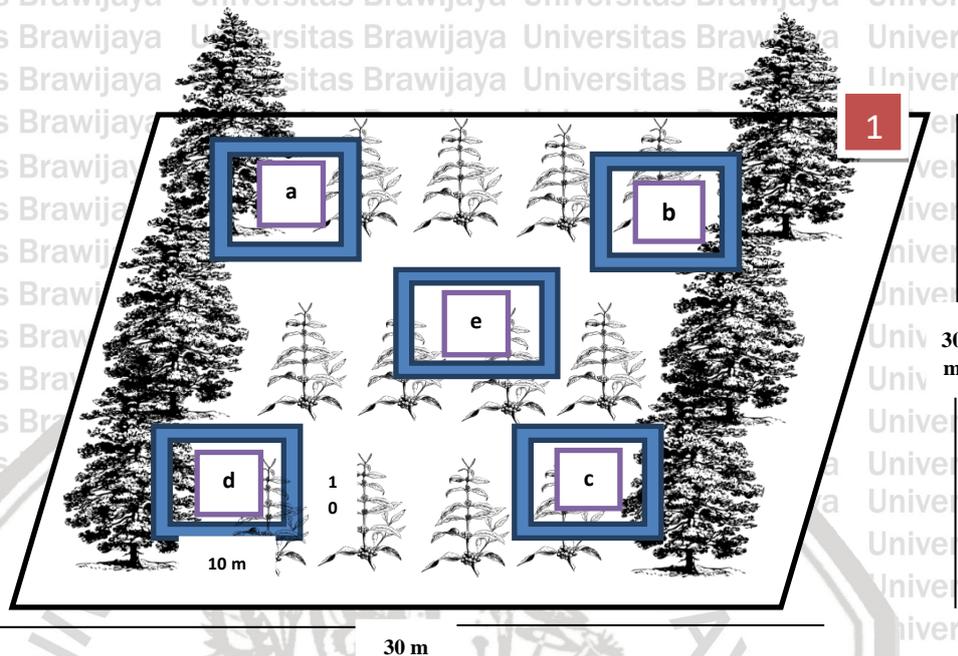
Wolf, B. dan G.H. Synder. 2003. *Sustainable Soils (The Place of Organic Matter Insustaining Soils and Their Productivity)*. Haworth Press. INC. 10 Alliace Street, Binghamton. New York.

Yulianti, N. 2007. Reaksi Tanah. *Jurnal Hijau* 2(5) : 23 – 43.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Sketsa Titik Pengamatan

1. Plot Pengamatan Lahan Kopi dengan Kerapatan kanopi <40%



Keterangan:



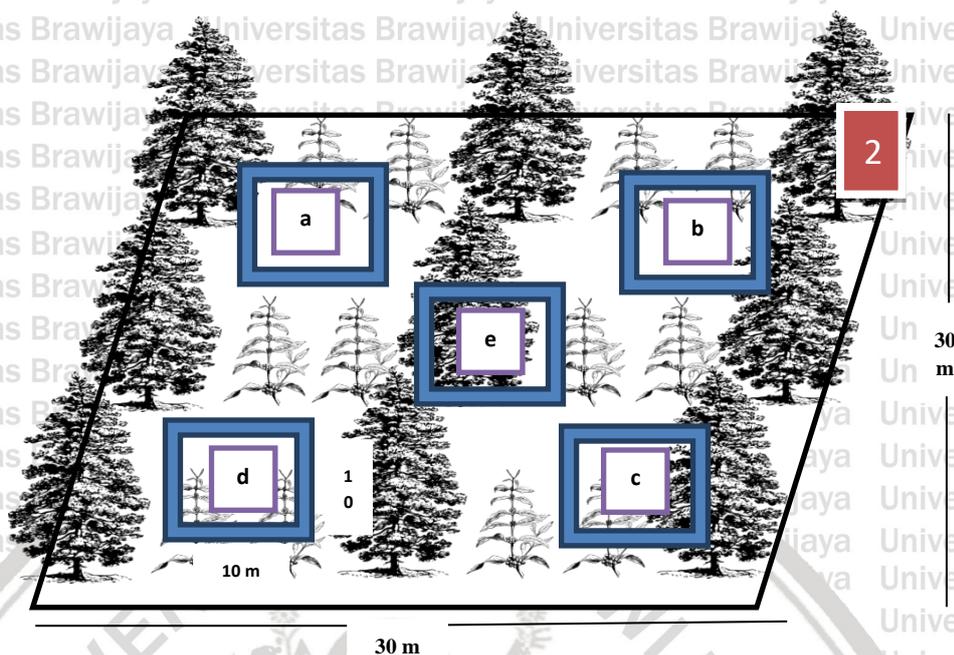
Tanaman Naungan (Pinus)

Tanaman Kopi

- 1.a Kerapatan kanopi <40% Ulangan Ke-1
- 1.b Kerapatan kanopi <40% Ulangan Ke-2
- 1.c Kerapatan kanopi <40% Ulangan Ke-3
- 1.d Kerapatan kanopi <40% Ulangan Ke-4
- 1.e Kerapatan kanopi <40% Ulangan Ke-5



2. Plot Pengamatan Lahan Kopi dengan Kerapatan kanopi 40-60%



Keterangan:



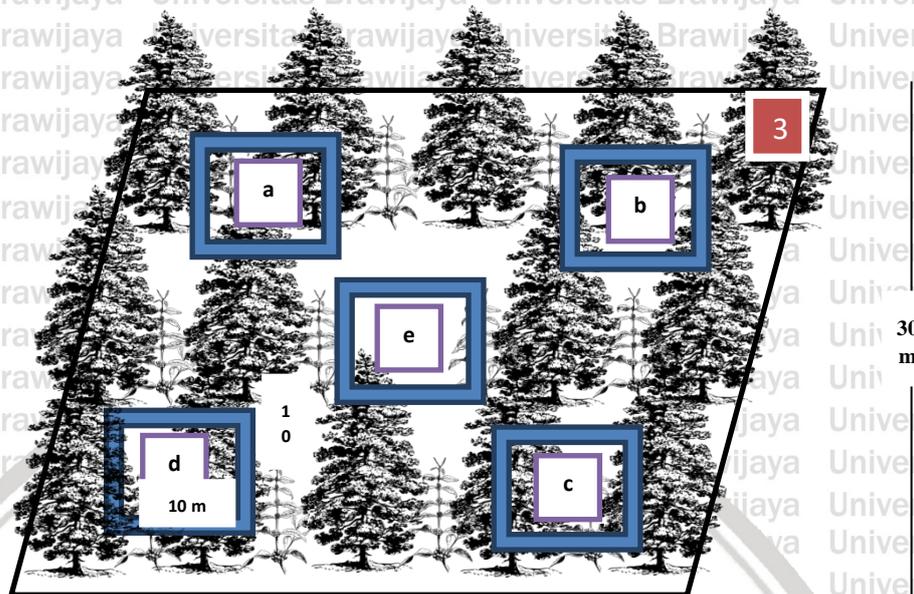
Tanaman Naungan (Pinus)



Tanaman Kopi

- 2.a Kerapatan kanopi 40-60% Ulangan Ke-1
- 2.b Kerapatan kanopi 40-60% Ulangan Ke-2
- 2.c Kerapatan kanopi 40-60% Ulangan Ke-3
- 2.d Kerapatan kanopi 40-60% Ulangan Ke-4
- 2.e Kerapatan kanopi 40-60% Ulangan Ke-5

3. Plot Pengamatan Lahan Kopi dengan Kerapatan kanopi >60%



Keterangan:

30 m



Tanaman Naungan (Pinus)

Tanaman Kopi

- 3.a Kerapatan kanopi >60% Ulangan Ke-1
- 3.b Kerapatan kanopi >60% Ulangan Ke-2
- 3.c Kerapatan kanopi >60% Ulangan Ke-3
- 3.d Kerapatan kanopi >60% Ulangan Ke-4
- 3.e Kerapatan kanopi >60% Ulangan Ke-5

Lampiran 2. Dokumentasi Kegiatan Penelitian

1. Plot Pengamatan



Plot K1 (<40%)



Plot K2(40-60%)

Plot K3(>60%)

2. Pengamatan Karakteristik Lahan

A. Pengukuran Persentase Kerapatan kanopi

1) Kerapatan kanopi <40%

a) Kopi + Pinus



Pengambilan Foto



Seleksi Kanopi

b) Pinus



Pengambilan Foto



Seleksi Kanopi

2) Kerapatan kanopi 40-60%

a) Kopi + Pinus



Pengambilan Foto



Seleksi Kanopi

b) Pinus



Pengambilan Foto



Seleksi Kanopi

3) Kerapatan kanopi >60%

a) Kopi + Pinus



Pengambilan Foto



Seleksi Kanopi

b) Pinus



Pengambilan Foto



Seleksi Kanopi

B. Pengukuran Tebal Seresah



Pemasangan Frame (50 cm x 50 cm)



Pengukuran tebal seresah

2. Pengambilan Sampel Tanah



Pengambilan Sampel Tanah Terganggu



Pengambilan Sampel Tanah Utuh

3. Pengukuran ketahanan penetrasi tanah



Mengali tanah 3 kedalam



Pengukuran penetrasi

4. Analisis Berat Isi



Menimbang Berat Basah



Menimbang Cawan



Menimbang Berat Kering

5. Analisis Berat Jenis



Menambahkan Aquades



Menimbang Labu + Sampel Tanah



Menambahkan Aquades

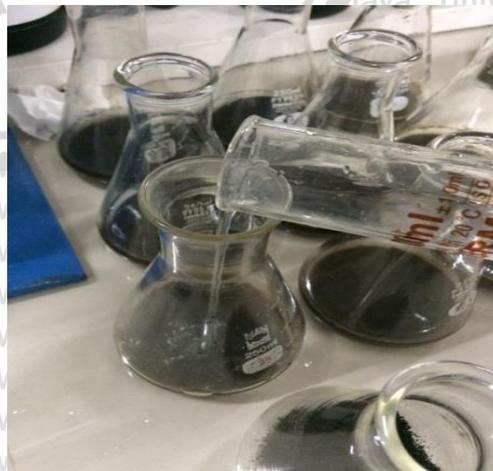


Menimbang Labu + Aquades + Sampel Tanah

6. Analisis Tekstur



Menambahkan Peroksida



Menambahkan Sampel Tanah + Peroksida



Memasukkan ke dalam Ruang Asam



Menghomogenkan Sampel Tanah + Larutan



Memisahkan Fraksi Pasir



Mengambil Fraksi Debu + Liat



Fraksi Debu + Liat



Menimbang Fraksi Tekstur Tanah



7. Analisis C-Organik



Menimbang Sampel Tanah Terganggu



Memasukkan Sampel Tanah ke dalam Labu Erlenmeyer



Memasukkan Sampel Tanah ke dalam Labu Erlenmeyer



Menambahkan Larutan $K_2Cr_2O_7$



Titrasi menggunakan $FeSO_4$

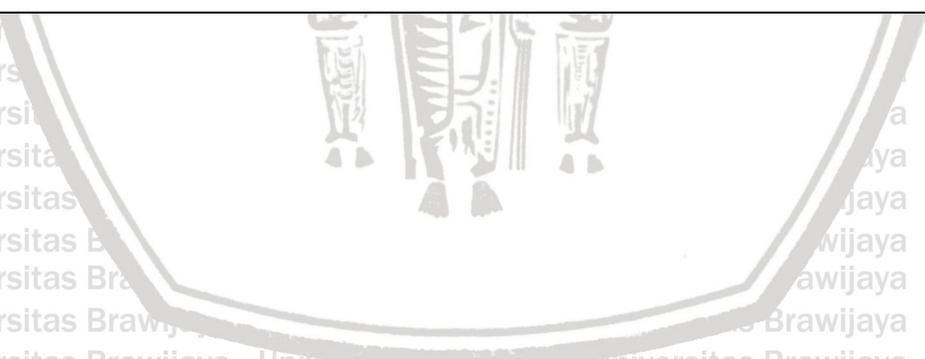
Lampiran 3. Data Karakteristik Tanah

Tabel 6. Data Karakteristik Tanah dan Ketahanan Penetrasi Tanah

| No | Plot | Ked. | Ulangan | C-Organik | B. Organik | BI | BJ | Porositas | Ketahanan Penetrasi Tanah | Kelas Tekstur |
|----|--------|-------|---------|-------------|-------------|----------------------|----------------------|--------------|---------------------------|------------------------|
| | | | | (%) | (%) | (g/cm ³) | (g/cm ³) | (%) | KPa | |
| 1 | | | 1 | 3,10 | 5,37 | 0,75 | 2,17 | 65,39 | 22,54 | silty clay loam |
| 2 | | | 2 | 1,64 | 2,83 | 0,78 | 2,16 | 63,89 | 19,6 | silty clay loam |
| 3 | | 0-20 | 3 | 3,31 | 5,72 | 0,66 | 2,07 | 67,89 | 7,84 | silty clay loam |
| 4 | | | 4 | 1,86 | 3,22 | 0,76 | 2,25 | 66,47 | 22,54 | silty clay loam |
| 5 | | | 5 | 1,08 | 1,87 | 0,78 | 2,28 | 65,84 | 20,58 | silty clay loam |
| | | | Rerata | 2,20 | 3,80 | 0,75 | 2,19 | 65,89 | 18,62 | silty clay loam |
| 6 | | | 1 | 2,85 | 4,92 | 0,74 | 2,20 | 66,14 | 8,82 | silty clay loam |
| 7 | | | 2 | 1,05 | 1,81 | 0,79 | 2,32 | 65,86 | 23,52 | clay |
| 8 | | 20-40 | 3 | 1,27 | 2,20 | 0,77 | 2,18 | 64,87 | 20,58 | silty clay |
| 9 | Jarang | | 4 | 0,84 | 1,46 | 0,79 | 2,26 | 65,02 | 5,88 | silty clay loam |
| 10 | | | 5 | 0,84 | 1,45 | 0,80 | 2,28 | 65,09 | 22,54 | silty clay loam |
| | | | Rerata | 1,37 | 2,37 | 0,78 | 2,25 | 65,40 | 16,26 | silty clay |
| 11 | | | 1 | 1,82 | 3,16 | 0,80 | 2,33 | 65,71 | 16,66 | silty clay loam |
| 12 | | | 2 | 0,62 | 1,08 | 0,82 | 2,10 | 60,92 | 8,82 | clay |
| 13 | | 40-60 | 3 | 0,21 | 0,37 | 0,84 | 2,39 | 65,08 | 16,66 | silty clay |
| 14 | | | 4 | 0,22 | 0,38 | 0,92 | 2,31 | 60,17 | 7,84 | clay |
| 15 | | | 5 | 0,45 | 0,78 | 0,86 | 2,40 | 64,21 | 6,86 | silty clay |
| | | | Rerata | 0,67 | 1,15 | 0,85 | 2,31 | 63,22 | 11,36 | silty clay |



| No | Plot | Ked. | Ulangan | C-Org | B. O | BI | BJ | Porositas | Katahanan Penetrasi Tanah | Kelas Tekstur |
|----|-------|-------|---------|-------------|-------------|----------------------|----------------------|--------------|---------------------------|-------------------|
| | | | | (%) | (%) | (g/cm ³) | (g/cm ³) | (%) | KPa | |
| 16 | | | 1 | 1,49 | 2,58 | 0,66 | 2,27 | 70,91 | 11,76 | silty clay loam |
| 17 | | | 2 | 3,27 | 5,66 | 0,63 | 2,14 | 70,77 | 9,8 | silty loam |
| 18 | | 0-20 | 3 | 3,78 | 8,34 | 0,61 | 2,10 | 70,76 | 6,86 | silty loam |
| 19 | | | 4 | 4,20 | 7,26 | 0,62 | 2,15 | 70,97 | 18,62 | silty loam |
| 20 | | | 5 | 4,14 | 7,17 | 0,62 | 2,11 | 70,49 | 13,72 | silty clay loam |
| | | | Rerata | 3,38 | 6,20 | 0,63 | 2,15 | 70,78 | 12,15 | silty loam |
| 21 | | | 1 | 1,25 | 2,16 | 0,78 | 2,14 | 63,66 | 5,88 | clay loam |
| 22 | | | 2 | 1,96 | 3,39 | 0,72 | 2,17 | 66,82 | 12,74 | silty clay loam |
| 23 | | 20-40 | 3 | 2,87 | 4,97 | 0,71 | 2,26 | 68,70 | 10,78 | silty loam |
| 24 | | | 4 | 3,23 | 5,60 | 0,68 | 2,14 | 68,11 | 7,84 | silty clay loam |
| 25 | Cukup | | 5 | 3,16 | 5,47 | 0,69 | 2,30 | 69,90 | 10,78 | silty clay loam |
| | | | Rerata | 2,50 | 4,32 | 0,72 | 2,20 | 67,44 | 9,60 | silty loam |
| 26 | | | 1 | 1,08 | 1,87 | 0,80 | 2,42 | 67,11 | 3,92 | silty clay |
| 27 | | | 2 | 1,95 | 3,37 | 0,76 | 2,21 | 65,61 | 4,9 | silty clay loam |
| 28 | | 40-60 | 3 | 2,20 | 3,80 | 0,76 | 2,01 | 62,13 | 5,88 | silty clay loam |
| 29 | | | 4 | 2,88 | 4,98 | 0,72 | 2,18 | 67,12 | 2,94 | silty clay |
| 30 | | | 5 | 2,92 | 5,05 | 0,71 | 2,13 | 66,67 | 6,86 | silty clay |
| | | | Rerata | 2,20 | 3,81 | 0,75 | 2,19 | 65,73 | 4,9 | silty clay |



| No | Perlakuan | Ked. | Ulangan | C. Org | BO | BI | BJ | Porositas | Ketahanan Penetrasi Tanah | Kelas Tekstur |
|----|-----------|-------|---------|-------------|-------------|----------------------|----------------------|--------------|---------------------------|-------------------|
| | | | | (%) | (%) | (g/cm ³) | (g/cm ³) | (%) | KPa | |
| 31 | | | 1 | 3,61 | 6,25 | 0,69 | 2,24 | 69,20 | 22,54 | silty loam |
| 32 | | | 2 | 4,82 | 7,52 | 0,59 | 2,11 | 72,04 | 17,64 | silty clay loam |
| 33 | | 0-20 | 3 | 5,48 | 8,02 | 0,58 | 2,10 | 72,52 | 5,88 | silty loam |
| 34 | | | 4 | 3,97 | 6,86 | 0,60 | 2,10 | 71,43 | 23,52 | silty loam |
| 35 | | | 5 | 4,35 | 6,53 | 0,60 | 2,15 | 71,93 | 13,72 | silty loam |
| | | | Rerata | 4,45 | 7,04 | 0,61 | 2,14 | 71,42 | 16,66 | silty loam |
| 36 | | | 1 | 3,02 | 5,22 | 0,67 | 2,06 | 67,26 | 5,88 | silty clay loam |
| 37 | Rapat | | 2 | 3,71 | 6,42 | 0,65 | 2,02 | 67,87 | 20,58 | silty clay loam |
| 38 | | 20-40 | 3 | 4,31 | 7,46 | 0,65 | 2,01 | 67,65 | 15,68 | silty loam |
| 39 | | | 4 | 4,74 | 8,20 | 0,65 | 2,24 | 70,98 | 18,62 | silty loam |
| 40 | | | 5 | 2,64 | 4,57 | 0,69 | 2,20 | 68,67 | 21,56 | silty loam |
| | | | Rerata | 3,68 | 6,37 | 0,66 | 2,11 | 68,49 | 16,46 | silty loam |
| 41 | | | 1 | 2,37 | 4,09 | 0,69 | 2,07 | 66,79 | 8,82 | silty clay |
| 42 | | | 2 | 2,67 | 4,61 | 0,68 | 2,19 | 68,85 | 3,92 | silty clay |
| 43 | | 40-60 | 3 | 2,48 | 4,28 | 0,69 | 1,96 | 64,70 | 23,52 | silty loam |
| 44 | | | 4 | 1,94 | 3,36 | 0,71 | 2,31 | 69,47 | 13,72 | silty loam |
| 45 | | | 5 | 1,92 | 3,32 | 0,71 | 2,34 | 69,79 | 7,84 | silty clay |
| | | | Rerata | 2,27 | 3,93 | 0,69 | 2,17 | 67,92 | 11,56 | silty clay |



Tabel 7. Data Ketebalan Seresah

| Plot | Ulangan | Frame 1 (cm) | Frame 2 |
|--------|---------|-----------------|---------|
| Jarang | 1 | 2 | 3 |
| | 2 | 4 | 4 |
| | 3 | 5 | 4 |
| | 4 | 2 | 3 |
| | 5 | 3,9 | 3 |
| | Rerata | | 3,39 |
| Cukup | 1 | 4 | 5 |
| | 2 | 5 | 4 |
| | 3 | 5 | 3 |
| | 4 | 6,5 | 4 |
| | 5 | 8 | 5 |
| | Rerata | | 4,95 |
| Rapat | 1 | 9 | 12 |
| | 2 | 8 | 10 |
| | 3 | 6 | 8 |
| | 4 | 6 | 9 |
| | 5 | 15 | 14 |
| | Rerata | | 9,7 |

| | | Kerapatan kanopi (%) | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------|----------------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| Perlakuan | Ulangan | a | | b | | c | | d | | e | |
| | | KP | P | KP | P | KP | P | KP | P | KP | P |
| K1 (<40%) | 1 | 24,94 | 24,58 | 35,17 | 33,65 | 7,70 | 15,3 | 31,12 | 18,75 | 26,13 | 35,23 |
| | 2 | 20,12 | 17,77 | 28,50 | 21,53 | 24,23 | 17,42 | 16,96 | 27,51 | 23,9 | 19,71 |
| | 3 | 25,55 | 31,45 | 38,36 | 17,73 | 25,73 | 27,95 | 14,15 | 22,28 | 12,45 | 31,77 |
| | 4 | 21,41 | 14,26 | 29,42 | 20,55 | 22,74 | 23,99 | 26,44 | 23,56 | 18,29 | 17,62 |
| | 5 | 13,28 | 21,16 | 21,66 | 18,86 | 11,73 | 23,52 | 21,31 | 32,81 | 19,65 | 22,39 |
| | Rerata | 21,06 | 21,84 | 30,62 | 22,46 | 18,43 | 15,30 | 21,99 | 24,99 | 20,08 | 25,34 |
| Rerata KP+P | | 21,45 | | 26,54 | | 20,03 | | 23,49 | | 22,71 | |
| K2 (40-60%) | 1 | 48,94 | 39,55 | 55,89 | 49,53 | 55,89 | 45,50 | 58,81 | 49,15 | 60,57 | 50,40 |
| | 2 | 55,33 | 48,85 | 50,10 | 49,53 | 58,92 | 55,38 | 63,14 | 55,03 | 41,37 | 50,47 |
| | 3 | 40,01 | 54,01 | 45,53 | 46,81 | 52,74 | 42,21 | 48,64 | 46,31 | 50,89 | 49,79 |
| | 4 | 63,11 | 41,22 | 43,48 | 48,82 | 53,05 | 42,83 | 55,37 | 47,75 | 48,94 | 64,18 |
| | 5 | 53,81 | 44,63 | 54,05 | 57,47 | 54,05 | 48,87 | 52,95 | 50,39 | 50,89 | 56,09 |
| | Rerata | 52,24 | 45,65 | 49,81 | 50,43 | 54,93 | 46,96 | 55,78 | 49,73 | 50,53 | 54,19 |
| Rerata KP+P | | 48,95 | | 50,12 | | 50,94 | | 52,75 | | 52,36 | |
| K3 (>60%) | 1 | 75,67 | 71,63 | 81,00 | 78,89 | 81,84 | 77,27 | 74,68 | 70,41 | 73,37 | 68,75 |
| | 2 | 76,28 | 75,53 | 77,37 | 74,88 | 81,75 | 76,88 | 76,52 | 75,23 | 76,36 | 77,55 |
| | 3 | 75,45 | 75,54 | 77,37 | 78,86 | 76,45 | 74,81 | 79,47 | 74,92 | 78,59 | 72,40 |
| | 4 | 88,92 | 81,94 | 82,47 | 80,90 | 80,91 | 77,84 | 82,11 | 71,60 | 78,08 | 79,99 |
| | 5 | 85,10 | 75,55 | 81,03 | 79,36 | 80,50 | 78,68 | 86,49 | 65,91 | 74,51 | 78,05 |
| | Rerata | 80,28 | 76,04 | 79,85 | 78,58 | 80,29 | 77,10 | 79,85 | 71,61 | 76,18 | 75,35 |
| Rerata KP+P | | 78,16 | | 79,21 | | 78,69 | | 75,73 | | 75,77 | |



Lampiran 4. Hasil Analisis Ragam (*Analysis of Variance*)

Tabel 8. Karakteristik Tanah Berdasarkan Tingkat Kerapatan kanopi

Kedalaman 0-20 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|----------|
| Kerapatan kanopi Galat | 28,191 | 2 | 14,095 | 5,079 | 0,25 |
| Total | 33,301 | 12 | 2,775 | | |
| Total | 61,491 | 14 | | | |

Kedalaman 20-40 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|----------|
| Kerapatan kanopi Galat | 40,129 | 2 | 20,065 | 9,074 | 0,004 |
| Total | 26,535 | 12 | 2,211 | | |
| Total | 66,665 | 14 | | | |

Kedalaman 40-60 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|----------|
| Kerapatan kanopi Galat | 24,678 | 2 | 12,339 | 10,924 | 0,002 |
| Total | 13,554 | 12 | 1,130 | | |
| Total | 38,232 | 14 | | | |

2. Berat Isi

Kedalaman 0-20 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|----------|
| Kerapatan kanopi Galat | 0,054 | 2 | 0,027 | 16,668 | 0,000 |
| Total | 0,019 | 12 | 0,002 | | |
| Total | 0,073 | 14 | | | |

Kedalaman 20-40 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|----------|
| Kerapatan kanopi Galat | 0,034 | 2 | 0,017 | 20,884 | 0,000 |
| Total | 0,010 | 12 | 0,001 | | |
| Total | 0,043 | 14 | | | |



Kedalaman 40-60 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------|-------|----|-------|--------|-------|
| Kerapatan kanopi | 0,059 | 2 | 0,030 | 24,739 | 0,000 |
| Galat | 0,014 | 12 | 0,001 | | |
| Total | 0,074 | 14 | | | |

3. Berat Jenis

Kedalaman 0-20 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------|-------|----|-------|-------|-------|
| Kerapatan kanopi | 0,006 | 2 | 0,003 | 0,556 | 0,588 |
| Galat | 0,060 | 12 | 0,005 | | |
| Total | 0,066 | 14 | | | |

Kedalaman 20-40 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------|-------|----|-------|-------|-------|
| Kerapatan kanopi | 0,052 | 2 | 0,026 | 3,914 | 0,049 |
| Galat | 0,080 | 12 | 0,007 | | |
| Total | 0,133 | 14 | | | |

Kedalaman 40-60 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------|-------|----|-------|-------|-------|
| Kerapatan kanopi | 0,052 | 2 | 0,026 | 1,239 | 0,324 |
| Galat | 0,251 | 12 | 0,021 | | |
| Total | 0,303 | 14 | | | |

4. Porositas

Kedalaman 0-20 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------|---------|----|--------|--------|-------|
| Kerapatan kanopi | 91,378 | 2 | 45,689 | 35,351 | 0,000 |
| Galat | 15,509 | 12 | 1,292 | | |
| Total | 106,888 | 14 | | | |

Kedalaman 20-40 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------|--------|----|--------|-------|-------|
| Kerapatan kanopi | 24,694 | 2 | 12,347 | 4,507 | 0,035 |
| Galat | 32,877 | 12 | 2,740 | | |
| Total | 57,570 | 14 | | | |



Kedalaman 40-60 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------|-------|-------|
| Kerapatan kanopi Galat Total | 55,356 61,336 116,693 | 2 12 14 | 27,678 5,111 | 5,415 | 0,021 |

5. Kadar Air

Kedalaman 0-20 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------|----------------|-------|-------|
| Kerapatan kanopi Galat Total | 0,495 0,445 0,940 | 2 12 14 | 0,247 0,037 | 6,669 | 0,011 |

Kedalaman 20-40 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------|----------------|-------|-------|
| Kerapatan kanopi Galat Total | 0,057 0,146 0,203 | 2 12 14 | 0,029 0,012 | 2,353 | 0,137 |

Kedalaman 40-60 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------------------|-------------------------|---------------|----------------|-------|-------|
| Kerapatan kanopi Galat Total | 0,011 0,054 0,066 | 2 12 14 | 0,006 0,005 | 1,270 | 0,316 |

6. Ketahanan Penetrasi Tanah

Kedalaman 0-20 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------------------|----------------------------|---------------|-----------------|-------|-------|
| Kerapatan kanopi Galat Total | 334,60 120,63 455,23 | 2 12 14 | 167,30 10,05 | 16,64 | 0,001 |

Kedalaman 20-40 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------------------|----------------------------|---------------|----------------|------|-------|
| Kerapatan kanopi Galat Total | 199,89 245,09 444,99 | 2 12 14 | 99,95 20,42 | 4,89 | 0,028 |



Kedalaman 40-60 cm

| | JK | db | KT | Fhit | P |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|----------|
| Kerapatan kanopi | 9,73 | 2 | 4,87 | 0,39 | 0,018 |
| Galat | 149,05 | 12 | 12,42 | | |
| Total | 158,79 | 14 | | | |



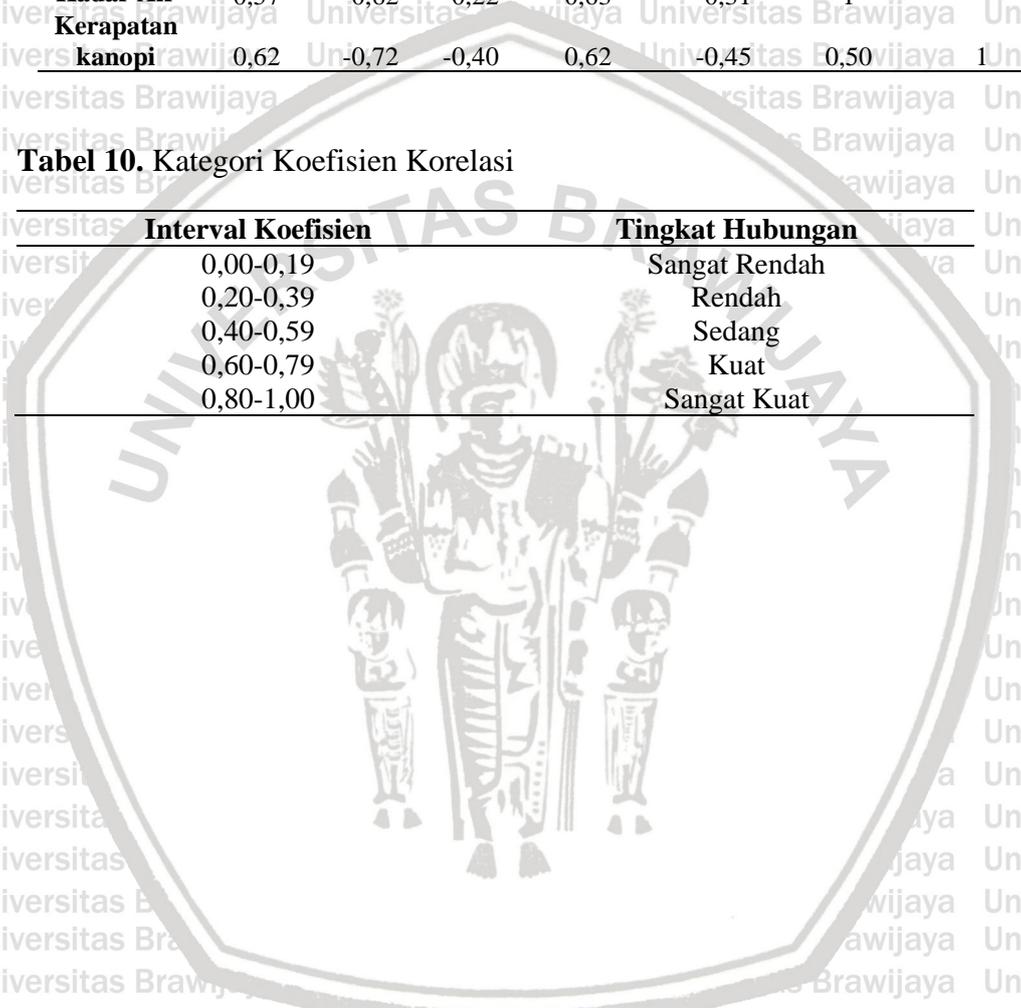
Lampiran 5. Hasil Korelasi Antar Variabel Pengamatan

Tabel 9. Hasil Korelasi Antar Variabel Pengamatan

| | Bahan Organik | BI | BJ | Porositas | Penetrasi | Kadar Air | Kerapatan kanopi |
|------------------|---------------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| B.Organik | 1 | | | | | | |
| BI | -0,90 | 1 | | | | | |
| BJ | -0,56 | 0,56 | 1 | | | | |
| Porositas | 0,75 | -0,88 | -0,09 | 1 | | | |
| Penetrasi | -0,25 | 0,47 | 0,31 | -0,15 | 1 | | |
| Kadar Air | 0,57 | -0,62 | -0,22 | 0,63 | -0,31 | 1 | |
| Kerapatan kanopi | 0,62 | -0,72 | -0,40 | 0,62 | -0,45 | 0,50 | 1 |

Tabel 10. Kategori Koefisien Korelasi

| Interval Koefisien | Tingkat Hubungan |
|--------------------|------------------|
| 0,00-0,19 | Sangat Rendah |
| 0,20-0,39 | Rendah |
| 0,40-0,59 | Sedang |
| 0,60-0,79 | Kuat |
| 0,80-1,00 | Sangat Kuat |



Tabel 11. Koefisien Kolerasi Linear sederhana

| d.b⁻¹ | 5% | 1% | d.f | 5% | 1% |
|-------------------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| 1 | .997 | 1.000 | 26 | .374 | .478 |
| 2 | .950 | .990 | 27 | .367 | .470 |
| 3 | .878 | .959 | 28 | .361 | .463 |
| 4 | .811 | .917 | 29 | .355 | .456 |
| 5 | .754 | .874 | 30 | .349 | .449 |
| 6 | .707 | .834 | 32 | .339 | .437 |
| 7 | .666 | .798 | 34 | .329 | .424 |
| 8 | .632 | .765 | 36 | .321 | .413 |
| 9 | .602 | .735 | 38 | .312 | .403 |
| 10 | .576 | .708 | 40 | .304 | .393 |
| 11 | .553 | .684 | 45 | .288 | .372 |
| 12 | .532 | .661 | 50 | .273 | .354 |
| 13 | .514 | .641 | 55 | .262 | .340 |
| 14 | .497 | .623 | 60 | .250 | .325 |
| 15 | .482 | .606 | 70 | .232 | .302 |
| 16 | .468 | .590 | 80 | .217 | .283 |
| 17 | .456 | .575 | 90 | .205 | .267 |
| 18 | .444 | .561 | 100 | .195 | .254 |
| 19 | .433 | .549 | 125 | .174 | .228 |
| 20 | .423 | .537 | 150 | .159 | .208 |
| 21 | .413 | .526 | 175 | .148 | .194 |
| 22 | .404 | .515 | 200 | .138 | .181 |
| 23 | .396 | .505 | 300 | .113 | .148 |
| 24 | .388 | .496 | 400 | .098 | .128 |
| 25 | .381 | .487 | 500 | .088 | .115 |

