

**ANALISIS INTERAKSI POHON DAN TANAMAN DALAM
SISTEM AGROFORESTRI: APAKAH INTENSIFIKASI
MANAJEMEN KOPI MENGANGGU SISTEM PERAKARAN
DAN PERTUMBUHAN PINUS?**

Oleh
DIANDRA AYU ARIESTA



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2019

**ANALISIS INTERAKSI POHON DAN TANAMAN DALAM SISTEM
AGROFORESTRI: APAKAH INTENSIFIKASI MANAJEMEN KOPI
MENGANGGU SISTEM PERAKARAN DAN PERTUMBUHAN PINUS?**

Oleh:

DIANDRA AYU ARIESTA

155040201111066

**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**

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**“ANALISIS INTERAKSI POHON DAN TANAMAN DALAM SISTEM
AGROFORESTRI: APAKAH INTENSIFIKASI MANAJEMEN KOPI
MENGANGGU SISTEM PERAKARAN DAN PERTUMBUHAN PINUS?”**

Oleh:

Nama Mahasiswa : Diandra Ayu Ariesta

NIM : 155040201111066

Program Studi : Agroekoteknologi

Minat : Manajemen Sumberdaya Lahan

Disetujui oleh :
Pembimbing Utama,

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan

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

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

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

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

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Sudarto, MS.
NIP. 195603171983031003

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

Tanggal Lulus :

RINGKASAN

Diandra Ayu Ariesta. 155040201111066. Analisis Interaksi Pohon Dan Tanaman Dalam Sistem Agroforestri: Apakah Intensifikasi Manajemen Kopi Mengganggu Sistem Perakaran Dan Pertumbuhan Pinus?. Dibawah bimbingan Didik Suprayogo sebagai Pembimbing.

Pohon Pinus merkusii Jungh. Et de Vriese merupakan jenis pinus yang tumbuh asli di wilayah Indonesia. Jenis pinus ini merupakan jenis pinus yang tidak memerlukan syarat-syarat tempat tumbuh yang khusus sehingga mudah untuk dibudidayakan. Pohon pinus memiliki akar tunggang dengan sistem perakaran yang cukup dalam dan kuat sehingga dapat tumbuh di tanah yang dalam atau tebal dengan tekstur tanah ringan sampai sedang dan dapat tumbuh di tanah marginal. Di Pulau Jawa, dengan meningkatnya tekanan penduduk terhadap hutan di lahan Perhutani, tanaman industri kopi diintegrasikan di hutan pinus merkusii dalam sistem agroforestri dalam program Pengelolaan Hutan Bersama Masyarakat (PHBM). Permasalahan yang disinyalir terjadi adalah adanya potensi kompetisi antara tanaman kopi dengan pohon pinus. Perakaran pohon pinus secara umum memiliki daya jelajah lebih dalam daripada tanaman industri kopi sehingga tanaman kopi mendapatkan akses nutrisi tanah dan air yang tidak optimal.

Integrasi tanaman kopi dengan pohon pinus merkusii dengan jarak tanam 3x2m dalam sistem agroforestri, dan karakteristik pinus merkusii yang toleran diduga tidak mempengaruhi sistem perakaran dan pertumbuhan pinus, namun menekan sistem perakaran dan pertumbuhan tanaman kopi. Untuk itu dalam upaya peningkatan produksi kopi yang diharapkan akan dapat meningkatkan pendapatan petani dalam program PHBM, kopi yang ditanam dilakukan manajemen. Manajemen petani dalam upaya peningkatan produksi kopi yang dipraktikkan di UB Forest melalui (1) pemangkasan, (2) penebaran batang kopi, (3) pemangkasan dan dikombinasikan dengan pemupukan organik (Gambar 1). Disisi lain, praktek manajemen Perhutani untuk memperbaiki pertumbuhan pinus adalah dilakukan penjarangan satu baris pinus setelah usia 10 tahun. Keberagaman manajemen di dalam sistem agroforestri ini akan menyebabkan interaksi antar tanaman kopi dan pohon pinus yang berbeda-beda. Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk mengevaluasi keberadaan kopi dan manajemen kopi terhadap pertumbuhan dan perakaran pinus di sistem agroforestri, mengevaluasi intensifikasi manajemen pertanaman kopi terhadap peningkatan sistem perakaran dan pertumbuhan tanaman kopi, menganalisis hubungan antara perakaran tanaman kopi dengan pertumbuhan tanaman kopi, dan menganalisis hubungan antara perakaran pohon pinus dengan pertumbuhan pohon pinus.

Penelitian ini dilakukan dengan rancangan nested dengan satu faktor penelitian yaitu tindakan manajemen kopi. Ada 6 (enam) lokasi penelitian (perlakuan manajemen kopi). Setiap lokasi penelitian ditetapkan perwakilan dengan memilih satu pohon pinus dan satu tanaman kopi yang representatif mewakili kondisi perlakuan. Dari setiap perlakuan dilakukan 3 ulangan sehingga keseluruhan terdapat 18 titik penelitian. Kegiatan dilapangan meliputi pengukuran

DBH, menghitung biji kopi, tinggi tanaman, dan kanopi tanaman serta LRV dan DRV pada tanaman kopi dan pohon pinus. Pengambilan sampel menggunakan metode *trenching* dengan panjang 2 m dan kedalaman 1,2 m. Data yang di peroleh dianalisis keragamannya dengan pertumbuhan tanaman sebagai peubah bebas. Analisis yang digunakan adalah ANOVA dengan menggunakan uji F pada taraf 5%. Selanjutnya apabila perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter yang diukur maka dilanjutkan dengan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan menggunakan software statistic Genstat versi 10. Untuk menentukan hubungan antara perakaran dan pertumbuhan tanaman kopi dan pohon pinus dilakukan analisis korelasi dan uji regresi dengan menggunakan Microsoft Excel 2010.

Hasil penelitian menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada pengukuran DBH pinus dan kopi, Biomassa pinus dan kopi, produksi kopi, LRV pinus dan kopi, DRV pinus dan kopi, Specrol pinus dan kopi di lokasi pengamatan di berbagai kedalaman dan zona. Pertumbuhan tanaman berjalan seiringan dengan pertumbuhan sistem perakaran. Dalam proses pertumbuhan tanaman membutuhkan air. Korelasi antara LRV dengan biomassa pinus berkorelasi positif dengan tingkat hubungan yang lemah dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,8%. Korelasi antara Specrol pinus dengan Biomassa pinus berkorelasi positif dengan tingkat hubungan yang kuat dan nilai koefisien determinasi sebesar 69%. Hasil uji korelasi antara Lrv kopi dengan biomassa kopi berkorelasi positif dengan tingkat hubungan yang lemah dan nilai koefisien determinasi sebesar 26%. Korelasi dan regresi antara specrol pinus dengan biomassa pinus berkorelasi positif dengan tingkat hubungan yang kuat dan nilai koefisien determinasi sebesar 58%. Namun korelasi antara DRV dan biomassa tidak menunjukkan korelasi yang positif baik pinus maupun kopi.

SUMMARY

Diandra Ayu Ariesta. 155040201111066. Analysis of Tree and Plant Interaction in the Agroforestry System: Does the Intensification of Coffee Management Disturb the Rooting and Pinus Growth System?. Supervised by Didik Suprayogo.

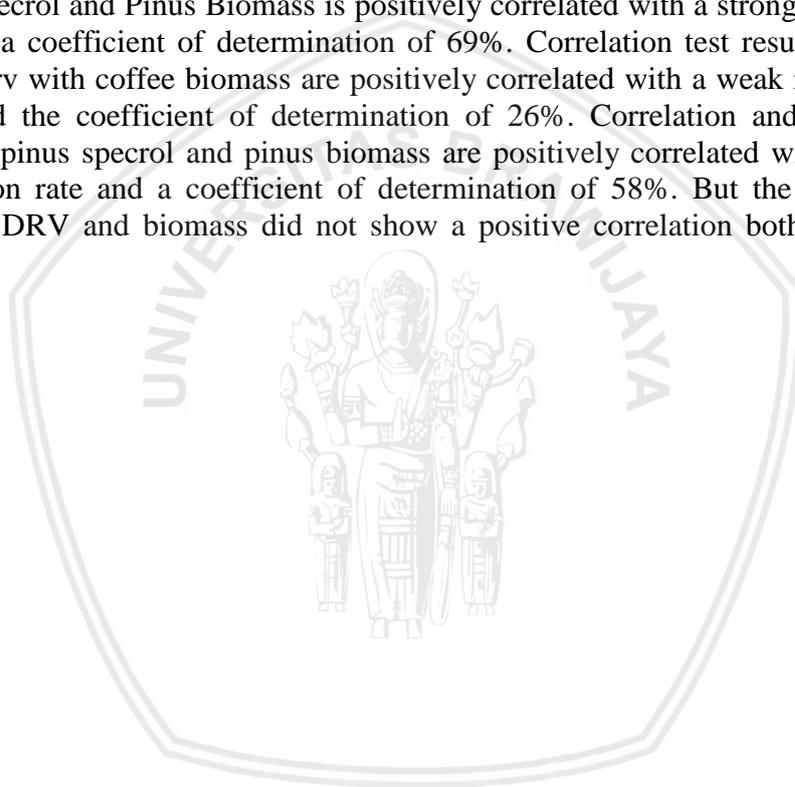
Pinus merkusii Jungh. Et de Vriese trees is a type of pinus that grows native in the territory of Indonesia. This type of pinus is a type of pinus that does not require special growing conditions so it is easy to cultivate. Pinus trees have taproots with root systems that are deep and strong enough to grow on deep or thick soil with a mild to moderate soil texture and can grow on marginal soil. On Java, with increasing population pressure on forests in Perhutani land, coffee industrial plants are integrated in *pinus merkusii* forests in agroforestry systems in the Collaborative Forest Management (CBFM) program. The problem that allegedly occurred was the potential competition between coffee plants and pinus trees. Firing of pinus trees in general has a deeper roaming power than coffee industry so that coffee plants get access to nutrients that are not optimal.

Integration of coffee plants with *merkusii* pinus trees with a spacing of 3x2m in agroforestry systems, and characteristics of tolerant *pinus merkusii* are thought not to affect the root system and pinus growth, but suppress the root system and the growth of coffee plants. For this reason, in an effort to increase coffee production which is expected to increase farmers' income in the CBFM program, the coffee planted is carried out by management. Farmers' management in an effort to increase coffee production practiced in UB Forest through (1) pruning, (2) coffee bar cutting, (3) pruning and combined with organic fertilization (Figure 1). On the other hand, the management practice of Perhutani to improve pinus growth is carried out thinning one row of pinus after the age of 10 years. The diversity of management within the agroforestry system will lead to different interactions between coffee plants and pinus trees. The purpose of this study was to evaluate the presence of coffee and coffee management on pinus root growth and roots in agroforestry systems, evaluate coffee plantations management to increase root system and coffee plant growth, analyze the relationship between coffee plant roots and coffee plant growth, and analyze the relationship between rooting of pinus trees with the growth of pinus trees.

This research was conducted with a nested design with one research factor, namely coffee management actions. There are 6 (six) research locations (coffee management treatment). Each research location was determined by a representative by selecting one pinus tree and one representative coffee plant representing the treatment conditions. From each treatment 3 replications were carried out so that there were 18 research points in total. Activities in the field include measuring DBH, calculating coffee beans, plant height, and plant canopies and LRV and DRV in coffee plants and pinus trees. Sampling using the trenching method with a length of 2 m and a depth of 1.2 m. The data obtained were analyzed for diversity with plant growth as independent variables. The analysis used was ANOVA using the F test at the level of 5%. Furthermore, if the

treatment has a significant effect on the measured parameters, then proceed by using the Smallest Significant Difference Test (LSD) using the Genstat statistical software version 10. To determine the relationship between roots and coffee plant growth and pinus trees, correlation analysis and regression tests were performed using Microsoft Excel. 2010

The results showed significantly different results on measurements of DBH pinus and coffee, biomass pinus and coffee, coffee production, LRV pinus and coffee, DRV pinus and coffee, Specrol pinus and coffee at the observation site in various depths and zones. Plant growth goes hand in hand with the growth of the root system. In the process of growing plants need water. The correlation between LRV and pinus biomass is positively correlated with the level of weak relationship with a coefficient of determination of 0.8%. The correlation between Pinus Specrol and Pinus Biomass is positively correlated with a strong correlation rate and a coefficient of determination of 69%. Correlation test results between coffee Lrv with coffee biomass are positively correlated with a weak relationship level and the coefficient of determination of 26%. Correlation and regression between pinus specrol and pinus biomass are positively correlated with a strong correlation rate and a coefficient of determination of 58%. But the correlation between DRV and biomass did not show a positive correlation both pinus and coffee.



KATA PENGANTAR

Puji syukur saya limpahkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia serta hidayahnya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Interaksi Pohon Dan Tanaman Dalam Sistem Agroforestri: Apakah Intensifikasi Manajemen Kopi Mengganggu Sistem Perakaran Dan Pertumbuhan Pinus?”**.

Terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu saya menyampaikan terima kasih kepada:

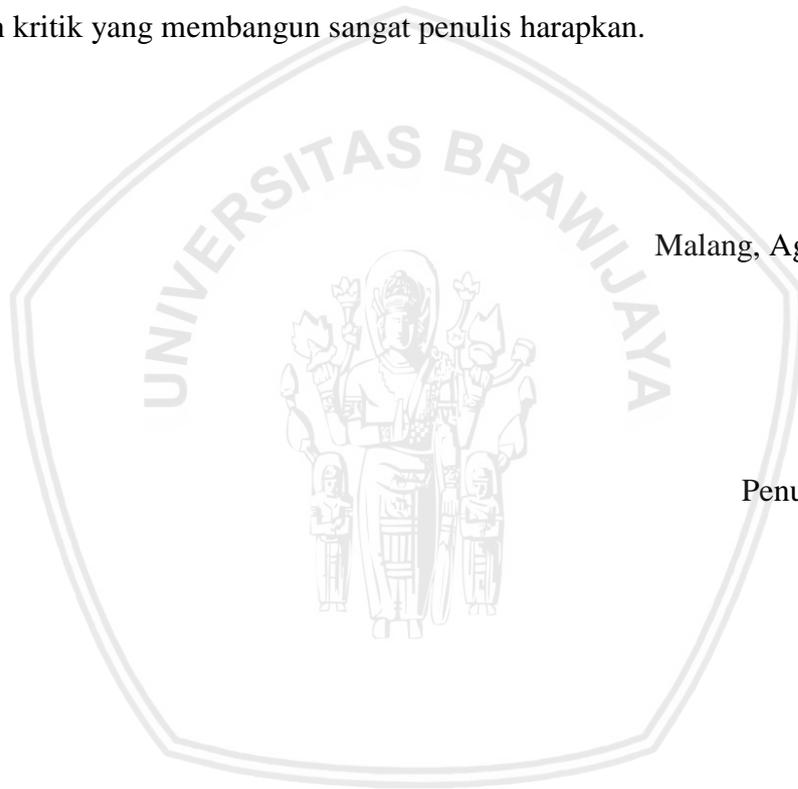
1. Orang tua dan keluarga khususnya kepada ibu, bapak, dan adik penulis tercinta atas do'a, dorongan, semangat, dan motivasi utama sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Ir. Didik Suprayogo, M.Sc.,Ph.D. selaku Dosen Pembimbing utama yang selalu sabar dan penuh ketekunan membimbing dalam pembuatan skripsi hingga selesai.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS., 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. Ramalia Kartika, Elfrin Azmi, M. Arif F, Yusuf Agung selaku teman-teman tim penelitian UB Forest yang telah mendukung dan memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
6. Satria Lesmana yang telah ikut serta membantu dan memberikan dukungan dalam pembuatan skripsi ini.
7. Risa Setia Aji, Nur Affina Safira, Aluna Uthilma Saidi, dan Ika Nandya Oktavia selaku teman-teman *miss queen* yang telah mendukung dan memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
8. Risma Rusmalia, Megawati Dewi, dan Tri Pertiwi Amalia selaku teman-teman genk ciwi yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini.

9. Dechika Aslim, Afina Widya Agustin, Johana Amelia selaku teman terdekat yang senantiasa mendukung, dan memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
10. Teman-Teman Agroekoteknologi, dan SOILIST 2015. Terimakasih telah memberikan dukungan dan bantuan selama penulisan skripsi ini.

Semoga segala bantuan, petunjuk, dorongan, semangat dan bimbingan yang telah diberikan mendapatkan imbalan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan.

Malang, Agustus 2019

Penulis

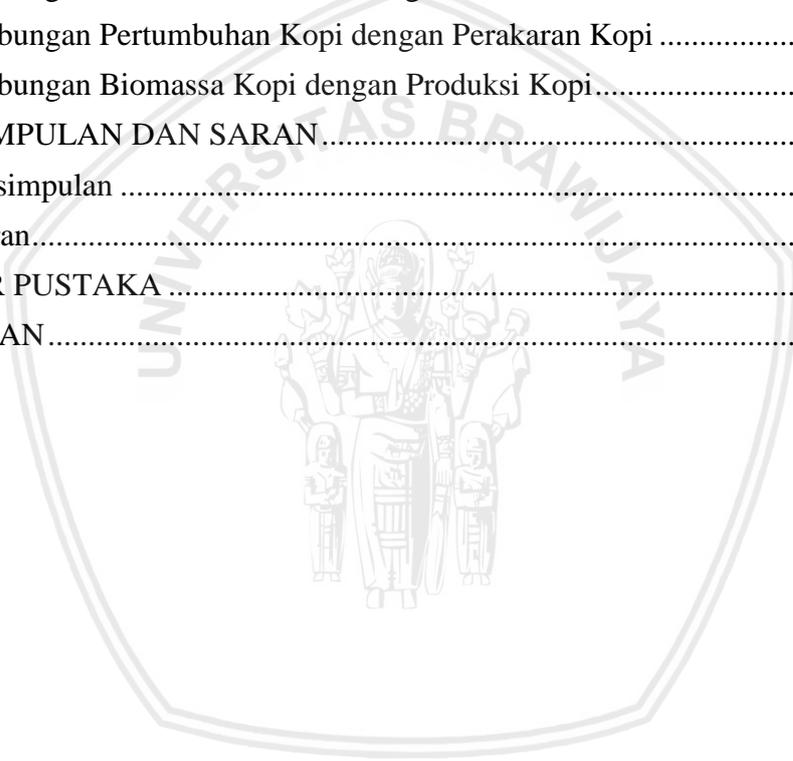


DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Hipotesis.....	4
1.4 Manfaat	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem Agroforestri.....	5
2.2 Hal Penting Dalam Penerapan Agroforestri Berbasis Kopi.....	6
2.2.1 Kebutuhan tingkat naungan tanaman kopi.....	6
2.2.2 Interaksi antar tanaman dan tanah.....	6
2.2.3 Potensi ekonomi produk yang dihasilkan	6
2.3 Pengaruh Manajemen Kopi Terhadap Sistem Perakaran dan Pertumbuhan Tanaman	7
2.4 Pengaruh Jarak Tanam Pinus Terhadap Sistem Perakaran dan Pertumbuhan Tanaman	7
III. BAHAN DAN METODE.....	9
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	9
3.2 Alat dan Bahan.....	9
3.2.1 Di Lapangan.....	9
3.2.2 Di Laboratorium.....	10
3.3 Rancangan Penelitian	10
3.4 Variabel Pengamatan	12
3.5 Tahapan Penelitian	12
3.5.1 Penentuan Lokasi Pengamatan.....	12
3.5.2 Pengukuran Parameter Pengamatan.....	13
3.6 Metode Trenching	15
3.7 Analisa Data Penelitian	17



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Kondisi Manajemen Lahan	18
4.1.1 Pemangkasan pada tanaman kopi	18
4.1.2 Pemupukan	19
4.1.3 Jarak Tanam	19
4.2 Pertumbuhan Pinus	19
4.3 Sistem Perakaran Pinus	22
4.4 Pertumbuhan Tanaman Kopi.....	30
4.5 Sistem Perakaran Kopi.....	31
4.6 Hubungan Pertumbuhan Pinus dengan Perakaran Pinus	40
4.7 Hubungan Pertumbuhan Kopi dengan Perakaran Kopi	42
4.8 Hubungan Biomassa Kopi dengan Produksi Kopi.....	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	50



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alat yang digunakan di lapang.....	9
2.	Alat yang digunakan di laboratorium.....	10
3.	Macam Lokasi Perlakuan Manajemen Sistem Agroforestri	11
4.	Macam Variabel, Parameter, dan Metode Pengukuran Penelitian.....	12
5.	Pertumbuhan Tanaman Kopi.....	31



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur Kerja Penelitian.....	3
2.	Peta Lokasi UB Forest	9
3.	Kegiatan Survei Lapangan	13
4.	Pengamatan Pertumbuhan Tanaman	14
5.	Intersepsi Garis.....	15
6.	Metode Penggalian Tanah.....	16
7.	DBH Pinus	20
8.	Biomassa Pinus	21
9.	Lrv di Berbagai Kedalaman	23
10.	Lrv Pinus di Berbagai Zona	25
11.	Drv Pinus di Berbagai Kedalaman.....	26
12.	Drv Pinus di Berbagai Zona.....	28
13.	Specrol Pinus di Berbagai Kedalaman.....	29
14.	Lrv Kopi di Berbagai Kedalaman	33
15.	Lrv Kopi di Berbagai Zona	35
16.	Drv Kopi di Berbagai Kedalaman.....	36
17.	Drv Kopi di Berbagai Zona.....	38
18.	Specrol Kopi di Berbagai Kedalaman.....	39
19.	Hubungan Lrv Pinus dengan Biomassa Pinus	40
20.	Hubungan Drv Pinus dengan Biomassa Pinus.....	41
21.	Hubungan Specrol Pinus dengan Biomassa Pinus.....	42
22.	Hubungan Lrv Kopi dengan Biomassa Kopi	43
23.	Hubungan Drv Kopi dengan Biomassa Kopi.....	43
24.	Hubungan Specrol Kopi dengan Biomassa Kopi.....	44
25.	Hubungan Biomassa Kopi dengan Produksi Kopi.....	45

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

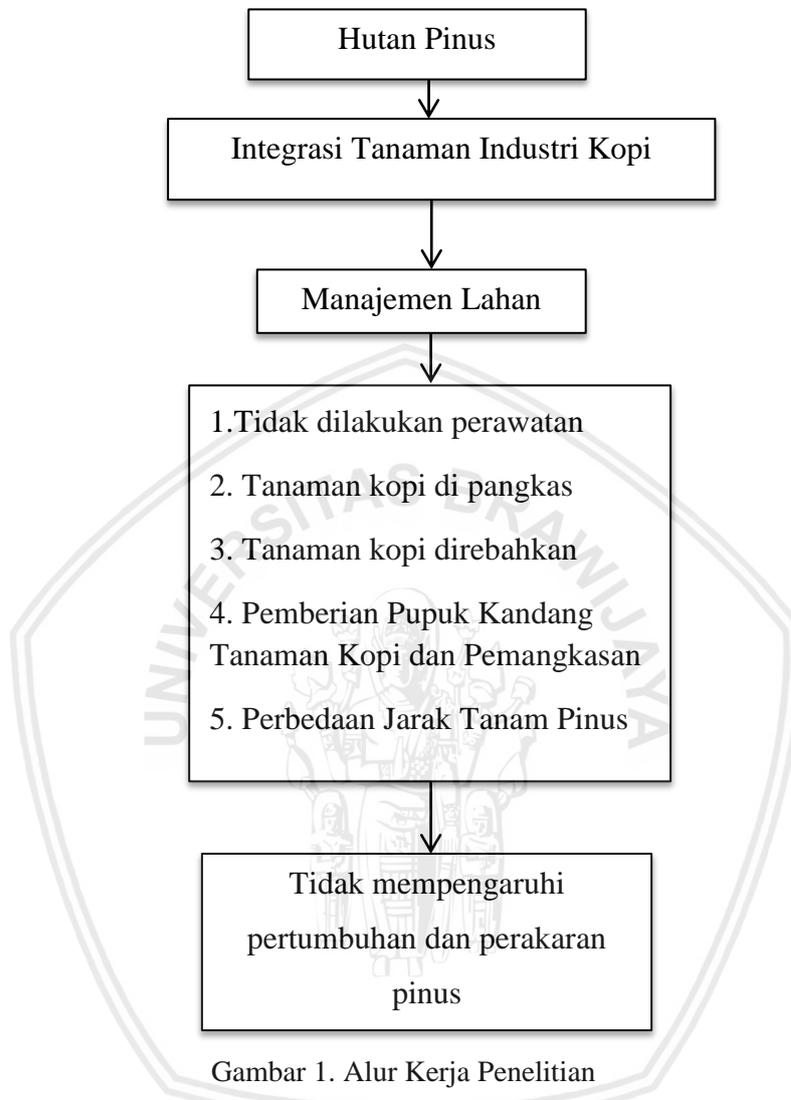
Pohon *Pinus merkusii* Jungh. Et de Vriese merupakan jenis pinus yang tumbuh asli di wilayah Indonesia (Harahap dan Aswandi, 2006). *Pinus merkusii* dapat tumbuh di berbagai ketinggian tempat, namun tempat tumbuh terbaik bagi jenis pohon pinus ini berada pada ketinggian tempat antara 400-2000 mdpl dengan rata-rata curah hujan antara 1.500-3.500 mm setiap tahun (Sallata, 2013). Penanaman pohon pinus merkusii di lahan hutan awalnya digunakan untuk mempercepat reboisasi dan rehabilitasi lahan kosong dalam kawasan hutan. Hal ini karena pinus merkusii selain termasuk jenis tanaman cepat tumbuh (*fast growing species*), jenis pinus ini merupakan jenis pinus yang tidak memerlukan syarat-syarat tempat tumbuh yang khusus sehingga mudah untuk dibudidayakan. Pohon pinus memiliki akar tunggang dengan sistem perakaran yang cukup dalam dan kuat sehingga dapat tumbuh di tanah yang dalam atau tebal dengan tekstur tanah ringan sampai sedang dan dapat tumbuh di tanah marginal (Larasati, 2017). Khususnya di Pulau Jawa, dengan meningkatnya tekanan penduduk terhadap hutan di lahan Perhutani, tanaman industri kopi diintegrasikan di hutan pinus merkusii dalam sistem agroforestri dalam program Pengelolaan Hutan Bersama Masyarakat (PHBM).

Integrasi tanaman kopi dengan pohon pinus merkusii dalam sistem agroforestri menghasilkan interaksi positif atau negatif antara pohon dan tanaman industri tersebut. Permasalahan yang disinyalir terjadi dalam pengembangan sistem agroforestri ini adalah adanya potensi kompetisi antara tanaman kopi dengan tanaman pinus. Tutupan lahan dan manajemen lahan yang berbeda akan menghasilkan iklim mikro yang berbeda pada lantai hutan (Adi Kunarso dan Fatahul Azwar, 2012). Pertumbuhan pohon pinus sangat dipengaruhi oleh adanya kombinasi faktor lingkungan yang berimbang dan menguntungkan. Faktor lingkungan yang dimaksud adalah cahaya, tunjangan mekanis, unsur hara, udara, dan air. Apabila salah satu faktor lingkungan tidak seimbang dengan faktor lainnya, faktor tersebut dapat menekan pertumbuhan tanaman serta akan adanya persaingan dalam sistem perakaran antara tanaman pinus dengan tanaman kopi. (Alrasjid *et al.*, 1983). Perakaran pohon pinus secara umum memiliki daya jelajah

lebih dalam daripada tanaman industri kopi sehingga tanaman kopi mendapatkan akses nutrisi tanah dan air yang tidak optimal (Udawatta, 2002). Akar merupakan alat pertautan tanaman ke tanah, alat penyalur nutrisi dari tempat serapan ke organ lain tanaman, juga sebagai tempat aktivitas metabolik seperti respirasi, dan tempat penyimpanan cadangan makanan. Semakin kuat akar dalam mencengkram tanah maka akan semakin baik aktivitas pada akar tersebut. Menurut de Willigen van Noodwijk (1987), mengasumsikan bahwa keberadaan akar yang berkembang dengan baik berarti serapan air dan hara dapat terjadi dengan optimal. Distribusi akar menggambarkan adanya distribusi aktivitas penyerapan hara. Potensi tingkat penyerapan air dan hara akan dibatasi oleh jumlah akar per satuan volume tanahnya. Dengan hal ini interaksi akar akan mempengaruhi sistem agroforestri karena tidak hanya terdapat satu jenis akar tanaman saja.

Integrasi tanaman kopi dengan pohon pinus merkusii dengan jarak tanam 3m x 2m disisipi tanaman kopi dalam sistem agroforestri, dengan karakteristik pinus merkusii yang toleran serta dengan tanah marjinal diduga tidak mempengaruhi sistem perakaran dan pertumbuhan pohon pinus, namun menekan sistem perakaran dan pertumbuhan tanaman kopi. Untuk itu dalam upaya peningkatan produksi kopi yang diharapkan akan dapat meningkatkan pendapatan petani dalam program PHBM, kopi yang ditanam dilakukan manajemen. Manajemen petani dalam upaya peningkatan produksi kopi yang dipraktekkan di UB Forest melalui (1) pemangkasan, (2) perebahan batang kopi, (3) pemangkasan dan dikombinasikan dengan pemupukan organik (Gambar 1). Disisi lain, praktek manajemen Perhutani untuk memperbaiki pertumbuhan pinus adalah dilakukan penjarangan satu baris pinus setelah usia 10 tahun. Keberagaman manajemen di dalam sistem agroforestri ini akan menyebabkan interaksi antar tanaman kopi dan pohon pinus yang berbeda-beda. Kondisi ini memunculkan pertanyaan penelitian (1) Apakah sistem perakaran dan pertumbuhan tanaman pinus tidak terpengaruh dengan dilakukan integrasi tanaman kopi dengan berbagai manajemen?. (2) Apakah dengan semakin intensif pengelolaan kopi akan dapat memperbaiki sistem perakaran pinus dan pertumbuhan tanaman kopi?. (3) Apakah ada hubungan antara penurunan perakaran pinus dan peningkatan perakaran kopi terhadap penurunan pertumbuhan pohon pinus?. (4) Apakah ada hubungan antara

penurunan perakaran pinus dan peningkatan perakaran kopi terhadap peningkatan pertumbuhan kopi?



Gambar 1. Alur Kerja Penelitian

1.2 Tujuan Penelitian

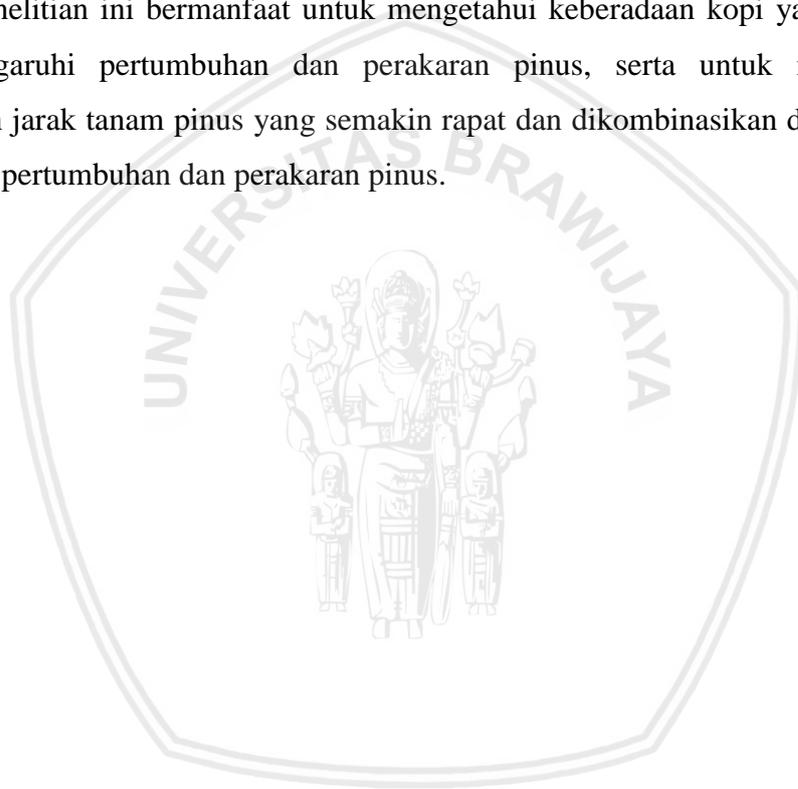
1. Mengevaluasi keberadaan kopi dan manajemen kopi terhadap pertumbuhan dan perakaran pinus di sistem agroforestri.
2. Mengevaluasi intensifikasi manajemen pertanaman kopi terhadap peningkatan sistem perakaran dan pertumbuhan tanaman kopi.
3. Menganalisis hubungan antara perakaran tanaman kopi dengan pertumbuhan tanaman kopi.
4. Menganalisis hubungan antara perakaran pohon pinus dengan pertumbuhan pohon pinus.

1.3 Hipotesis

1. Keberadaan tanaman kopi dan berbagai manajemennya tidak akan mempengaruhi pertumbuhan dan perakaran pinus.
2. Dengan semakin intensif manajemen pertanaman kopi dapat meningkatkan sistem perakaran dan pertumbuhan tanaman kopi.
3. Adanya hubungan antara pertumbuhan pinus dengan perakaran pinus.
4. Adanya hubungan antara pertumbuhan kopi dengan perakaran kopi.

1.4 Manfaat

Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui keberadaan kopi yang mampu mempengaruhi pertumbuhan dan perakaran pinus, serta untuk mengetahui pengaruh jarak tanam pinus yang semakin rapat dan dikombinasikan dengan kopi terhadap pertumbuhan dan perakaran pinus.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Agroforestri

Sistem agroforestri adalah suatu sistem penanaman dengan penggunaan lahan antara tanaman tahunan dengan tanaman pertanian (tanaman semusim) yang didalamnya terdapat kegiatan manusia. Kegiatan kehutanan, pertanian, dan peternakan dikombinasikan secara bersama-sama sehingga terbentuk interaksi baik dari segi ekologi, ekonomi, maupun sosialnya (Hairiah dkk., 2003). Selain adanya interaksi ekologi, ekonomi, dan sosialnya, sistem agroforestri akan berkaitan dengan bagaimana pengelolaan yang tepat dilakukan untuk dapat menjaga produktivitas tanaman yang mana didalamnya terdapat beberapa jenis tanaman (strata).

Pengelolaan sistem agroforestri meliputi pengolahan tanah, penyiangan, pemangkasan, dan pemberantasan hama/penyakit. Sering kali antar lokasi bahkan antar petani berbeda-beda dalam pengelolaan sistem agroforestri. Sistem pengelolaan yang berbeda-beda tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan kondisi biofisik (tanah dan iklim), perbedaan ketersediaan modal dan tenaga kerja, dan perbedaan latar belakang sosial budaya. Namun, rumusan pengelolaan agroforestri yang beragam tetapi tetap dalam kriteria yaitu seperti 1) Campuran jenis tanaman tahunan atau pohon-pohonan dan tanaman setahun atau pangan atau pakan ternak (pertanian). 2) Lebih dari satu strata tajuk mampu menjaga iklim mikro tanah pada tanaman yang membutuhkan tanah yang lembab atau gembur. 3) Mempunyai produktivitas yang cukup tinggi dalam memberi pendapatan bagi petani sehingga dalam penerapan agroforestri tidak menyebabkan pengeluaran yang berlebihan. 4) Terjaga kelestarian fungsi ekosistemnya atau tanaman yang ditanam sesuai dengan daerah yang akan ditanami (Suharjito, dkk, 2003).

Sistem agroforestri di lokasi penelitian Desa Summersari termasuk dalam komponen agroforestri yaitu agrisilvikultura. Agrisilvikultura merupakan kombinasi antara komponen atau kegiatan kehutanan (pepohonan, perdu, palem, bamboo, dll) dengan komponen pertanian (Hairiah, dkk, 2003) dengan komoditas kopi arabika dan pinus.

2.2 Hal Penting Dalam Penerapan Agroforestri Berbasis Kopi

Dalam penerapan sistem agroforestri berbasis kopi, ada beberapa hal yang perlu di perhatikan antara lain; 1) Kebutuhan tingkat naungan tanaman kopi, 2) Interaksi antar tanaman dan tanah, dan 3) Potensi ekonomi produk yang dihasilkan.

2.2.1 Kebutuhan tingkat naungan tanaman kopi

Tanaman kopi muda memerlukan tingkat naungan berkisar 35-66% untuk menunjang pertumbuhannya. Sedangkan tanaman kopi yang sudah berproduksi (di atas 4 tahun) tingkat naungan yang diperlukan berkisar 30-50% (Baliza dkk, 2012). Oleh karena itu, pengaturan jarak tanam atau populasi tanaman penaung perlu dilakukan untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman kopi maupun tanaman pinus.

2.2.2 Interaksi antar tanaman dan tanah

Interaksi antar tanaman dapat bersifat langsung atau tidak langsung. Interaksi langsung misalnya tanaman kopi yang menghambat tanaman pinus ataupun sebaliknya. Interaksi tidak langsung ada yang bersifat negatif, misalnya menyebabkan adanya persaingan dalam penyerapan unsur hara, air, atau pemanfaatan intensitas sinar matahari. Namun ada pula interaksi tidak langsung yang bersifat positif, misalnya tanaman pinus menghasilkan nitrogen sehingga menambah unsur hara tanah dan menguntungkan tanaman kopi. (Suprayoga dkk, 2003).

2.2.3 Potensi ekonomi produk yang dihasilkan

Tanaman penaung, tanaman penutup tanah, maupun ternak yang diintegrasikan dalam agroforestri berbasis kopi yang memiliki potensi ekonomi cukup baik, misalnya ditunjukkan oleh adanya kebutuhan akan produk yang dihasilkan, kemudahan pemasaran, dll. Hal yang termasuk pertimbangan ekonomi adalah memaksimalkan pengaturan waktu panen dari produk yang dipilih (misalnya bulanan, musiman, dan tahunan) sehingga dapat dihasilkan produk sepanjang waktu dari agroforestri berbasis kopi. Dengan demikian hasil dari agroforestri berbasis kopi dapat meningkatkan pendapatan petani (Suprayoga dkk, 2003).

2.3 Pengaruh Manajemen Kopi Terhadap Sistem Perakaran dan Pertumbuhan Tanaman

Dalam sistem perakaran ukuran sistem kepadatan perakaran tanaman dapat diukur dari nilai total panjang akar (length root per volume / Lrv, cm.cm^{-3}) dan total berat kering akar (weight root per volume / Drv, g cm^{-3}) tanaman. Pengaruh pemupukan terhadap tingginya nilai total panjang akar (Lrv) dan berat kering akar (Drv) disebabkan oleh adanya penambahan bahan organik ke dalam tanah sehingga sifat fisik tanah mengalami perbaikan dan akan memudahkan akar dalam pertumbuhannya. Hal ini dikuatkan oleh Sarief (1993), bahwa manajemen kopi dengan pemberian pupuk kandang dapat menambah banyaknya kegunaan air akan tanaman serta merangsang pertumbuhan akar. Hal ini juga dikemukakan dalam penelitian Sutanto (2002), penggunaan pupuk organik pada tanaman jagung menghasilkan sistem perakaran yang dalam, perkembangan perakaran yang baik dan hasil yang tinggi.

Pemupukan merupakan faktor penting bagi pertumbuhan tanaman. Dalam pertumbuhan tanaman akan dipengaruhi oleh unsur-unsur hara yang tersedia pada tanah. Pupuk organik adalah pupuk yang mengandung unsur hara lengkap, baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro, asam-asam organik, hormon dan enzim yang tidak terdapat dalam pupuk buatan (Darmian, 2011) dan mikroba (Aziz *et al.*, 2012; Prasanna *et al.*, 2012). Semua unsur-unsur ini sangat dibutuhkan tanaman dalam pertumbuhan tanaman serta perbaikan sifat fisik, sifat biologi tanah dan sifat kimia.

2.4 Pengaruh Jarak Tanam Pinus Terhadap Sistem Perakaran dan Pertumbuhan Tanaman

Akar merupakan organ terpenting yang dimiliki oleh tanaman, karena berperan dalam penyediaan air dan unsur hara untuk proses metabolismenya. Distribusi sistem perakaran pohon sangat penting dalam pemanfaatan lahan dengan sistem agroforestri. Pada lokasi penelitian pengaturan jarak tanam dilakukan pada pohon Pinus. Pinus memiliki buah yang besar sehingga secara genetis memiliki perakaran tunggang yang dalam dan akarnya mampu menembus lapisan yang kuat dan dalam (Daniel *et al.*, 1995). Hubungan faktor lingkungan seperti sifat kesuburan tanah juga dapat mempengaruhi perkembangan akar. pada

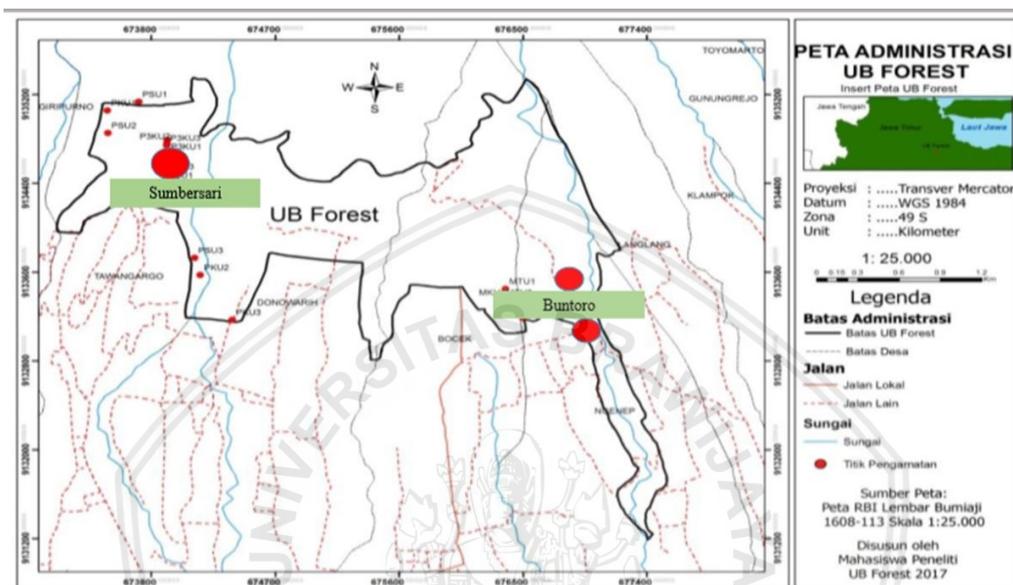
kondisi lapisan tanah atas yang subur dan ketersediaan hara sesuai dengan kebutuhan pohon, akar pohon akan cenderung menjadi dangkang karena distribusi akar lebih banyak berada pada lapisan atas, sehingga memberikan peluang yang besar untuk terjadinya kompetisi zat hara tanah (Nugroho, 2007). Oleh sebab itu, pengaturan jarak tanam merupakan salah satu cara untuk mengurangi kompetisi antar tanaman dalam sistem agroforestri. Menurut Siswandi (2008), adanya pengaturan jarak tanam secara nyata berpengaruh terhadap sistem perakaran. Lebar jarak tanam akan mempengaruhi ruang tumbuh akar yang akan semakin lebar dan persaingan unsur hara berkurang sehingga akar yang dihasilkan lebih baik.

Jarak tanam juga dapat mempengaruhi luas atau ruang tumbuh yang ditempatinya dalam penyediaan unsur hara, air, dan cahaya. Jarak tanam yang lebih rapat mampu meningkatkan nilai tinggi tanaman. Hal ini ditunjukkan dengan penelitian oleh Evy Thryrida (2013), hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak tanam yang lebih rapat dapat meningkatkan pertumbuhan vegetative yaitu tinggi tanaman. Hal lain juga dikuatkan oleh Harris (1978), bahwa peningkatan kerapatan dan kepadatan batang berakibat tanaman untuk memiliki nilai lebih tinggi. Pertumbuhan tinggi tanaman yang pesat disebabkan oleh ruang tumbuh tanaman yang semakin sempit sehingga kompetisi cahaya antar individu semakin besar. Oleh karena itu, jarak tanam perlu diperhatikan dalam suatu sistem budidaya terutama pada sistem agroforestri. Menurut Barri (2003), dimana sistem jarak tanam akan mempengaruhi unsur hara dan ruang tumbuh yang diperoleh tanaman dan akan memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2019 sampai April 2019 di lahan UB Forest di Desa Summersari, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang (Gambar 2), serta di laboratorium biologi Jurusan Tanah Universitas Brawijaya.



Gambar 2. Peta Lokasi UB Forest

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian terdapat dua macam yaitu alat yang digunakan di lapangan (Tabel 1), dan alat yang digunakan di dalam laboratorium (Tabel 2).

3.2.1 Di Lapangan

Alat yang digunakan dalam penelitian di lapangan disajikan pada (Tabel 1) :

Tabel 1. Alat yang digunakan di lapang

No	Alat/Bahan	Fungsi
1	Meteran	Mengukur keliling pohon kopi dan pinus
2	Cangkul dan papras	Menggali profil tanah
3	Pisau lapang	Melakukan trenching
4	Gunting	Memotong akar tanaman
5	Ayakan 2mm&250µm, kertas grafik laminating, dan nampan	Pengukuran LRV
6	Plastik 1 kg	Meletakkan sampel
7	Spidol marker	Memberi label pada plastik

3.2.2 Di Laboratorium

Alat yang digunakan dalam penelitian di laboratorium disajikan pada (Tabel 2) :

Tabel 2. Alat yang digunakan di laboratorium

No	Alat/Bahan	Fungsi
1	Oven	Mencari berat kering akar
2	Timbangan Analitik	Menimbang akar
3	Amplop	Meletakkan akar dalam oven
4	Akar	Bahan pengamatan
5	Kamera	Dokumentasi

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan rancangan nested dengan satu faktor penelitian yaitu tindakan manajemen kopi. Ada 6 (enam) lokasi penelitian (perlakuan manajemen kopi) yaitu:

1. Hutan Pinus monokultur umur 25 tahun dengan jarak tanam pohon 3m x 2m,
2. Hutan Pinus umur 25 tahun dengan jarak tanam pohon 3m x 2m + Tanaman Kopi umur 6 tahun tidak dilakukan perawatan,
3. Hutan Pinus umur 25 tahun dengan jarak tanam pohon 3m x 2m + Tanaman Kopi umur 6 tahun dengan dilakukan perawatan batang kopi direbahkan,
4. Hutan Pinus umur 25 tahun dengan jarak tanam pohon 3m x 2m + Tanaman Kopi umur 6 tahun dengan dilakukan perawatan batang kopi dilakukan pemangkasan,
5. Hutan Pinus umur 25 tahun dengan jarak tanam pohon 3m x 2m + Tanaman Kopi umur 6 tahun dengan dilakukan perawatan batang kopi dilakukan pemangkasan dan pemupukan dalam setiap 1 tahun sekali menggunakan pupuk kandang dengan dosis 2-4 kg per tanaman, dan
6. Hutan Pinus umur 25 tahun dengan jarak tanam pohon 6m x 2m + Tanaman Kopi umur 6 tahun dengan pemangkasan batang kopi.

Setiap lokasi penelitian ditetapkan perwakilan dengan memilih satu pohon pinus dan satu tanaman kopi yang representatif mewakili kondisi perlakuan. Dari setiap perlakuan dilakukan 3 ulangan sehingga keseluruhan terdapat 18 plot penelitian. Kode plot perlakuan penelitian disajikan di Tabel 1.

Tabel 3. Macam Lokasi Perlakuan Manajemen Sistem Agroforestri

SPL	Plot	Ulangan	Kode
A	Pinus mokultur umur 25 thn jarak tanam 3x2 m	1	PM 1
		2	PM 2
		3	PM 3
B	Kopi tidak dirawat, umur 6 th + pinus umur 25 th jarak tanam 3x2 m	1	LC 1
		2	LC 2
		3	LC 3
C	Kopi direbahkan, umur 6 thn + pinus umur 25 thn jarak tanam 3x2 m	1	HC 1
		2	HC 2
		3	HC 3
D	Kopi dilakukan pemangkasan, umur 6 thn + pinus umur 25 thn dengan jarak tanam 3x2 m	1	MC 1
		2	MC 2
		3	MC 3
E	Kopi dipupuk dan dipangkas, umur 6 thn + pinus umur 25 thn jarak tanam 3x2 m	1	PK 1
		2	PK 2
		3	PK 3
F	Kopi dipangkas, umur 6 thn + pinus umur 25 thn jarak tanam 6x2 m	1	KT 1
		2	KT 2
		3	KT 3

3.4 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan dalam penelitian ini meliputi pengukuran sistem perakaran dan pertumbuhan pohon pinus dan tanaman kopi (Tabel 4).

Tabel 4. Macam Variabel, Parameter, dan Metode Pengukuran Penelitian

Objek	Parameter	Metode Pengukuran
Pertumbuhan	<i>Diameter at Breast Height</i> (DBH) kopi dan pinus	Menggunakan meteran
	Jumlah biji kopi	Menghitung manual di lapang
	Biomassa kopi	Persamaan (Waterloo, 1995)
Akar	<i>Long Root Value</i> (LRV)	Metode Intersepsi Akar (Teenant)
	<i>Dry Root Value</i> (DRV)	Gravimetri

3.5 Tahapan Penelitian

3.5.1 Penentuan Lokasi Pengamatan

Lokasi pengamatan ditentukan berdasarkan survei lapangan dengan memilih pohon pinus dan tanaman kopi yang memiliki pertumbuhan baik yang mampu mewakili dalam satu plot tersebut (Gambar 2). Penelitian ini menggunakan 6 plot setiap plot dipilih secara acak satu pohon pinus dan satu tanaman kopi yang memiliki pertumbuhan kopi dan pinus yang baik. Plot penelitian ini memiliki umur tanaman yang sama dengan manajemen yang berbeda yaitu (1) Hutan Pinus monokultur umur 25 tahun dengan jarak tanam pohon 3m x 2m. (2) Hutan Pinus umur 25 tahun dengan jarak tanam pohon 3m x 2m + Tanaman Kopi umur 6 tahun tidak dilakukan perawatan. (3) Hutan Pinus umur 25 tahun dengan jarak tanam pohon 3m x 2m + Tanaman Kopi umur 6 tahun dengan dilakukan perawatan batang kopi direbahkan. (4) Hutan Pinus umur 25 tahun dengan jarak tanam pohon 3m x 2m + Tanaman Kopi umur 6 tahun dengan dilakukan perawatan batang kopi dilakukan pemangkasan. (5) Hutan Pinus umur 25 tahun dengan jarak tanam pohon 3m x 2m + Tanaman Kopi umur

6 tahun dengan dilakukan perawatan batang kopi dilakukan pemangkasan dan pemupukan dalam setiap 1 tahun sekali menggunakan pupuk kandang dengan dosis 2-4 kg per tanaman. (6) Hutan Pinus umur 25 tahun dengan jarak tanam pohon 6m x 2m + Tanaman Kopi umur 6 tahun dengan dilakukan pemangkasan.



Gambar 3. Kegiatan Survei Lapangan

3.5.2 Pengukuran Parameter Pengamatan

a. Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Kopi dan Pinus

Setiap plot dipilih secara acak sebanyak 33 pohon yang memiliki pertumbuhan kopi dan pinus yang baik yang dapat mewakili plot tersebut untuk diamati pertumbuhannya. Pengamatan pertumbuhan kopi dan pinus dilakukan satu kali di awal penelitian. Pengamatan dilakukan dengan mengukur keliling pohon menggunakan meteran, hitung tinggi 130 cm dari permukaan tanah kemudian tandai titik tersebut (Gambar 4) . Lilitkan pita meteran ke batang pohon dan dipastikan meteran lurus dan kencang disekeliling pohon. Catat keliling batang pohon yang tertera di meteran. Selanjutnya, pertumbuhan biji kopi pada setiap sampel di semua plot dihitung jumlahnya. Kemudian hasil dari pengamatan tersebut di pisahkan dalam setiap plotnya untuk dibandingkan.

Pertumbuhan pinus atau kopi juga ditunjukkan oleh biomassa tanaman. diameter batang kopi dan pinus yang telah diukur kemudian di konversi menjadi biomassa. Setiap ulangan, pohon pinus dan tanaman kopi diukur secara acak dengan 11 tanaman. Nilai DBH pinus kemudian dikonversi menjadi biomassa dengan persamaan (Waterloo, 1995):

$$DW = 0,0417 * [DBH] ^ 2.6576$$

Sedangkan untuk tanaman kopi menggunakan persamaan (Arifin, 2001):

$$DW = 0.281 * [DBH] ^ 2.06$$

Keterangan:

DW = berat kering biomassa (kg tanaman-1)

DBH = Diameter setinggi dada (cm)

Selain itu pertumbuhan tanaman kopi juga diukur dengan produksi kopi. Jumlah biji per pohon dihitung kemudian dari jumlah masing masing biji pohon diasumsikan dengan 1 biji kopi adalah 6 gram biji kering. Maka dapat ditentukan untuk produksi biji per pohon.



Gambar 4. Pengamatan Pertumbuhan Tanaman

b. Pengukuran LRV (*Long Root Value*)

Pengukuran LRV (*Long Root Value*) atau total panjang akar menggunakan akar yang telah diambil pada pengambilan sampel akar. Akar dipilah antara akar tanaman kopi, pohon pinus dan akar tanaman lainya (rumput, covercrop, gulma). Pengukuran total panjang akar (Lrv cm cm⁻³) hanya akar pohon percobaan, akar yang lain tidak diukur total panjang akarnya, hanya ditimbang berat keringnya dengan di oven. Pengukuran total panjang akar (Lrv, cm cm⁻³) dengan estimasi perhitungan jumlah perpotongan akar dengan garis grafik atau metode Tennant (Van Noordwijk *et al.*, 2000). Bila sampel akar pohon tidak terlalu banyak semua akar di sebar dalam nampan. Di dalam nampan terdapat kertas grafik yang dilaminating dan ditutup selembaer mika ukuran 25 x 25 cm. Bila sampel akar banyak, maka sampel akar yang diukur dalam nampan adalah sub-sampel.

Akar yang akan diukur Lrvnya dipotong-potong sepanjang 2 cm, yang kemudian disebar merata di atas kaca yang bergrafik dalam nampan (Gambar 3) dan sedikit diberi air. Hitung perpotongan akar dengan garis vertikal dan horizontal kemudian dijumlahkan dari kertas grafik. Selisih perpotongan akar

pada garis vertikal dan horizontal usahakan sekecil mungkin (sekitar 10 – 20). Total panjang akar (LRV, cm cm⁻³) dihitung menggunakan rumus:

$$\text{LRV} = \frac{\pi(H+V)D}{4 \text{ Volume tanah}}$$

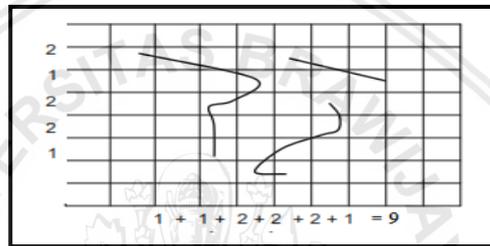
Keterangan:

D = ukuran grafik yang dipakai (cm)

H = jumlah perpotongan akar dengan garis horisontal

V = jumlah perpotongan akar dengan garis vertikal

(Tennant dalam Smith, 2000)



Gambar 5. Intersepsi garis pada pengukuran total panjang akar (Van Noordwijk et al., 2000)

c. Pengamatan DRV (*Dry Root Value*) di Laboratorium

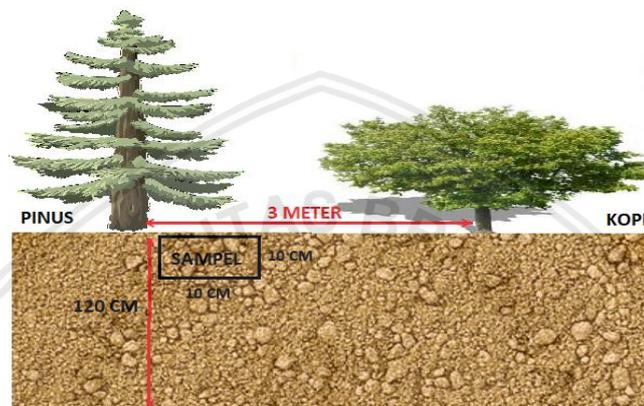
Setelah dilakukan pengukuran Lrv, sampel akar di oven untuk ditetapkan bobot keringnya. Bila dilakukan sub sampel, maka sub sampel yang ditetapkan Lrv dalam nampan dioven untuk ditetapkan bobot keringnya dan sisa sampel yang tidak diukur Lrv nya juga dioven untuk ditetapkan bobot keringnya. Masing-masing sampel akar dimasukkan dalam amplop kertas yang sebelumnya telah di timbang beratnya dan beratnya di tulis diamplop dan catatan penelitian. Selanjutnya, sampel akar dan amplop tersebut di oven pada suhu 80°C selama 48 jam dan ditimbang berat keringnya baik sub sampel maupun sisa dari sub-sampel menggunakan timbangan analitik dengan tingkat ketelitian 3 desimal sebagai data berat kering akar (Drv, gr cm⁻³).

3.6 Metode Trenching

Metode pengamatan sebaran perakaran yang digunakan adalah metode penggalian tanah (*profile root trenching*). Lubang profil tanah dibuat berukuran 2 x 1,2 m dengan arah tegak lurus terhadap baris pohon. Setiap lubang profil

mencakup sebaran akar dari 1 pohon pinus dan 1 tanaman kopi yang dijadikan contoh. Profil tanah dibagi menjadi 2 bagian pengamatan yaitu kedalaman dan zona. Kedalaman ditentukan secara vertikal profil tanah (120 cm) (Gambar 6) dan zona ditentukan secara horizontal profil tanah (terdapat 20 grid) dengan setiap grid memiliki ukuran 10 x 10 x 10 cm.

Contoh tanah dan akar di sepanjang dinding profil dipotong-potong dengan ukuran 10 x 10 cm sehingga diperoleh beberapa potong contoh tanah.



Gambar 6. Metode Penggalian Tanah

Sampel tanah disetiap *trenching* dipindahkan ke dalam plastik 1 kg untuk dibawa ke tempat pencucian akar, untuk memisahkan antara tanah dan akar. Pada setiap plot, ditempat pencucian akar, sampel dari semua *trenching* pada plot tersebut di jadikan satu sehingga menjadi sampel komposit. Pemisahan antara akar pohon dengan tanah ditempat pencucian dengan air kran yang mengalir, dilakukan dengan meletakkan sampel tanah dan akar pada ayakan tanah. Contoh tanah dan akar dipisahkan dengan jalan pengayakan basah, menggunakan 2 lapisan ayakan berukuran lubang 2 mm dan 250 μm . Contoh akar yang diperoleh ditentukan total panjang akar berdasarkan metode intersepsi garis dari Tenant (1975) dalam Smit *et al.*, (2000) dan berat keringnya. Sedangkan akar yang tertinggal di dalam ayakan dikumpulkan dalam kantong plastik berisi air dan ditambah kapur barus untuk pengawetan bila penanganan akar tidak bisa langsung dilakukan. Kemudian untuk tanah yang lolos ayakan dibuang.

3.7 Analisa Data Penelitian

Data yang di peroleh dianalisis keragamannya dengan pertumbuhan tanaman sebagai peubah bebas. Analisis yang digunakan adalah ANOVA pada taraf 5%. Selanjutnya apabila perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter yang diukur maka dilanjutkan dengan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan menggunakan software statistic Genstat versi 10. Untuk menentukan hubungan antara perakaran dan pertumbuhan tanaman kopi dan pohon pinus dilakukan analisis korelasi dan uji regresi dengan menggunakan Microsoft Excel 2010.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Manajemen Lahan

Melihat kondisi di lokasi penelitian, sistem agroforestri dengan vegetasi kombinasi antara pohon pinus dan tanaman kopi memiliki berbagai macam manajemen lahan. Manajemen lahan dilakukan guna mengetahui masing-masing pengaruh terhadap tanaman baik pertumbuhan maupun sistem perakarannya. Agroforestri dengan manajemen lahan tidak adanya perawatan pada tanaman kopi yang diberikan jarak tanam 3 x 2 m pada pohon pinus (LC), manajemen ini tidak memberikan pengaruh yang baik terhadap tanaman dibandingkan dengan manajemen lahan lainnya. Selanjutnya, pada agroforestri dengan manajemen plot pemangkasan batang tanaman kopi dan pemberian jarak tanam 3 x 2 m pada pohon pinus (MC) juga dilakukan pada manajemen plot (PK). Namun pada manajemen plot (PK) dikombinasikan dengan pemberian pupuk kandang dan pemberian jarak tanam 3 x 2 m pada pohon pinus. Selain plot (MC) dan (PK), manajemen pemangkasan juga dilakukan pada agroforestri plot lainnya namun pemberian jarak tanam pada pohon pinus lebih luas yaitu 6 x 2 m (KT). Kemudian, Plot (HC) memiliki manajemen penebangan batang kopi dengan pemberian jarak tanam 3 x 2 m pada pohon pinus. Dari kelima manajemen plot tersebut akan dibandingkan juga dengan plot pinus monokultur (PM) dengan jarak tanam yang dimiliki adalah 3 x 2 m.

4.1.1 Pemangkasan pada tanaman kopi

Pada manajemen plot MC, PK, dan KT pemangkasan diseleksi berdasarkan batang tanaman kopi yang sudah tidak produktif. Hal ini bertujuan untuk persediaan tahun yang akan datang, sehingga tanaman kopi dapat reproduktif dan memiliki hasil produksi yang optimal. Cabang-cabang yang berlebihan juga dilakukan pemangkasan agar cahaya matahari dapat masuk ke dalam tajuk dengan sirkulasi udara yang baik sehingga proses pertumbuhan maupun sistem perakaran menjadi baik. Menurut Panggabean (2011), Pemangkasan menjadi teknik budidaya yang penting dalam peningkatan produktivitas tanaman. Pemangkasan dilakukan untuk mencapai produksi yang optimal. Dalam manajemen lahan dengan pemangkasan, bermanfaat bagi tanaman

kopi membentuk cabang-cabang produksi yang baru dan mempermudah dalam pengendalian hama dan penyakit.

4.1.2 Pemupukan

Pemupukan dilakukan untuk mempertahankan dan memperbaiki kesuburan tanah, sehingga produktivitas tanah dapat meningkat dan diperoleh hasil yang maksimal. Pemupukan yang dilakukan pada plot PK dilakukan satu kali dalam setahun. Pemupukan pertama kali dilakukan pada saat tanaman kopi berumur 1-3 tahun dengan dosis 2-4 kg per pohon tergantung dengan pertumbuhan kopi di setiap pohonnya. Menurut Subba Rao (2002) pupuk organik buatan memiliki beberapa manfaat, yaitu: meningkatkan kandungan unsur hara yang dibutuhkan tanaman, meningkatkan produktivitas tanaman, merangsang pertumbuhan akar, batang, dan daun, serta menggemburkan dan menyuburkan tanah.

4.1.3 Jarak Tanam

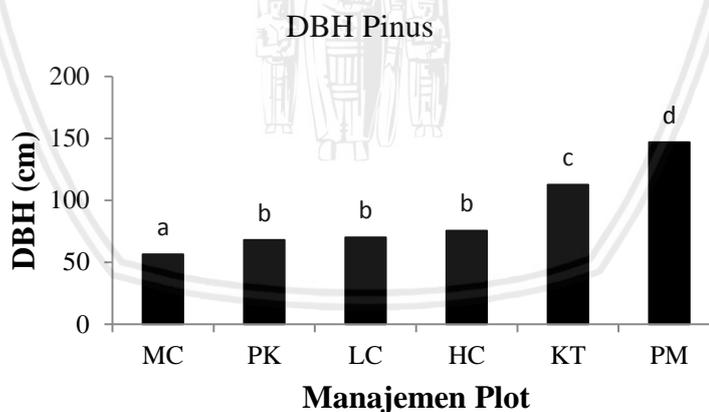
Pemberian jarak tanam pada pohon pinus perlu dilakukan dalam sistem agroforestri. Kombinasi tanaman di dalam satu lahan akan mengakibatkan adanya kompetisi antar tanaman dalam penyerapan air dan hara. Pada plot LC, HC, MC, dan PM memiliki jarak tanam pada pinus yaitu 3 x 2 m. Sedangkan pada plot KT memiliki jarak tanam pada pinus 6 x 2 m. Hal ini akan memiliki pertumbuhan dan produksi yang berbeda. Baik pada pohon pinus sebagai tanaman utama maupun pada tanaman kopi. Pemberian jarak tanam mampu membuat tanaman menyerap cahaya matahari lebih optimal dan perakaran tanaman tidak saling terhambat. Menurut Siswandi (2008), adanya pengaturan jarak tanam secara nyata berpengaruh terhadap sistem perakaran. Lebar jarak tanam akan mempengaruhi ruang tumbuh akar yang akan semakin lebar dan persaingan unsur hara berkurang sehingga akar yang dihasilkan lebih baik.

4.2 Pertumbuhan Pinus

4.2.1 DBH Pohon Pinus

Pada lokasi pengamatan terdapat DBH pohon pinus yang berbeda nyata ($P < 0,05$) antar manajemen plot. Gambar 5 memperlihatkan nilai rata-rata DBH pada plot pinus monokultur (PM) yang tergolong tinggi bila dibandingkan dengan

DBH manajemen plot lainnya. DBH pohon pinus pada manajemen plot PM memiliki nilai rata-rata sebesar 146,85 cm. Sedangkan nilai DBH terendah terdapat pada manajemen plot MC dengan rata-rata sebesar 56,3 cm. Plot MC memiliki variasi tanaman yaitu adanya tanaman kopi dengan pohon pinus. Kondisi ini menyebabkan pada plot MC memiliki keadaan yang lebih kompleks dibandingkan dengan sistem monokultur (PM). Menurut Van Noordwijk (2013), secara fisik agroforestri mempunyai susunan kanopi tajuk yang berjenjang (kompleks) dengan karakteristik dan kedalaman perakaran yang beragam pula. Kondisi ini menjadi salah satu faktor pohon pinus menerima besar kecilnya cahaya matahari, pemanfaatan CO₂, dan mendapatkan unsur hara dalam tanaman. Hal ini sesuai dengan pendapat Abidin (1984), penggunaan kerapatan tanaman pada dasarnya untuk memberikan ruang serta pertumbuhan tanaman yang baik tanpa mengalami persaingan antara sesama tanaman. Kerapatan tanam bisa mempengaruhi lingkungan tumbuh dan hasil tanaman, semakin rapat tanaman semakin tinggi populasi tanaman sehingga kompetisi antar tanaman untuk menyerap cahaya matahari, pemanfaatan CO₂, dan mendapatkan unsur hara dalam tanaman akan meningkat.

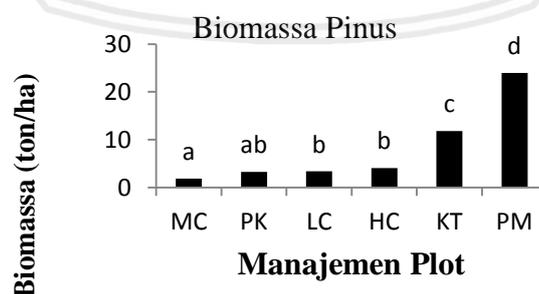


Gambar 7. DBH Pinus

Keterangan: PM= Pinus monokultur jarak tanam 3x2m; KT= Pemangkasan kopi+pinus dengan jarak tanam 6x2m; HC= Kopi yang direbahkan+pinus jarak tanam 3x2m; LC= Kopi tidak dirawat+pinus jarak tanam 3x2 m; PK= Kopi yang dipupuk dan dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m; MC= Kopi yang dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m.

4.2.2 Biomassa Pohon Pinus

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa manajemen plot berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap biomassa tanaman. Biomassa pohon pinus tertinggi adalah pada manajemen plot PM (Gambar 8) dengan rata-rata sebesar 23,93 ton/ha. Sedangkan biomassa terendah terdapat pada manajemen plot MC dengan nilai rata-rata sebesar 1,872 ton/ha. Hal ini berbanding lurus dengan hasil analisis DBH pohon pinus pada beberapa manajemen lahan tersebut. Semakin besar DBH maka semakin besar nilai biomassa pohon. Proses metabolisme dalam menghasilkan karbohidrat yang digunakan oleh tanaman untuk pertumbuhan adalah melalui proses fotosintesis. Pohon yang memiliki lingkaran batang lebih besar, mampu memanfaatkan cahaya matahari dan CO_2 lebih banyak untuk melakukan proses fotosintesis. Semakin besar karbohidrat yang dihasilkan ditunjukkan oleh biomassa yang lebih besar. Pernyataan diatas sesuai dengan pendapat Hamilton dan King (1998) bahwa, Biomassa tanaman bertambah karena tumbuhan menyerap karbondioksida (CO_2) dari udara dan mengubah zat ini menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis. Selain itu, besarnya diameter batang pohon pinus juga mempengaruhi banyaknya serapan CO_2 yang dapat diserap oleh tanaman untuk proses fotosintesis. Keberadaan pohon berdiameter >30 cm pada suatu tipe lahan, memberikan sumbangan yang cukup berarti terhadap total biomassa pohon. Semakin banyak pohon penyusun suatu lahan berdiameter >30 cm maka cadangan karbon pada lahan tersebut makin tinggi (Hanafi dan Bernardianto, 2012).



Gambar 8. Biomassa Pinus

Keterangan: PM= Pinus monokultur jarak tanam 3x2m; KT= Pemangkasan kopi+pinus dengan jarak tanam 6x2m; HC= Kopi yang direbahkan+pinus jarak tanam 3x2m; LC= Kopi tidak dirawat+pinus jarak tanam 3x2 m; PK= Kopi yang dipupuk dan dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m; MC= Kopi yang dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m.

4.3 Sistem Perakaran Pinus

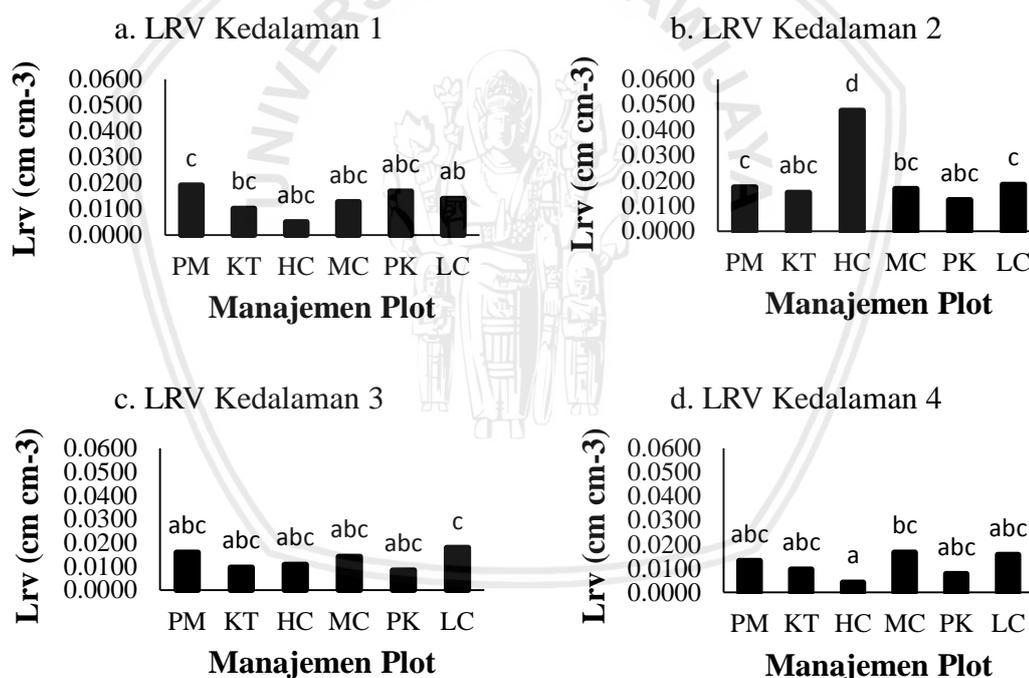
4.4.1 LRV (*Long Root Value*)

a. LRV di Berbagai Kedalaman

LRV pohon pinus disetiap manajemen plot memiliki nilai yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil uji ANOVA dengan sumber keragaman (SK) antara manajemen plot dengan kedalaman memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0.05$) terhadap LRV. Didapatkan nilai LRV tertinggi di kedalaman 1 (0-20 cm) adalah manajemen plot PM dengan rata-rata LRV $0,0192 \text{ cm cm}^{-3}$. Jika dibandingkan dengan kedalaman 2 (20-50 cm) manajemen plot HC memiliki nilai LRV tertinggi dengan rata-rata sebesar $0,0476 \text{ cm cm}^{-3}$. Selanjutnya pada kedalaman 3 (50-80 cm) manajemen plot LC memiliki nilai LRV tertinggi dengan nilai rata-rata sebesar $0,0179 \text{ cm cm}^{-3}$. Manajemen plot MC memiliki nilai LRV tertinggi di kedalaman 4 (80-120 cm) dengan rata-rata sebesar $0,0166 \text{ cm cm}^{-3}$. Manajemen plot PM memiliki nilai LRV tertinggi di kedalaman 1 (Gambar 9). Hal ini dikarenakan PM memiliki lebih banyak perakaran tunggang di kedalaman dibawah lapisan top soil. Sehingga pada lapisan top soil, plot PM memiliki nilai LRV tertinggi. Menurut Daniel *et al.*, (1995), sebagai pohon yang memiliki buah besar, pinus secara genetis memiliki perakaran tunggang yang dalam. Namun jika dilihat di kedalaman 2, agroforestri HC memiliki LRV pohon pinus tertinggi bila dibandingkan dengan agroforestri PK. Perbedaan intensitas cahaya matahari yang masuk menjadi salah satu penyebab adanya perbedaan sistem perakaran. Manajemen plot PK memiliki kondisi lahan yang sangat rapat. Namun, pada kondisi manajemen plot HC di kedalaman 2 dan plot LC di kedalaman 3 memiliki ruang untuk cahaya masuk lebih banyak dibandingkan dengan plot PK. Manajemen dengan merebahkan batang kopi dapat membantu cahaya matahari yang masuk ke dalam lahan tersebut menjadi lebih optimal. Sedangkan pada manajemen plot PK memiliki ruang yang terbatas bagi tanah menerima sinar matahari. Intensitas cahaya matahari yang lebih besar akan digunakan tanaman untuk melakukan proses fotosintesis lebih cepat dan dapat diproduksi dalam jumlah yang lebih besar. Menurut Omon *et al.* (2007), Cahaya digunakan oleh tanaman untuk proses fotosintesis. Hasil fotosintesis ini sangat berguna bagi pertumbuhan tanaman untuk membuat makanan yang penting untuk pertumbuhan.

Semakin baik proses fotosintesis semakin baik pula pertumbuhan perakaran tanaman.

Secara umum semakin besar tingkat kedalaman, maka panjang akar yang dihasilkan pohon semakin kecil. Plot LC di kedalaman 3 dan plot MC di kedalaman 4 memiliki nilai LRV yang semakin kecil pada lapisan tanah bawah. Perakaran yang berada di kedalaman yang lebih jauh dari permukaan tanah dan dalam jumlah yang kecil, dalam menyerap air beserta unsur hara yang terdapat di dalam tanah akan menjadi minimum. Panjang akar ditunjukkan oleh sifat kesuburan tanah, di mana pada kondisi lapisan tanah atas yang subur dan ketersediaan hara sesuai dengan kebutuhan pohon, akar pohon akan cenderung menjadi dangkal karena distribusi akar lebih banyak berada pada lapisan atas. (Daniel *et al.*, 1995)



Gambar 9. Lrv di Berbagai Kedalaman

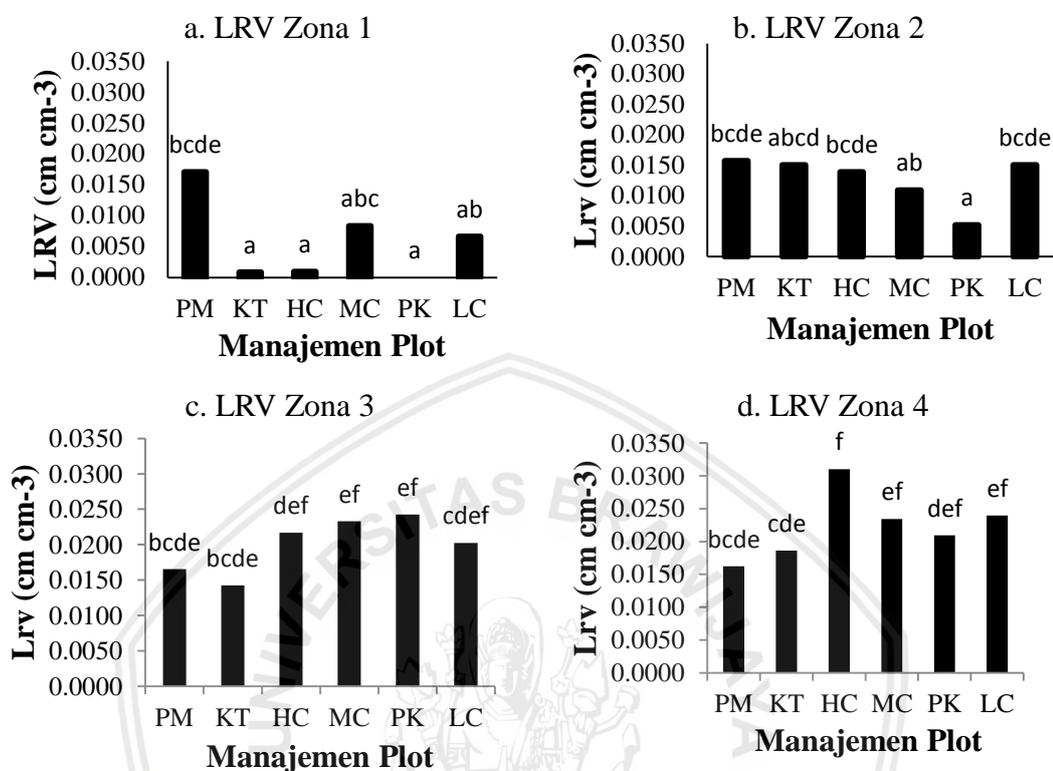
Keterangan: PM= Pinus monokultur jarak tanam 3x2m; KT= Pemangkasan kopi+pinus dengan jarak tanam 6x2m; HC= Kopi yang direbahkan+pinus jarak tanam 3x2m; LC= Kopi tidak dirawat+pinus jarak tanam 3x2 m; PK= Kopi yang dipupuk dan dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m; MC= Kopi yang dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m.

b. LRV di Berbagai Zona

Akar bagi tumbuhan berfungsi memperkuat berdirinya suatu tumbuhan. Selain itu, akar juga mempunyai fungsi sebagai organ penyerap yaitu mengambil unsur air dan hara dari dalam tanah yang berguna bagi pertumbuhan suatu tanaman. LRV pohon pinus juga diukur dari beberapa zona. LRV menunjukkan kemampuan akar dalam menembus tanah baik secara vertikal maupun horizontal. Jika dilihat dari zonanya hasil uji ANOVA dengan sumber keragaman (SK) antara manajemen plot dengan zona memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0.05$) terhadap Lrv. Didapatkan nilai Lrv tertinggi di zona 1 (grid 1-5) adalah manajemen plot PM dengan rata-rata Lrv $0,0171 \text{ cm cm}^{-3}$. Kemudian nilai Lrv terendah pada zona 1 (grid 1-5) adalah manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar 0 cm cm^{-3} . Nilai Lrv tertinggi pada zona 2 (grid 6-10 cm) adalah manajemen plot PM dengan nilai rata-rata sebesar $0,0157 \text{ cm cm}^{-3}$ dan nilai terendah pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar 0 cm cm^{-3} . Zona 3 (11-15 cm) memiliki nilai Lrv tertinggi pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar $0,0243 \text{ cm cm}^{-3}$ dan nilai terendah pada manajemen plot KT memiliki nilai rata-rata sebesar $0,0142 \text{ cm cm}^{-3}$. Manajemen plot HC memiliki nilai Lrv tertinggi di zona 4 (grid 16-20) dengan nilai rata-rata sebesar $0,0310 \text{ cm cm}^{-3}$ dan nilai terendah terdapat pada manajemen plot PM dengan nilai rata-rata sebesar $0,0162 \text{ cm cm}^{-3}$.

Manajemen plot PM memiliki nilai tertinggi pada zona 1 dan zona 2 dikarenakan plot PM memiliki kemampuan tumbuh akar yang lebih besar dibandingkan dengan plot PK. Hal ini dikarenakan zona 1 dan pada plot PK merupakan zona yang terdekat dengan tanaman kopi. Namun pada zona 3 agroforestri PK dan agroforestri HC pada zona 4 memiliki nilai tertinggi. Hal ini dikarenakan pada zona 3 dan zona 4 merupakan zona yang terdekat dengan keberadaan pohon pinus. Manajemen plot dengan pemupukan mampu meningkatkan Pengukuran berdasarkan zona berfungsi untuk mengetahui seberapa panjang akar menembus tanah secara horizontal. Perakaran pinus tumbuh dengan perakaran tunggang yang menembus tanah secara vertikal dan sebagian memiliki percabangan yang dapat tumbuh secara horizontal. Akar tunggang yang memiliki cabang-cabang terdiri atas akar-akar yang halus berbentuk serabut (Tjitrosoepomo, 2005). Sebagian besar, akar pinus hanya

memiliki sedikit akar serabut. Sebagai pohon yang memiliki buah besar, pinus secara genetik memiliki perakaran tunggang yang dalam (Daniel et al., 1995).



Gambar 10. Lrv Pinus di Berbagai Zona

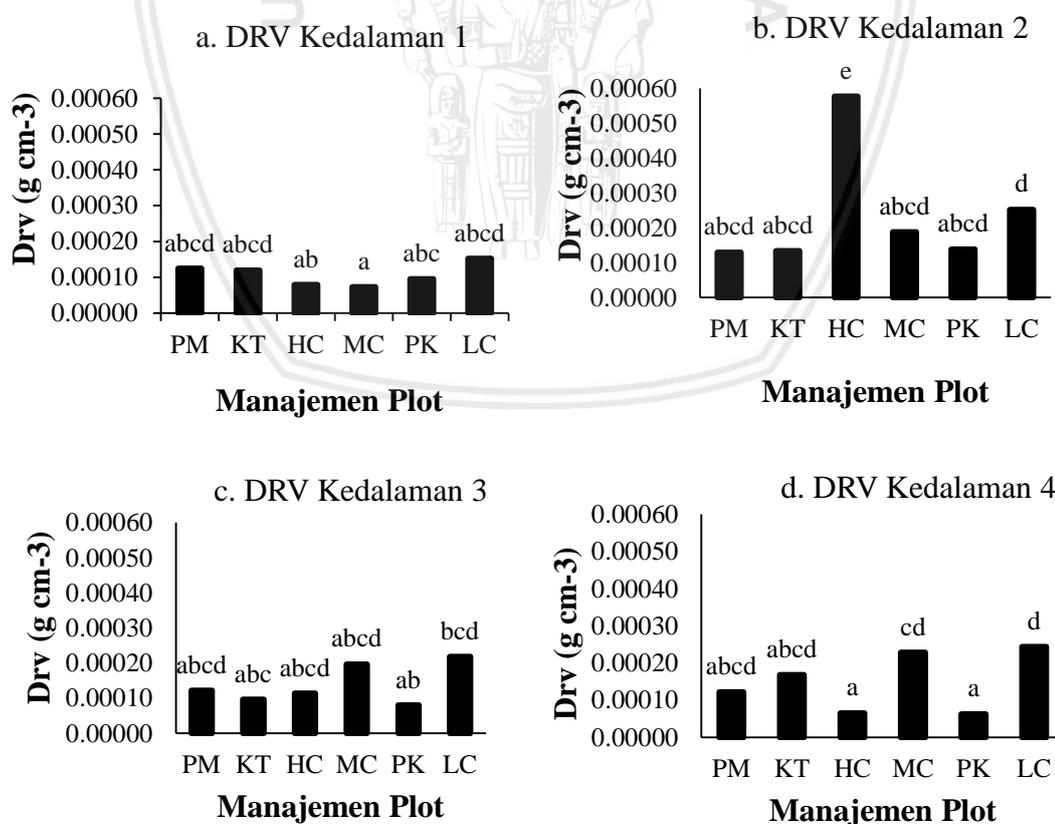
Keterangan: PM= Pinus monokultur jarak tanam 3x2m; KT= Pemangkasan kopi+pinus dengan jarak tanam 6x2m; HC= Kopi yang direbahkan+pinus jarak tanam 3x2m; LC= Kopi tidak dirawat+pinus jarak tanam 3x2 m; PK= Kopi yang dipupuk dan dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m; MC= Kopi yang dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m.

4.4.2 DRV (*Dry Root Value*)

a. DRV di Berbagai Kedalaman

Berdasarkan hasil uji ANOVA dengan sumber keragaman (SK) plot dan kedalaman memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0.05$) terhadap DRV. Distribusi dari total berat kering akar pohon menunjukkan hasil yang berbeda antar manajemen plot. Nilai DRV tertinggi di kedalaman 1 (0-20 cm) adalah manajemen plot LC dengan nilai rata-rata sebesar $0,00015 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai DRV terendah pada manajemen plot MC dengan nilai rata-rata sebesar $0,00007 \text{ g cm}^{-3}$. Kedalaman 2 (20-50 cm) memiliki nilai DRV tertinggi pada manajemen plot HC dengan nilai rata-rata sebesar $0,00058 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai DRV terendah pada manajemen plot KT dengan nilai rata-rata sebesar $0,00013 \text{ g cm}^{-3}$. Selanjutnya,

Manajemen plot LC memiliki nilai DRV tertinggi di kedalaman 3 (50-80 cm) dengan nilai rata-rata sebesar $0,00022 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai DRV terendah di kedalaman 3 adalah manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar $0,00008 \text{ g cm}^{-3}$. Nilai DRV tertinggi di kedalaman 4 (80-120 cm) adalah manajemen plot LC dengan nilai rata-rata sebesar $0,00024 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai DRV terendah pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar $0,00006 \text{ g cm}^{-3}$. Hal ini berbanding lurus dengan nilai LRV, dimana semakin besar nilai LRV maka semakin besar nilai DRV. Sistem perakaran tanaman lebih dikendalikan oleh sifat genetik dari tanaman yang bersangkutan, kondisi tanah atau media tanam. Volume akar pada tanaman menurun merupakan respons terhadap kekurangan air. Besarnya nilai LRV menunjukkan kemampuan akar secara maksimal dalam menyerap air di dalam tanah, sehingga kondisi tersebut digambarkan dengan besarnya DRV yang dihasilkan. Nilai berat akar berkaitan dengan kemampuan akar dalam menyerap air. Semakin dalam akar menembus tanah, air yang dibutuhkan akan semakin banyak (Kurniasih dan Wulandhany 2009).

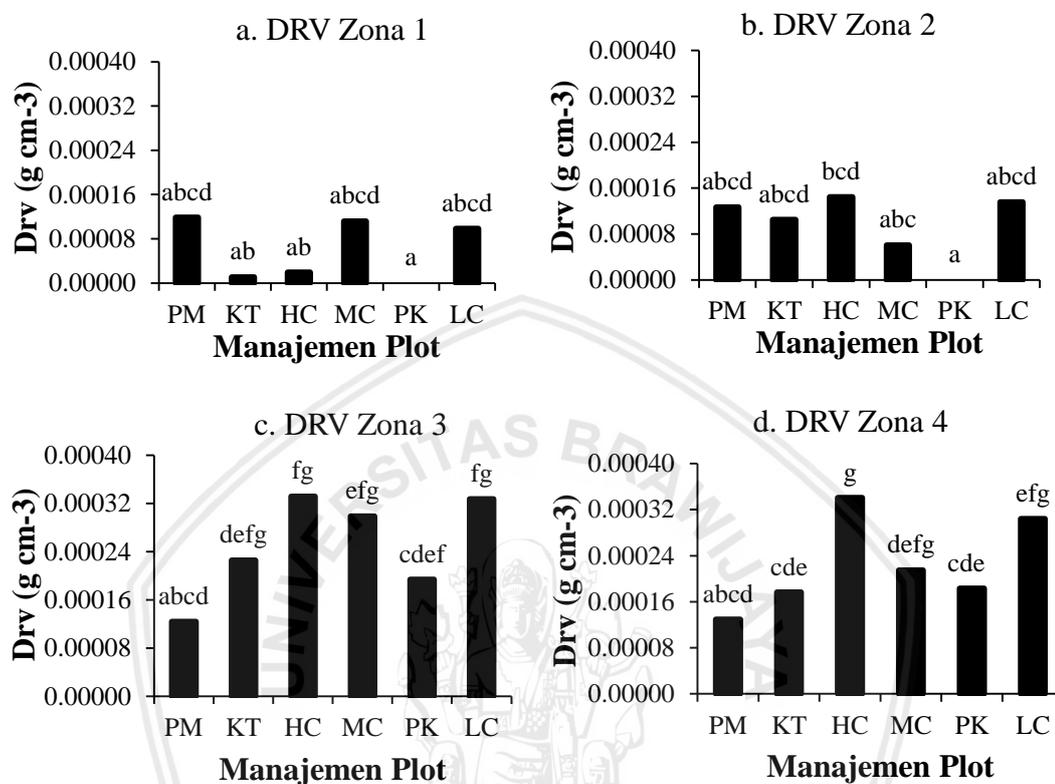


Gambar 11. Drv Pinus di Berbagai Kedalaman

b. DRV di Berbagai Zona

Sistem perakaran pinus sebagian besar memiliki akar tunggang. Cabang-cabang dari akar tunggang yang merupakan akar serabut dihitung nilai DRV dihitung dari berbagai zona nya. Berdasarkan hasil uji ANOVA dengan sumber keragaman (SK) plot dan zona memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0.05$) terhadap Drv. Nilai Drv tertinggi (Gambar 12) pada zona 1 (grid 1-5) adalah pada manajemen plot PM dengan nilai rata-rata sebesar $0,000119 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai terendah dengan rata-rata sebesar 0 g cm^{-3} pada manajemen plot PK. Zona 2 (grid 6-10) memiliki nilai Drv tertinggi pada manajemen plot HC dengan nilai rata-rata sebesar $0,000145 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai Drv terendah pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar 0 g cm^{-3} . Selanjutnya, Manajemen plot HC memiliki nilai Drv tertinggi di zona 3 (grid 11-15) dengan nilai rata-rata sebesar $0,000332 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai Drv terendah di zona 3 adalah manajemen plot PM dengan nilai rata-rata sebesar $0,000124 \text{ g cm}^{-3}$. Nilai Drv tertinggi di zona 4 (grid 16-20) adalah manajemen plot HC dengan nilai rata-rata sebesar $0,000341 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai Drv terendah pada manajemen plot PM dengan nilai rata-rata sebesar $0,000129 \text{ g cm}^{-3}$. Manajemen plot PM memiliki nilai DRV tertinggi pada zona 1. Hal ini berbanding lurus dengan nilai LRV pada zona 1. Semakin besar nilai LRV maka semakin besar nilai DRV. Lapisan tanah atas, akar mampu menerima cahaya matahari lebih banyak dibandingkan dengan lapisan tanah dalam yang kemudian digunakan tanaman dalam membantu proses fotosintesis yang dan dimanfaatkan dalam pertumbuhan akar oleh tanaman sehingga tanaman memiliki perakaran yang lebih banyak dan dapat menyimpan air lebih besar sehingga nilai DRV menjadi tinggi. Sedangkan pada zona 2, zona 3, dan zona 4 manajemen plot HC dengan merebahkan batang kopi memiliki nilai DRV tertinggi. Perebahan batang kopi berfungsi untuk melembabkan tanah pada lahan tersebut dikarenakan permukaan tanah lebih tertutup dari sinar matahari yang masuk ke dalam lahan. Kondisi ini akar membuat kadar air di dalam tanah meningkat dan dapat diserap dan disimpan di dalam akar sehingga akar memiliki nilai DRV yang tinggi. Besar dan kecilnya nilai Drv merupakan kemampuan akar dalam menyimpan air di dalam tanah. Menurut Biddle (1983) dalam Hardiyatmo (2006), peran akar dalam pengambilan air tanah untuk memenuhi kebutuhan fotosintesis maupun

transpirasi, menjadi terbatas seiring dengan penambahan jarak akar dari pohon. Makin jauh jarak akar dari pohon atau makin dalam perakaran, makin berkurang kemampuan akar dalam mereduksi ketersediaan/kadar air dalam tanah.



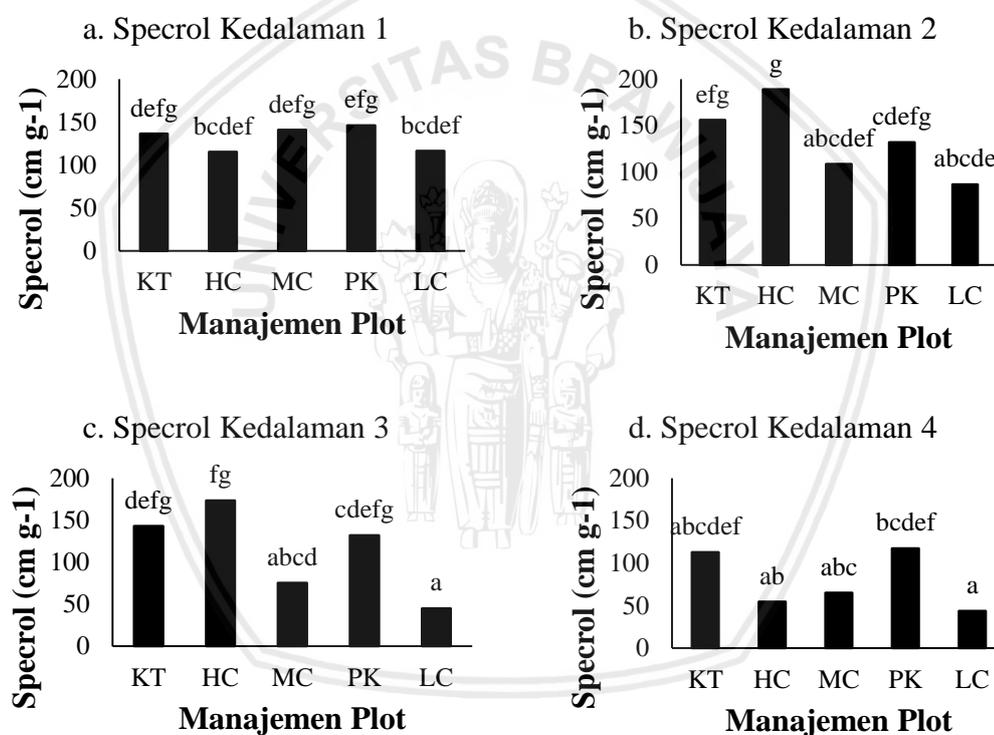
Gambar 12. Drv Pinus di Berbagai Zona

Keterangan: PM= Pinus monokultur jarak tanam 3x2m; KT= Pemangkasan kopi+pinus dengan jarak tanam 6x2m; HC= Kopi yang direbahkan+pinus jarak tanam 3x2m; LC= Kopi tidak dirawat+pinus jarak tanam 3x2 m; PK= Kopi yang dipupuk dan dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m; MC= Kopi yang dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m.

4.4.3 Specrol Pinus

Specrol (Specific Root Length Density) adalah nisbah nilai Lrv dan Drv total panjang akar spesifik, secara tidak langsung menunjukkan ukuran akar. Semakin tinggi nilai specrol menunjukkan bahwa diameter akar semakin kecil atau akar semakin halus. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa manajemen plot berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap specrol. Pada kondisi specrol di berbagai kedalaman, Specrol pohon pinus terbesar adalah akar berukuran halus. Nilai specrol tertinggi yang terdapat di kedalaman 1 (0-20 cm) adalah manajemen plot PM dengan nilai rata-rata sebesar 163,44 cm g⁻¹, sedangkan specrol terendah

kedalaman 1 (0-20 cm) pada manajemen plot KT dengan rata-rata sebesar 60,59 cm g^{-1} . Pada kedalaman 2 (20-50 cm) specrol tertinggi terdapat pada manajemen plot PM dengan nilai rata-rata sebesar 144,45 cm g^{-1} dan specrol terendah terdapat pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar 54,98 cm g^{-1} . Selanjutnya pada kedalaman 3 (50-80 cm) nilai specrol tertinggi terdapat pada manajemen plot PM dengan nilai rata-rata sebesar 142,93 cm g^{-1} dan nilai specrol terendah pada manajemen plot MC dengan nilai rata-rata sebesar 55,98 cm g^{-1} . Nilai specrol tertinggi di kedalaman 4 (80-120 cm) adalah pada manajemen plot PM dengan nilai rata-rata sebesar 122,22 cm g^{-1} dan nilai terendah pada manajemen plot HC dengan nilai rata-rata sebesar 39,87 cm g^{-1} .



Gambar 13. Specrol Pinus di Berbagai Kedalaman

Sebaran specrol pada pohon pinus tidak beraturan dengan adanya peningkatan kedalaman tanah. Lapisan atas tanah mempunyai ukuran akar yang lebih halus daripada lapisan bawah. Kondisi tersebut menunjukkan semakin meningkatnya kedalaman tanah ukuran akar yang diperoleh semakin besar. Tanaman dengan volume akar yang besar akan mampu mengabsorbpsi air lebih banyak sehingga mampu bertahan pada kondisi kekurangan air (Palupi dan

Dedywiryanto 2008). Tanaman yang mengembangkan sistem perakaran yang dalam dapat mengekstrak air di lapisan tanah yang lebih dalam (Passioura 2002).

4.4 Pertumbuhan Tanaman Kopi

Tabel 4 menunjukkan bahwa manajemen plot berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap DBH kopi, biomassa tanaman kopi dan produksi tanaman kopi. Manajemen pemangkasan batang kopi+pinus dengan jarak tanam 6m x 2m (KT) memiliki nilai DBH dan biomassa tertinggi pada kopi masing-masing sebesar 11,6 cm dan 0,041 (ton/pohon), serta tidak berbeda nyata dengan manajemen pemupukan dan pemangkasan batang kopi+pinus dengan jarak 3m x 2m (PK). Sedangkan untuk produksi kopi tertinggi terdapat pada manajemen plot PK dengan nilai sebesar 1447 (kg/ha) jika dibandingkan dengan manajemen plot lainnya. Dari hasil analisis dapat dilihat bahwa semakin besar nilai DBH tanaman kopi maka berbanding lurus terhadap nilai biomassa tanaman kopi yang akan berpengaruh terhadap produksi tanaman kopi. Pemberian pupuk organik pada plot PK mampu meningkatkan hasil produksi. Pupuk kandang yang diberikan pada setiap tanaman sebanyak 4 kg/tanaman berfungsi untuk menjaga kesuburan tanah serta memperbaiki kesuburan tanah. kondisi tersebut akan mengoptimalkan produktivitas tanaman kopi dalam melakukan proses pertumbuhan yang akan berpengaruh terhadap produksi tanaman kopi. Menurut Winarto (2003), selain menambah unsur hara dalam tanah karena mengandung unsur hara yang lengkap, pemupukan dengan pupuk kandang atau organik akan mencegah timbulnya residu dan menjaga kestabilan unsur hara di dalam tanah. Sehingga mampu menjadikan tanaman lebih optimal dalam produktivitasnya. Hal ini berbeda dengan pupuk kimia (pupuk anorganik) yang cepat diserap oleh tanaman tetapi diduga bisa berdampak buruk. Adanya perbedaan jarak tanam antara manajemen plot KT dengan manajemen plot PK mampu menghasilkan pertumbuhan yang berbeda. Pemberian jarak tanam mampu meningkatkan intensitas cahaya matahari yang masuk dan didapatkan lebih besar oleh tanaman. Sehingga tanaman lebih optimal dalam menyerap CO_2 dan melakukan proses fotosintesis untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksinya. Hal ini dikuatkan dengan pendapat Gaol et al (2009) yang mengatakan bahwa meningkatnya diameter disebabkan karena penyimpanan biomassa hasil konversi CO_2 yang semakin bertambah besar seiring

dengan semakin banyaknya CO₂ yang diserap pohon. Penyerapan CO₂ tersebut kemudian digunakan tanaman untuk membantu proses fotosintesis yang nantinya akan berpengaruh terhadap pertumbuhan maupun produksi tanaman kopi. Secara umum hutan (terutama pohon-pohon yang sedang berada dalam fase pertumbuhan) mampu menyerap lebih banyak CO₂ untuk dimanfaatkan oleh tanaman yang berada di dalam hutan tersebut. (Pebriandi dkk, 2013).

Tabel 5. Pertumbuhan Tanaman Kopi

Perlakuan	Pertumbuhan		
	DBH Kopi (cm)	Biomassa Kopi (ton/pohon)	Produksi Kopi (kg/ha)
LC	8,2 a	0,022 a	376 a
HC	8,9 ab	0,026 ab	922 c
MC	7,84 a	0,02 a	822 b
PK	10,7 bc	0,038 bc	1447 e
KT	11,6 c	0,041 c	1189 d

Keterangan: KT= Pemangkasan kopi+pinus dengan jarak tanam 6x2m; HC= Kopi yang direbahkan+pinus jarak tanam 3x2m; LC= Kopi tidak dirawat+pinus jarak tanam 3x2 m; PK= Kopi yang dipupuk dan dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m; MC= Kopi yang dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m.

4.5 Sistem Perakaran Kopi

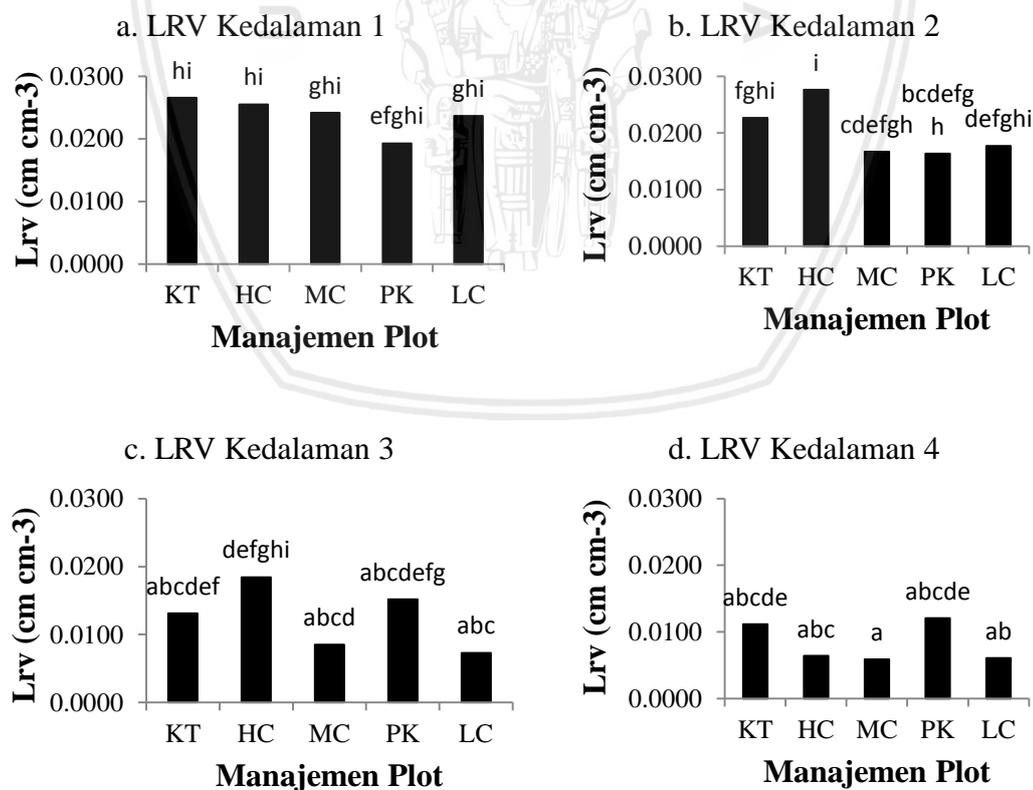
4.5.1 Total Panjang Akar (Lrv)

a. LRV di Berbagai Kedalaman

Berdasarkan hasil uji ANOVA dengan sumber keragaman (SK) plot dan kedalaman memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0.05$) terhadap LRV. Nilai LRV tertinggi di kedalaman 1 (0-20 cm) dihasilkan pada manajemen plot KT dengan nilai rata-rata sebesar 0,0266 cm cm⁻³ dan nilai LRV terendah terdapat pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar 0,0193 g cm⁻³. Kemudian nilai LRV tertinggi di kedalaman 2 (20-50 cm) dihasilkan pada manajemen plot HC dengan nilai rata-rata sebesar 0,276 g cm⁻³ dan nilai terendah dihasilkan pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar 0,0164 g cm⁻³. Selanjutnya, di kedalaman 3 (50-80 cm) nilai LRV tertinggi dihasilkan oleh manajemen plot HC dengan nilai rata-rata sebesar 0,0185 g cm⁻³ dan nilai terendah terdapat pada

manajemen plot LC dengan nilai rata-rata sebesar $0,0073 \text{ g cm}^{-3}$. Nilai tertinggi LRV di kedalaman 4 (80-120 cm) adalah pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar $0,121 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai terendah dihasilkan oleh manajemen plot MC dengan nilai rata-rata sebesar $0,0059 \text{ g cm}^{-3}$. Manajemen plot KT memiliki nilai LRV tertinggi di kedalaman 1 bila dibandingkan dengan plot PK. Adanya perbedaan jarak tanam antara plot KT dengan plot PK mempengaruhi nilai LRV yang ada pada kedua plot tersebut. KT memiliki jarak tanam $6 \times 2 \text{ m}$ sedangkan PK memiliki jarak tanam $3 \times 2 \text{ m}$. Sehingga persaingan di dalam agroforestri lebih terminimalisir dengan penggunaan jarak tanam $6 \times 2 \text{ m}$. Penggunaan kerapatan tanaman pada dasarnya untuk memberikan ruang serta pertumbuhan tanaman yang baik tanpa mengalami persaingan antara sesama tanaman. Menurut Abidin (1984), jarak tanam untuk kerapatan tanam bisa mempengaruhi lingkungan tumbuh dan hasil tanaman, semakin rapat jarak tanam semakin tinggi populasi tanaman sehingga kompetisi antar tanaman untuk menyerap unsur hara dari tanah akan meningkat. Manajemen plot HC memiliki nilai tertinggi di kedalaman 2 dibandingkan dengan manajemen plot PK. Plot HC dengan perebahan batang kopi memberikan ruang cahaya matahari untuk masuk kedalam tanah dibandingkan dengan manajemen plot PK dengan kondisi lahan yang lebih rapat. Selain itu, pemupukan yang dilakukan dalam satu tahun 2 kali belum memberikan hasil yang optimal terhadap pertumbuhan perakaran tanaman kopi. Menurut Rinsema (1983), telah diketahui bahwa tanaman membutuhkan unsur hara dalam pertumbuhannya. Pemupukan merupakan penambahan unsur hara yang ada di dalam tanah sehingga jumlah keseluruhannya tepat dan cukup untuk pertumbuhan tanaman. Kedalaman 3 juga memiliki hal yang serupa, manajemen plot HC memiliki nilai LRV tertinggi dibandingkan dengan manajemen plot LC. Kondisi ini dikarenakan pada manajemen plot LC tidak adanya perawatan pada tanaman kopi. Sehingga tanaman kopi menjadi lebih tinggi, lebat, dan memiliki daun yang sedikit. Kondisi tersebut akan menghambat tanaman dalam membentuk nutrisi di dalam tubuh tanaman melalui proses fotosintesis sehingga ketersediaan air dalam tanah dan akar akan berkurang. Menurut Manandhar et al., (2017), berkurangnya ketersediaan air bagi tanaman dalam jangka waktu panjang dapat menyebabkan penurunan luas daun yang dapat berdampak terhadap terhambatnya pertumbuhan

dan menurunnya hasil. Pentingnya indikator luas daun tanaman dikarenakan eratnya kaitan daun dengan berbagai proses yang terjadi di daun seperti fotosintesis, respirasi, dan transpirasi (Pandey and Singh, 2011; Keramatlou et al., 2015). Namun pada kondisi kedalaman 4, manajemen plot PK memiliki nilai LRV tertinggi dibandingkan dengan manajemen plot MC. Pemupukan yang diberikan mampu menghasilkan bahan organik yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman dalam pertumbuhan tanaman. Dengan adanya pertumbuhan pada batang maupun daun tanaman akan semakin membutuhkan air. Kondisi tersebut akan menyebabkan akar terus memanjang ke dalam tanah yang lebih dalam untuk mencari cadangan air yang akan digunakan untuk kebutuhan tanaman. Menurut Jumin (1989), Kedalaman perakaran sangat berpengaruh pada porsi air yang diserap. Makin panjang dan dalam akar menembus tanah, makin banyak air yang dapat diserap bila dibandingkan dengan perakaran yang pendek dan dangkal dalam waktu yang sama. Kedalaman akar berkurang dengan bertambahnya air tanah. Jumlah air yang diserap akar berkurang dengan bertambahnya kedalaman.

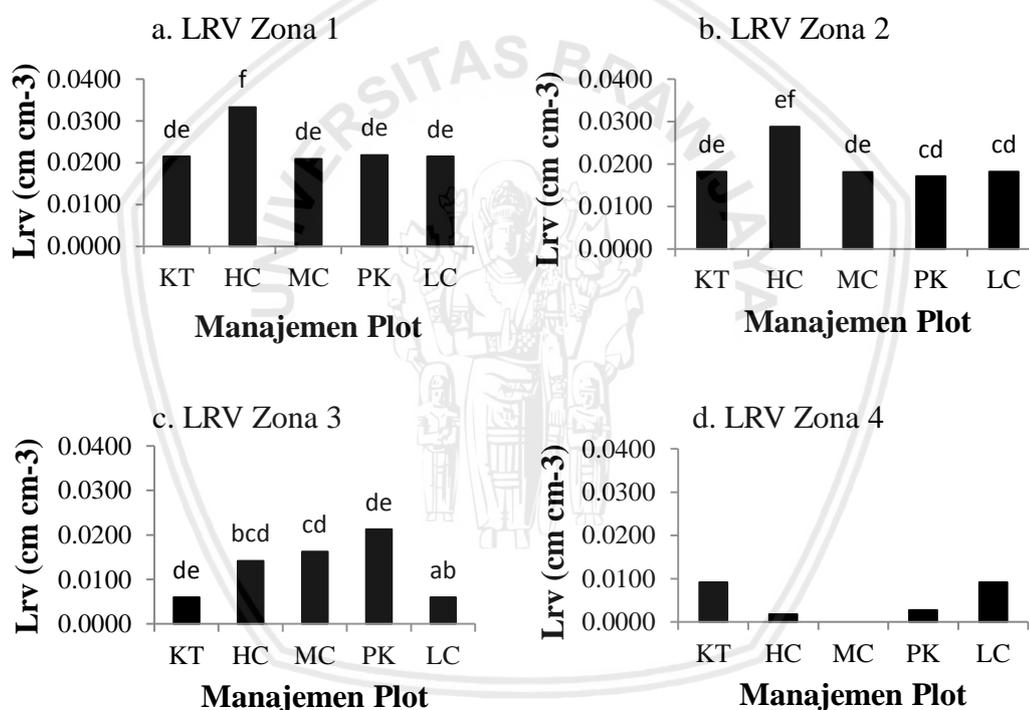


Gambar 14. Lrv Kopi di Berbagai Kedalaman

b. LRV di Berbagai Zona

Berdasarkan hasil uji ANOVA dengan sumber keragaman (SK) zona memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0.05$) terhadap Lrv. Nilai Lrv tertinggi yang dihasilkan di zona 1 (grid 1-5) adalah pada manajemen plot HC dengan nilai sebesar $0,0332 \text{ cm cm}^{-3}$ dan nilai Lrv terendah dihasilkan pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar $0,0218 \text{ cm cm}^{-3}$. Di zona 2 (grid 6-10) nilai Lrv tertinggi dihasilkan oleh manajemen plot HC dengan nilai rata-rata sebesar $0,0287 \text{ cm cm}^{-3}$ dan nilai Lrv terendah terdapat pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar $0,0171 \text{ cm cm}^{-3}$. Selanjutnya, manajemen plot KT menghasilkan nilai tertinggi pada zona 3 (grid 11-15) dengan nilai rata-rata sebesar $0,0233 \text{ cm cm}^{-3}$ dan nilai terendah dihasilkan oleh manajemen plot LC dengan nilai rata-rata sebesar $0,0060 \text{ cm cm}^{-3}$. Zona 4 (grid 16-20) memiliki nilai Lrv tertinggi pada manajemen plot LC dengan nilai rata-rata sebesar $0,0091 \text{ cm cm}^{-3}$ dan nilai terendah terdapat pada manajemen plot MC dengan nilai rata-rata sebesar 0 cm cm^{-3} . Keberadaan perakaran tanaman kopi di berbagai zona, mengartikan bahwa akar tumbuh horizontal dan menjauhi zona yang paling dekat dengan keberadaan tanaman kopi. Manajemen plot HC memiliki nilai LRV tertinggi pada zona 1 dan zona dibandingkan dengan manajemen plot PK. Perebahan batang kopi memiliki input cahaya matahari yang lebih besar dibandingkan dengan manajemen plot PK. Kondisi tersebut akan mempengaruhi pertumbuhan akar pada lapisan tanah atas. Kerapatan tanaman pada manajemen plot PK juga menjadi salah satu faktor kecilnya nilai LRV pada plot tersebut. Keberadaan pohon pinus yang dekat dengan keberadaan kopi, mampu menghambat perakaran kopi. Perakaran kopi tidak banyak menembus tanah secara horizontal namun memiliki nilai LRV yang tinggi di kedalaman 4. Akar memiliki kemampuan tumbuh dan berkembang baik secara vertikal maupun secara horizontal. Poriferasi akar menunjukkan besar jumlah perkembangan akar tanaman baik secara vertikal maupun horizontal sehingga dapat diketahui kemampuan akar dalam menjangkau dan menyerap air serta nutrisi dalam media tanam. Pertumbuhan akar meliputi pemanjangan dan pelebaran akar yang akan dipengaruhi oleh faktor media dan faktor lingkungan. Faktor media tanam berkaitan erat dengan daya dukungnya terhadap pertumbuhan akar sebagai organ yang berfungsi untuk menyerap air dan unsur hara (Benyamin,

2000). Agroforestri KT memiliki nilai LRV tertinggi dibandingkan dengan agroforestry LC. KT dengan jarak 6 x 2 m dan dilakukan pemangkasan mampu menerima cahaya matahari yang maksimal sehingga membantu dalam proses pertumbuhan baik di dalam tanah maupun di atas permukaan tanah. Menurut Abidin (1984), penggunaan kerapatan tanaman pada dasarnya untuk memberikan ruang serta pertumbuhan tanaman yang baik tanpa mengalami persaingan antara sesama tanaman. Kerapatan tanam bisa mempengaruhi lingkungan tumbuh dan hasil tanaman, semakin rapat tanaman semakin tinggi populasi tanaman sehingga kompetisi antar tanaman untuk menyerap cahaya matahari, pemanfaatan CO₂, dan mendapatkan unsur hara dalam tanaman akan meningkat.



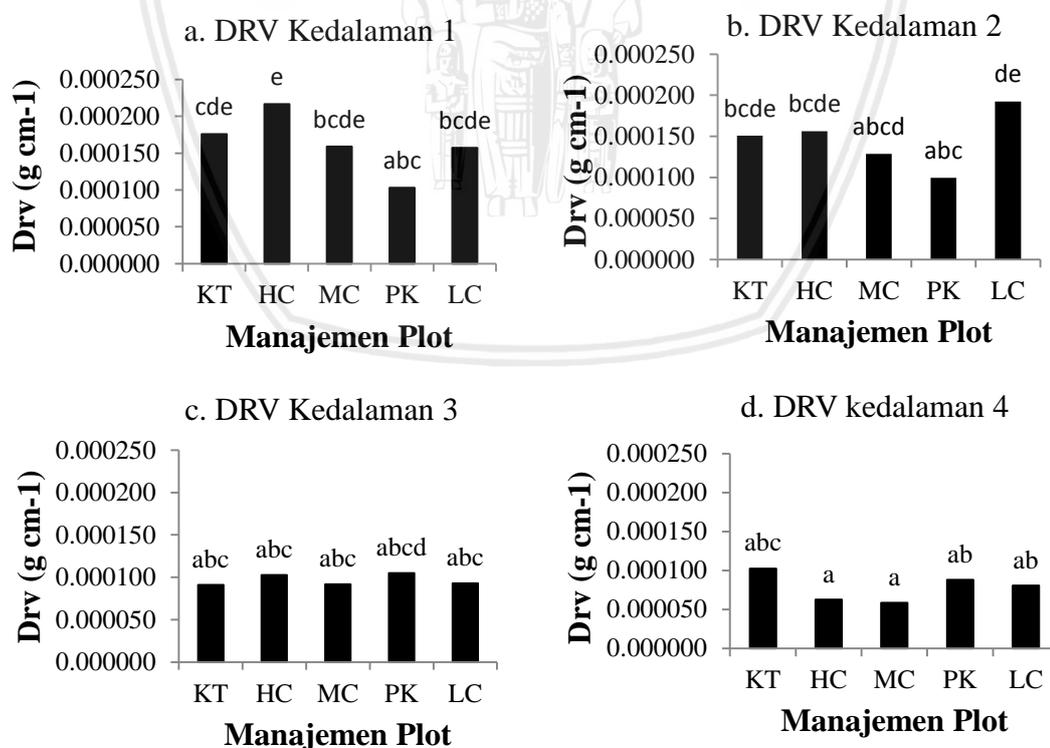
Gambar 15. Lrv Kopi di Berbagai Zona

Keterangan: KT= Pemangkasan kopi+pinus dengan jarak tanam 6x2m; HC= Kopi yang direbahkan+pinus jarak tanam 3x2m; LC= Kopi tidak dirawat+pinus jarak tanam 3x2 m; PK= Kopi yang dipupuk dan dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m; MC= Kopi yang dipangkas+pinus jarak tanam 3x2m.

4.5.2 Berat Kering Akar (Drv)

a. DRV di Berbagai Kedalaman

Berdasarkan hasil uji ANOVA dengan sumber keragaman (SK) kedalaman memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0.05$) terhadap Drv. Nilai Drv tertinggi yang dihasilkan kedalaman 1 (0-20cm) adalah pada manajemen plot HC dengan nilai rata-rata sebesar $0,000217 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai Drv terendah dihasilkan pada plot PK kedalaman 1 (0-20cm) dengan nilai rata-rata sebesar $0,000103 \text{ g cm}^{-3}$. Pada kedalaman 2 (20-50 cm) nilai tertinggi Drv terdapat pada manajemen plot LC dengan nilai rata-rata sebesar $0,000193 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai terendah terdapat pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar $0,000099 \text{ g cm}^{-3}$. Nilai tertinggi di kedalaman 3 (50-80 cm) terdapat pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar $0,000105 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai terendah pada manajemen plot KT dengan nilai rata-rata sebesar $0,000091 \text{ g cm}^{-3}$. Selanjutnya, di kedalaman 4 (80-120 cm) manajemen KT memiliki nilai Lrv tertinggi dengan rata-rata $0,000103 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai terendah terdapat pada manajemen plot MC dengan nilai rata-rata $0,000059 \text{ g cm}^{-3}$.



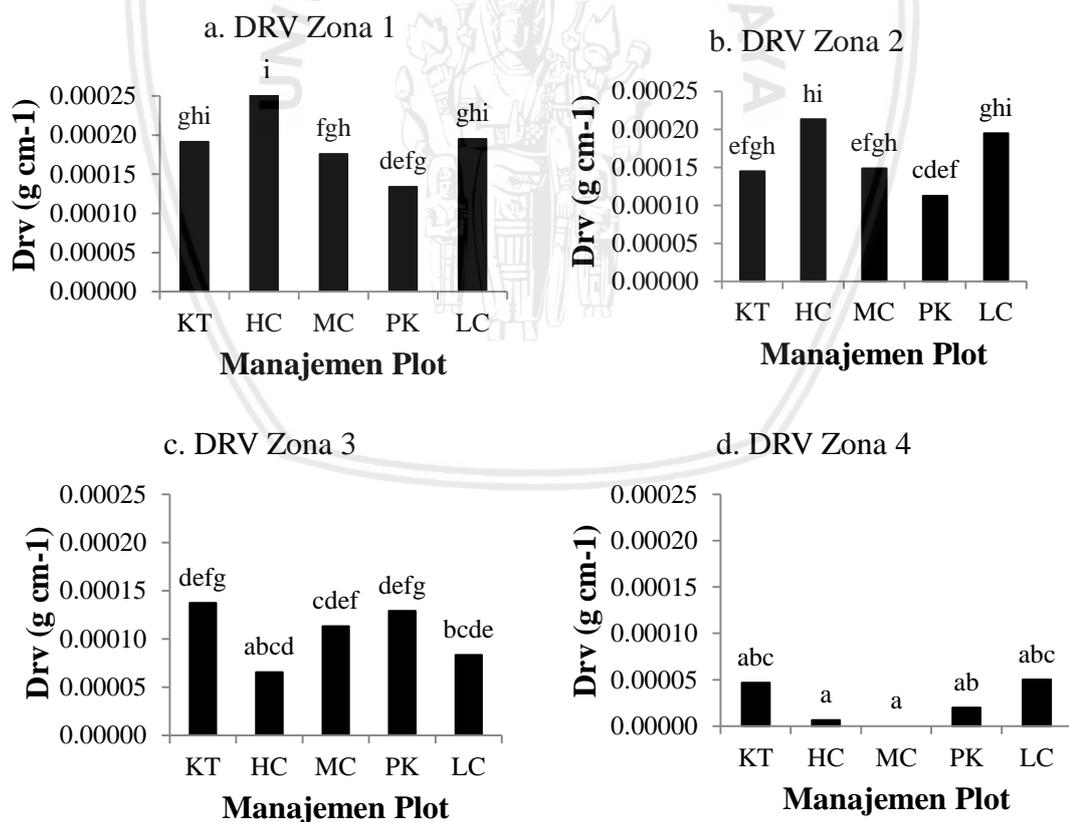
Gambar 16. Drv Kopi di Berbagai Kedalaman

Hal ini berbanding lurus dengan nilai LRV, dimana semakin besar nilai LRV maka semakin besar nilai DRV. Sistem perakaran tanaman lebih dikendalikan oleh sifat genetik dari tanaman yang bersangkutan, kondisi tanah atau media tanam. Volume akar pada tanaman menurun merupakan respons terhadap kekurangan air. Besarnya nilai LRV menunjukkan kemampuan akar secara maksimal dalam menyerap air di dalam tanah, sehingga kondisi tersebut digambarkan dengan besarnya DRV yang dihasilkan. Nilai berat akar berkaitan dengan kemampuan akar dalam menyerap air. Semakin dalam akar menembus tanah, air yang dibutuhkan akan semakin banyak (Kurniasih dan Wulandhany 2009).

b. DRV di Berbagai Zona

Berdasarkan hasil uji ANOVA dengan sumber keragaman (SK) plot dan zona memberikan pengaruh yang nyata ($p < 0.05$) terhadap Drv. Nilai Drv tertinggi dihasilkan pada manajemen plot HC zona 1 (grid 1-5) dengan nilai sebesar $0,000253 \text{ g cm}^{-3}$. dan nilai Drv terendah dihasilkan pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar $0,000134 \text{ g cm}^{-3}$. Pada zona 2 (grid 6-10) memiliki nilai Drv tertinggi pada manajemen plot HC dengan nilai rata-rata sebesar $0,000213 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai Drv terendah terdapat pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar $0,000113 \text{ g cm}^{-3}$. Selanjutnya, manajemen plot yang memiliki nilai Drv tertinggi pada zona 3 (grid 11-15) dihasilkan pada manajemen plot KT dengan nilai rata-rata sebesar $0,000137 \text{ g cm}^{-3}$ dan dihasilkan nilai Drv terendah oleh manajemen plot HC dengan nilai rata-rata $0,000066 \text{ g cm}^{-3}$. Pada zona 4 (grid 15-20) nilai Drv tertinggi dihasilkan oleh manajemen plot LC dengan nilai rata-rata sebesar $0,000050 \text{ g cm}^{-3}$ dan nilai Drv terendah terdapat pada manajemen plot MC dengan nilai rata-rata sebesar 0 g cm^{-3} . Pada zona 1 dan zona 2 manajemen plot HC dengan merebahkan batang kopi memiliki nilai DRV tertinggi. Perebahan batang kopi berfungsi untuk melembabkan tanah pada lahan tersebut dikarenakan permukaan tanah lebih tertutup dari sinar matahari yang masuk ke dalam lahan. Kondisi ini akar membuat kadar air di dalam tanah meningkat dan dapat diserap dan disimpan di dalam akar sehingga akar memiliki nilai DRV yang tinggi. Besar dan kecilnya nilai DRV merupakan kemampuan akar dalam menyimpan air di dalam tanah. Menurut Biddle (1983) dalam

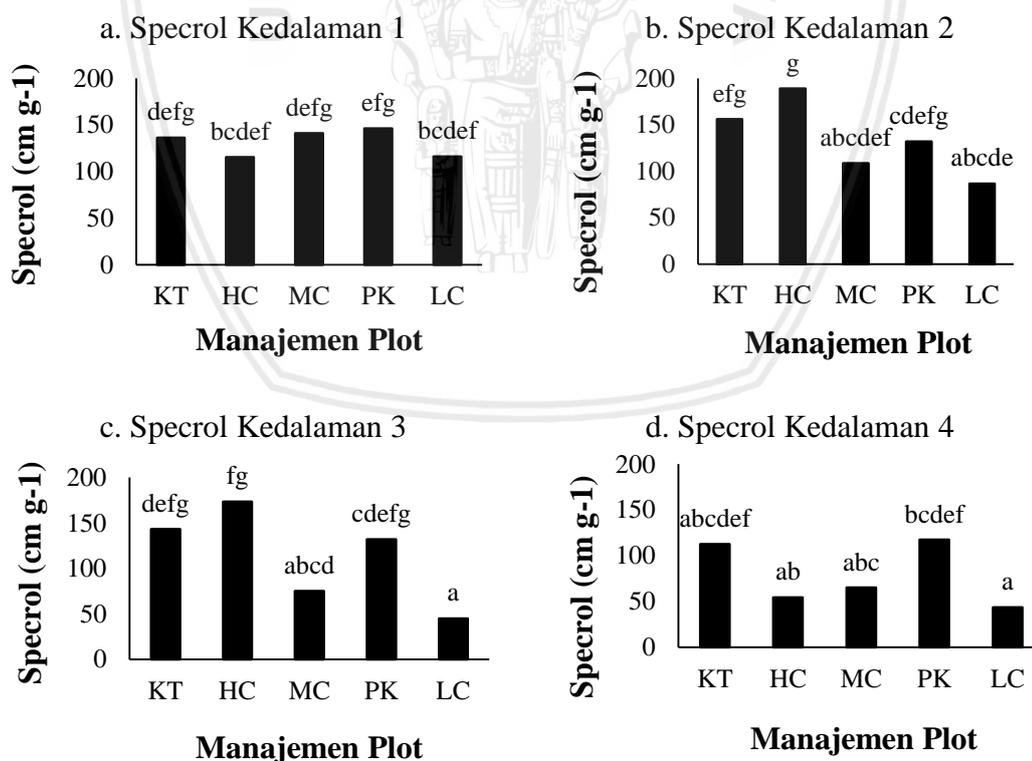
Hardiyatmo (2006), peran akar dalam pengambilan air tanah untuk memenuhi kebutuhan fotosintesis maupun transpirasi, menjadi terbatas seiring dengan penambahan jarak akar dari pohon. Makin jauh jarak akar dari pohon atau makin dalam perakaran, makin berkurang kemampuan akar dalam mereduksi ketersediaan/kadar air dalam tanah. manajemen plot KT memiliki nilai DRV tertinggi di zona 3 dibandingkan dengan manajemen plot HC. Plot KT memiliki jarak tanam yang lebih lebar dibandingkan dengan plot HC. Sehingga tanaman dapat menyerap CO₂ secara maksimal yang kemudian dimanfaatkan untuk melakukan proses fotosintesis. Hasil dari fotosintesis tersebut disimpan di dalam akar dan digunakan untuk pertumbuhan tanaman. Menurut Omon *et al.* (2007), Cahaya digunakan oleh tanaman untuk proses fotosintesis. Hasil fotosintesis ini sangat berguna bagi pertumbuhan tanaman untuk membuat makanan yang penting untuk pertumbuhan. Semakin baik proses fotosintesis semakin baik pula pertumbuhan perakaran tanaman.



Gambar 17. Drv Kopi di Berbagai Zona

4.5.3 Specrol Kopi

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa manajemen plot dan kedalaman memiliki nilai yang nyata ($p < 0,05$) terhadap specrol. Nilai specrol kopi tertinggi pada kedalaman 1 (0-20 cm) terdapat pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar $146,10 \text{ cm g}^{-1}$ dan nilai terendah terdapat pada manajemen plot HC dengan nilai rata-rata sebesar $115,30 \text{ cm g}^{-1}$. Pada kedalaman 2 (20-50 cm) nilai Specrol tertinggi terdapat pada manajemen plot HC dengan nilai rata-rata sebesar $188,90 \text{ cm g}^{-1}$ dan nilai terendah dihasilkan pada manajemen plot LC dengan nilai rata-rata sebesar $86,60 \text{ cm g}^{-1}$. Selain itu, pada kedalaman 3 (50-80 cm) nilai tertinggi Specrol dihasilkan oleh manajemen plot HC dengan nilai rata-rata sebesar $173,20 \text{ cm g}^{-1}$ dan nilai terendah dihasilkan oleh manajemen plot LC dengan nilai rata-rata sebesar $44,90 \text{ cm g}^{-1}$. Serta pada kedalaman 4 (80-120 cm) nilai tertinggi Specrol terdapat pada manajemen plot PK dengan nilai rata-rata sebesar $117,30 \text{ cm g}^{-1}$ dan nilai terendah dihasilkan oleh manajemen plot LC dengan nilai rata-rata sebesar $43,70 \text{ cm g}^{-1}$.



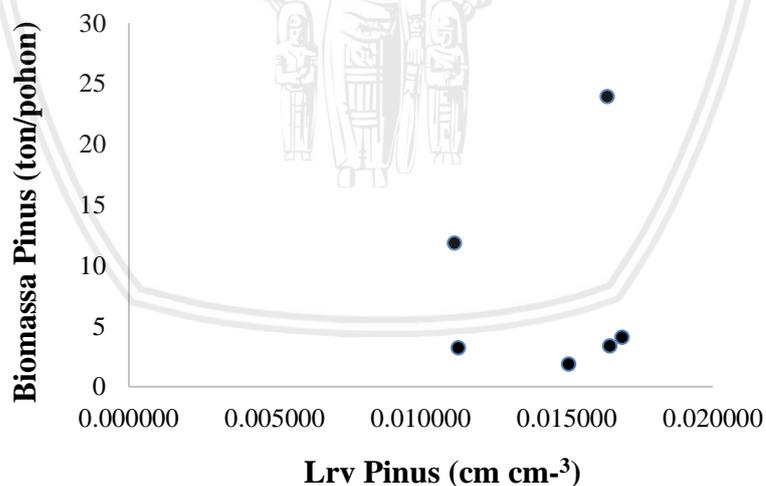
Gambar 18. Specrol Kopi di Berbagai Kedalaman

Sebaran specrol pada tanaman kopi tidak beraturan dengan adanya peningkatan kedalaman tanah. Lapisan atas tanah mempunyai ukuran akar yang lebih halus daripada lapisan bawah. Kondisi tersebut menunjukkan semakin meningkatnya kedalaman tanah ukuran akar yang diperoleh semakin besar. Tanaman dengan volume akar yang besar akan mampu mengabsorpsi air lebih banyak sehingga mampu bertahan pada kondisi kekurangan air (Palupi dan Dedywiryanto 2008). Tanaman yang mengembangkan sistem perakaran yang dalam dapat mengekstrak air di lapisan tanah yang lebih dalam (Passioura 2002).

4.6 Hubungan Pertumbuhan Pinus dengan Perakaran Pinus

4.6.1 Hubungan LRV dengan Biomassa

Perakaran menjadi salah satu media untuk tanaman menyerap, menyimpan, dan menyebarkan air ke seluruh bagian tanaman. Total panjang akar (LRV) menunjukkan seberapa dalam akar dapat menembus tanah di berbagai kedalamannya. Hasil uji korelasi antara LRV dengan biomassa pinus berkorelasi positif dengan tingkat hubungan yang lemah dan memiliki regresi yang tidak nyata dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,8% (Lampiran 6).



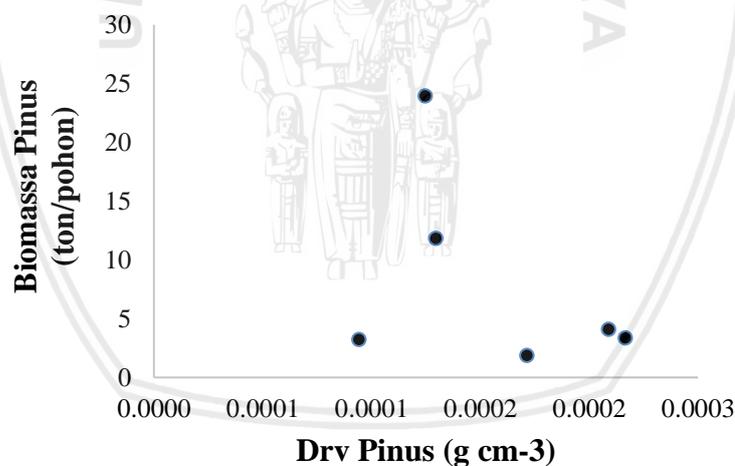
Gambar 19. Hubungan Lrv Pinus dengan Biomassa Pinus

Tinggi nilai LRV merupakan nilai panjang akar yang mampu meningkatkan nilai biomassa tanaman. Panjang akar pada tanaman akan mempengaruhi kemampuan tanaman untuk mencukupi kebutuhan airnya. Menurut Palupi dan Dedywiryanto (2008), tanaman berakar panjang akan

memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengabsorpsi air dibandingkan dengan tanaman berakar pendek, sehingga dapat membantu tanaman dalam melakukan proses pertumbuhan dan perkembangan yang akan digunakan untuk meningkatkan biomassa tanaman tersebut.

4.6.2 Hubungan DRV dengan Biomassa

Analisa korelasi antara DRV pinus dan Biomassa pinus memiliki korelasi negatif dan hubungan regresi yang tidak nyata (Lampiran 6). Peningkatan nilai DRV pinus tidak memiliki hubungan dengan peningkatan nilai Biomassa pinus. Besarnya nilai Drv merupakan indikator kemampuan akar dalam menyerap dan menyimpan air. Pada saat tanaman mengalami proses pertumbuhan dan perkembangan, air merupakan komponen yang sangat vital bagi tanaman. Namun pada kondisi air yang kurang mencukupi, akar berperan penting dengan mengurangi laju transpirasi untuk menghemat air. Kondisi tersebut akan menyebabkan produktivitas pertumbuhan tanaman menurun. Sehingga biomassa yang dimiliki oleh tanaman akan kecil (Campbell et al. 2003).

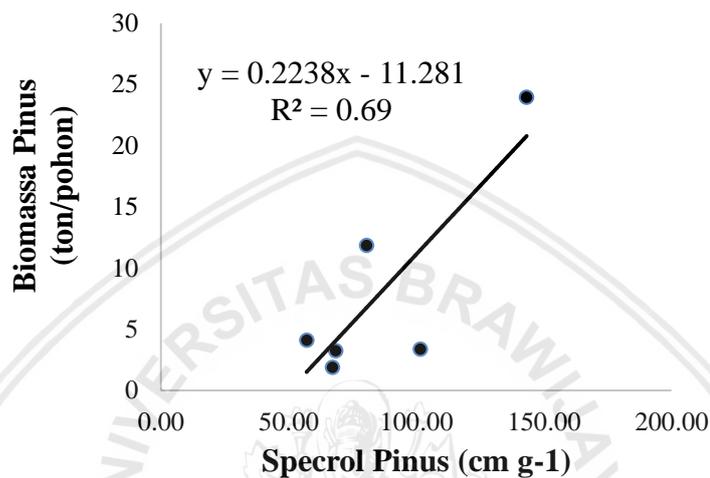


Gambar 20. Hubungan Drv Pinus dengan Biomassa Pinus

4.6.3 Hubungan Specrol dengan Biomassa

Dari hasil uji korelasi antara Specrol pinus dengan biomassa pinus berkorelasi positif dengan tingkat hubungan yang kuat dan memiliki regresi yang tidak nyata (Lampiran 6) dengan nilai koefisien determinasi sebesar 69% (Gambar 21). Artinya, semakin tinggi nilai specrol maka nilai biomassa semakin tinggi. Nilai specrol yang semakin besar menandakan bahwa akar yang dimiliki tanaman semakin halus. Akar-akar halus dapat dimanfaatkan tanaman dalam menyerap air

yang akan di salurkan ke seluruh bagian tubuh tanaman. Air yang disimpan di dalam akar akan dimanfaatkan tanaman pada saat tanaman mengalami pertumbuhan melalui proses fotosintesis. Oleh karena itu semakin besar nilai specrol, maka daya simpan air oleh akar akan semakin besar dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman pada saat mengalami pertumbuhan sehingga memiliki biomassa yang dimiliki oleh tanaman tersebut besar (Suprianto, 1998).

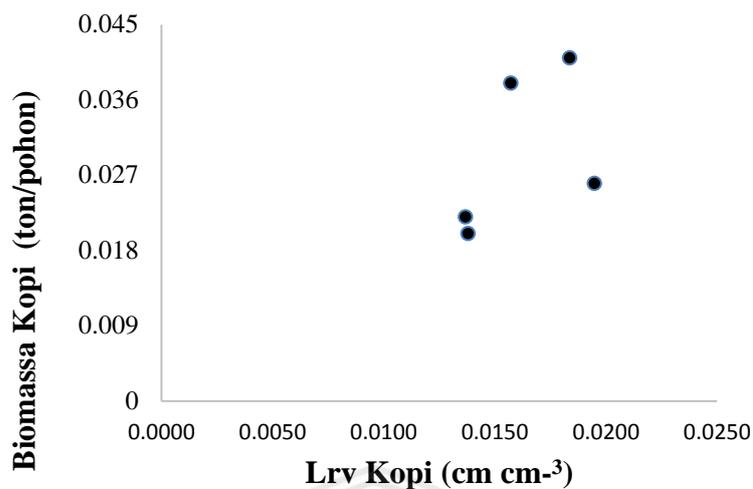


Gambar 21. Hubungan Specrol Pinus dengan Biomassa Pinus

4.7 Hubungan Pertumbuhan Kopi dengan Perakaran Kopi

4.7.1 Hubungan LRV dengan Biomassa

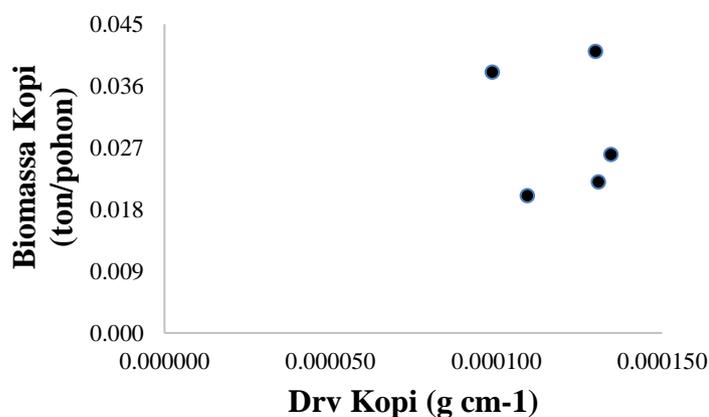
Hasil uji korelasi antara Lrv dengan biomassa kopi berkorelasi positif dengan tingkat hubungan yang kuat dan memiliki regresi yang tidak nyata (Lampiran 7) dengan nilai koefisien determinasi sebesar 26% (Gambar 22). Hal tersebut berarti bahwa semakin tinggi nilai Lrv maka semakin tinggi juga biomassa pohon kopi. Kedalaman perakaran tanaman kopi sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman di lingkungan yang kondisi airnya minimum. Saat keadaan lingkungan minimum akar tanaman akan memanjang mencari air dan unsur hara untuk mencukupi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Febriyono, 2017). Semakin panjang akar tanaman maka akar akan mampu memompa sumber air yang berada di tanah bagian bawah sehingga membantu tanaman untuk melakukan pertumbuhan dan perkembangan yang nantinya akan meningkatkan biomassa tanaman tersebut. Perakaran yang baik akan mendukung pembentukan biomassa total tanaman (Guritno dan Sitompul, 1995).



Gambar 22. Hubungan Lrv Kopi dengan Biomassa Kopi

4.7.2 Hubungan DRV dengan Biomassa

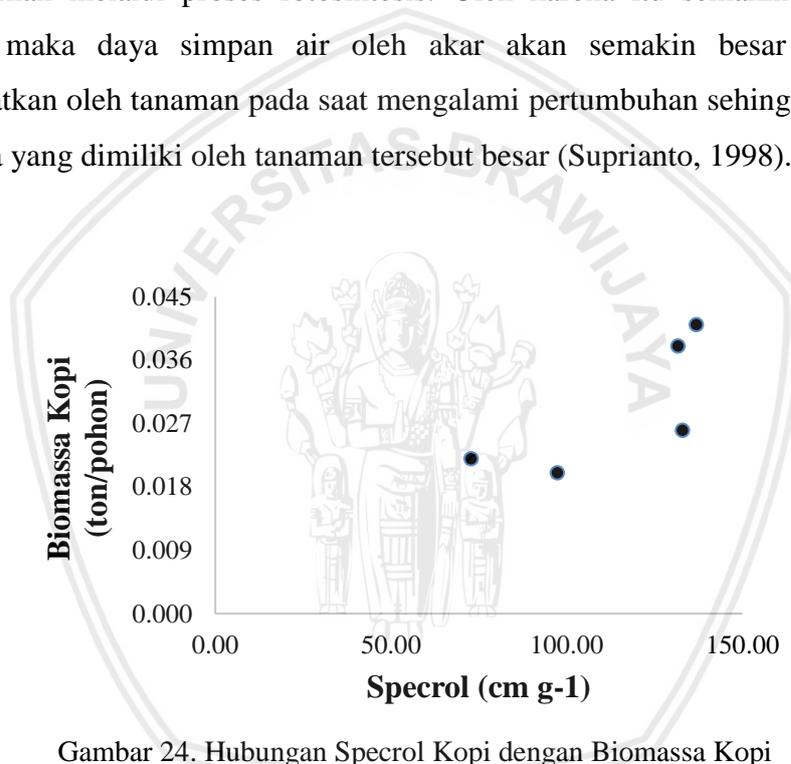
Hasil uji korelasi antara Drv dengan biomassa kopi memiliki hubungan yang lemah dan hubungan regresi yang tidak nyata (Lampiran 7). Besarnya nilai Drv merupakan indikator kemampuan akar dalam menyerap dan menyimpan air. Air yang tersimpan di dalam akar akan di distribusikan oleh akar ke seluruh bagian tanaman. Pada saat tanaman mengalami proses pertumbuhan dan perkembangan, air merupakan komponen yang sangat vital bagi tanaman. Namun pada kondisi air yang kurang mencukupi, akar berperan penting dengan mengurangi laju transpirasi untuk menghemat air. Kondisi tersebut akan menyebabkan produktivitas pertumbuhan tanaman menurun karena air yang dimiliki tidak hanya untuk membentuk biomassa yang tinggi. Sehingga DRV tidak selalu berkorelasi dengan biomassa. (Campbell et al. 2003).



Gambar 23. Hubungan Drv Kopi dengan Biomassa Kopi

4.7.3 Hubungan Specrol dengan Biomassa

Dari hasil uji korelasi antara specrol pinus dengan biomassa pinus berkorelasi positif dengan tingkat hubungan yang kuat dan hubungan regresi yang tidak nyata dengan nilai koefisien determinasi sebesar 58% (Lampiran 7). Nilai specrol yang semakin besar menandakan bahwa akar yang dimiliki tanaman semakin halus. Akar-akar halus dapat dimanfaatkan tanaman dalam menyerap air yang akan di salurkan ke seluruh bagian tubuh tanaman. Air yang disimpan di dalam akar akan dimanfaatkan tanaman pada saat tanaman mengalami pertumbuhan melalui proses fotosintesis. Oleh karena itu semakin besar nilai specrol, maka daya simpan air oleh akar akan semakin besar dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman pada saat mengalami pertumbuhan sehingga memiliki biomassa yang dimiliki oleh tanaman tersebut besar (Suprianto, 1998).

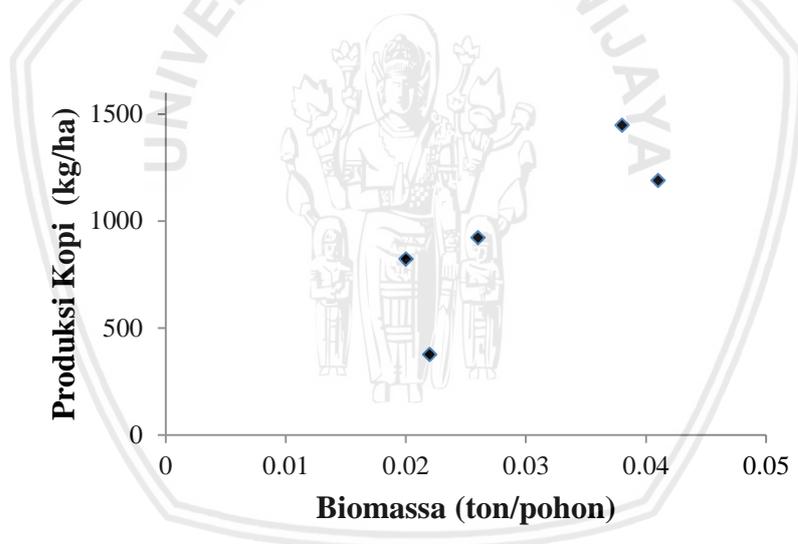


Gambar 24. Hubungan Specrol Kopi dengan Biomassa Kopi

4.8 Hubungan Biomassa Kopi dengan Produksi Kopi

Dari hasil uji korelasi dan regresi antara biomassa kopi dengan produksi kopi berkorelasi positif dengan tingkat hubungan yang kuat dan hubungan regresi yang tidak nyata dengan nilai koefisien determinasi sebesar 67% (Lampiran 8). Artinya, semakin tinggi nilai biomassa maka nilai produksi semakin tinggi. Besarnya nilai biomassa didapatkan dari hasil fotosintesis yang telah diubah menjadi karbohidrat. Karbohidrat tersebut kemudian akan disimpan dalam bentuk bunga maupun biji. Sehingga semakin besarnya biomassa tanaman akan mampu menyimpan karbohidrat lebih banyak dan produksi tanaman akan semakin

meningkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hairiah dan Rahayu (2007), batang merupakan bagian berkayu dan tempat penyimpanan cadangan hasil fotosintesis untuk pertumbuhan. Distribusi biomassa pada tiap komponen pohon menggambarkan besaran distribusi hasil fotosintesis pohon yang disimpan oleh tanaman. Melalui proses fotosintesis CO₂ di udara diserap oleh tanaman, dan dengan bantuan sinar matahari kemudian diubah menjadi karbohidrat untuk selanjutnya didistribusikan ke seluruh tubuh tanaman dan ditimbun dalam bentuk daun, batang, cabang, buah dan bunga. Karakter morfologi akar akan mempengaruhi satu atau lebih komponen hasil produksi, karena hal ini berkaitan erat dengan jumlah air yang dikumpulkan oleh akar, efisiensi air yang dikumpulkan (proses asimilasi pada akar yang mempengaruhi jumlah produksi biomassa untuk tiap satuan jumlah air yang di transpirasi), serta besarnya kebutuhan air pada tanaman (Passioura, 1982).



Gambar 25. Hubungan Biomassa Kopi dengan Produksi Kopi

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Akar pinus memiliki perakaran yang tunggang dan dalam, sehingga pada berbagai manajemen kopi pertumbuhan dan perakaran pinus tidak terganggu oleh keberadaan tanaman kopi.
2. Intensifikasi manajemen lahan dengan perubahan batang kopi dan pemberian jarak tanam 6 x 2 m (KT) meningkatkan sistem perakaran kopi dan meningkatkan biomassa kopi secara maksimal dengan nilai rata-rata sebesar 0,041 ton/pohon. Namun intensifikasi manajemen lahan dengan pemupukan dan pemangkasan serta pemberian jarak tanam 3 x 2 m (PK) memiliki hasil produksi yang tinggi.
3. Terdapat hubungan yang tidak nyata antara total panjang akar (LRV) pinus dan berat kering akar (DRV) pinus terhadap peningkatan biomassa pohon pinus. Namun hubungan yang nyata antara ukuran akar (Specrol) terhadap biomassa pinus.
4. Terdapat hubungan yang tidak nyata antara total panjang akar (LRV) kopi, berat kering akar (DRV), dan ukuran akar (Specrol) kopi terhadap peningkatan biomassa kopi.

5.2 Saran

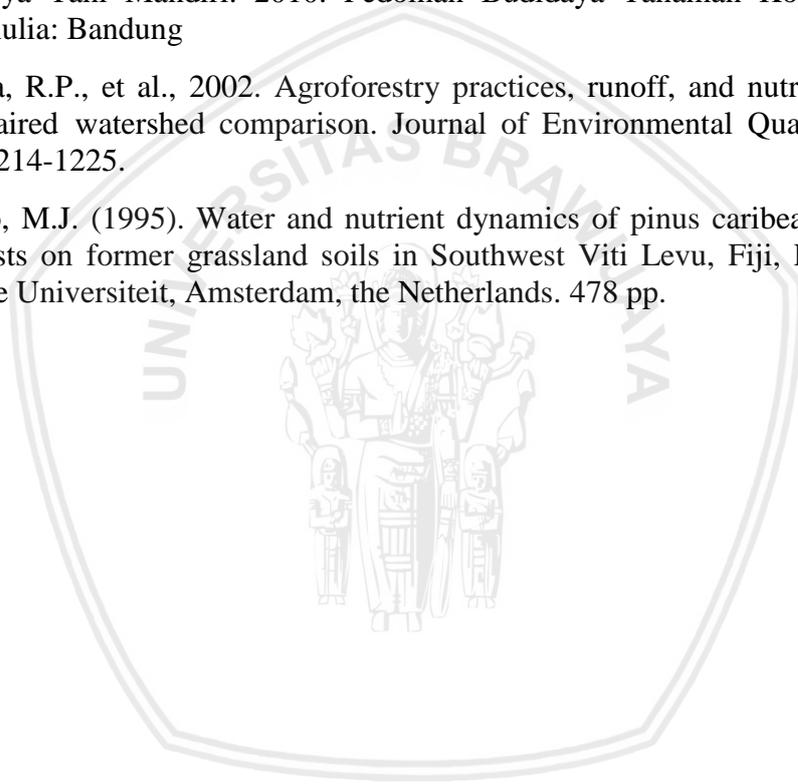
Dalam sistem agroforestri, pengaturan jarak tanam sangat perlu dilakukan agar tidak terjadi kompetisi antara kopi dengan pinus. Kemudian, manajemen lahan dengan kombinasi pemupukan dan pemangkasan pada batang kopi baik untuk dilakukan guna meningkatkan produksi tanaman kopi sehingga dalam budidaya tanaman kopi, petani dapat memperoleh keuntungan dan tidak memerlukan perawatan yang rumit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, A.A. Asandhi dan Suwahyo. 1984. Pengaruh Kerapatan Tanaman dan Dosis Pupuk Nitrogen terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam Cabutan. Buletin penelitian Hortikultura XI (1): 1-8.
- 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.
- Arifin, J., 2001. Estimasi Penyimpanan C Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kecamatan Ngantang, Malang, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, 61pp.
- Baliza D. P. R. L., Cunha R. J., Guimarães A. D., Barbosa F. W. and Ávila M. A. Passos. 2011. Physiological characteristics and development of coffee plants under different shading levels. Revista brasileira de ciências agrárias 7(1): 37-43
- Barri, N. L. 2003. Peremajaan Kelapa Berbasis Usahatani Polikultur Penopang Pendapatan Petani Berkelanjutan. Institut Pertanian Bogor. Desember 2003.
- Campbell NA, Reece JB, Mitchell LG (2003) Biologi. Jilid ke-dua. Edisi ke-lima. Erlangga, Jakarta
- Daniel, T.W., J.A. Helms, dan F.S. Baker. 1995. Prinsip-Prinsip Silvikultur (terjemahan). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Darmian, S. 2011. Arti pupuk kompos. (Download Agustus 2012).
- de Willigen P and van Noordwijk M 1987 Roots, plant production and nutrient use efficiency. PhD thesis. Agricultural Unversity, Wageningen, The Netherlands. 282 p.
- Hairiah, K., Mustafa Agung, Sambas Sabarnurdin. 2003. Pengantar Agroforestry. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia. Bogor.
- Hamilton, L.S dan HLM. N. King. 1988. Daerah Aliran Sungai Hutan Tropika. Yogyakarta : UGM Press.
- Hanafi N., Bernardianto R.B. 2012. Pendugaan Cadangan Karbon Pada Sistem Penggunaan Lahan di Areal PT.Sikatan Wana Raya. Media Sains, Volume 4 Nomor 2.
- Harahap.R.danAswandi.2006.PengembangandanKonservasiTusam(Pinusmerkusii JungetdeVriese).Bogor:PusatLitbangHutandanKonservasiAlam.
- Harris, P.M, 1978, The Scientific Basic for Improvement, Chapman and Hall, London.

- Hiwot, H. 2011. Growth and Physiological Response of Two *Coffea Arabica* L. Population under High and Low Irradiance. Thesis . Addis Ababa University.
- Larasati, M.D., 2017. Pohon Pinus (*Pinus merkusii*): Hutan Pinus, Habitat, Sebaran, Morfologi, Manfaat, dan Budidaya. <https://foresteract.com/pohon-pinus-pinus-merkusii-hutan-pinus-habitat-sebaran-morfologi-manfaat-dan-budidaya/>
- Lundgren, B (1982). Introduction (editorial). *Agroforestry Systems* 1: 1-12.
- Najiyati, S., dan Danarti, 1997. Budidaya Kopi dan Pengolahan Pasca Panen. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Nugroho Y. 2007. Sistem perakaran tanaman sengon laut (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen) pada lahan bekas penambangan tipe C. *Jurnal Hutan Tropis Borneo* (20): 6 – 55.
- Panggabean, E. 2011. Buku Pintar Kopi. Jakarta (ID): Agromedia Pustak.
- Passioura, JB. (1982). Droughtresistance In Crops With Emphasis On Rice. International Rice Research Institute. Los Banos.
- Palupi ER, Dedywiryanto Y (2008) Kajian karakter toleransi cekaman kekeringan pada empat genotipe bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Bul Agron* 36(1): 24-32
- Sarief, E. S. 1993. Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian. Pustaka Buana. Bandung.
- Silaban, Evy Thyrida. dkk., 2013. Pertumbuhan Dan Produksi Jagung Manis (*Zea mays sacaratha* Sturt. L) Pada Berbagai Jarak Tanam Dan Waktu Olah Tanah. Fakultas Pertanian USU. Medan.
- Sallata M.K, 2013. Pinus Pinus merkusii Jungh et de Vriese) dan Keberadaannya di Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan. *Info Teknis EBONI*, Vol.10 No. 2. p 85 - 98
- Siswandi. 2008. Berbagai Formulasi Kebutuhan Nutrisi pada Sistem Hidroponik. *Jurnal Inovasi Pertanian*. 7 (1): 103-110
- Smit, A.L.; Bengough, A.G.; Engels, C.; Van Noordwijk, M.; Pellerin, S. dan S.C. Van de Geijn. 2000. *Root Methods, A Handbook*. CAB International. Wellingford. UK.
- Subba Rao, N.S. 2002. *Biofertilizer in Agriculture*. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi.
- Suharjito, Widiyanto, Kurniatun dan Mustofa, A.S. 2003. Bahan Ajaran Agroforestri 1. Aspek Sosial Ekonomi dan Budaya Agroforestri. World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor.

- Suprayoga, D., Hairiah, K., Wijayanto, N., Sunaryo, dan van Noordwijk, M. 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.
- Supriadi, H. dan Pranowo, B. 2015. Prospek pengembangan agroforestri berbasis kopi di Indonesia. *Perspektif* 14 (2): 135 -150.
- Suprianto, E. 1998. Evaluasi beberapa varietas dan galur padi pada kondisi kekeringan. Skripsi. IPB. Bogor
- Sutanto, R. 2002. Penerapan Pertanian Organik. Kanisius. Yogyakarta.
- Tim Karya Tani Mandiri. 2010. Pedoman Budidaya Tanaman Kopi. Nuansa Aulia: Bandung
- Udawatta, R.P., et al., 2002. Agroforestry practices, runoff, and nutrient loss: a paired watershed comparison. *Journal of Environmental Quality*. 31: p. 1214-1225.
- Waterloo, M.J. (1995). Water and nutrient dynamics of pinus caribea plantation forests on former grassland soils in Southwest Viti Levu, Fiji, PhD thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam, the Netherlands. 478 pp.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Anova Drv, Lrv, dan Specrol Kopi

a. Drv Kopi Per Kedalaman

SK	Db	JK	KT	Fhitung	P
Ulangan	2	4.778E-10	2.389E-10	0.02	
Plot	4	4.733E-08	1.183E-08	1.00	0.409
Kedalaman	3	2.819E-07	9.398E-08	7.93	<.001
Plot.Kedalaman	12	1.078E-07	8.987E-09	0.76	0.693
Galat	218	2.584E-06	1.185E-08		
Total	239	3.022E-06			

b. Lrv Kopi Per kedalaman

SK	Db	JK	KT	Fhitung	P
Ulangan	2	0.0001077	0.0000538	0.33	
Plot	4	0.0013367	0.0003342	2.03	0.091
Kedalaman	3	0.0090159	0.0030053	18.28	<.001
Plot.Kedalaman	12	0.0016423	0.0001369	0.83	0.617
Galat	218	0.0358415	0.0001644		
Total	239	0.0479440			

c. Specrol Kopi Per Kedalaman

SK	Db	JK	KT	Fhitung	P
Ulangan	2	10271	5135	0.69	
Plot	4	152291	38073	5.12	<.001
Kedalaman	3	116848	38949	5.23	0.002
Plot.Kedalaman	12	121522	10127	1.36	0.187
Galat	218	1622432	7442		
Total	239	2023364			

d. Drv Kopi Per Zona

SK	Db	JK	KT	Fhitung	P
Ulangan	2	4.778E-10	2.389E-10	0.03	
Plot	4	4.733E-08	1.183E-08	1.41	0.230
Zona	3	9.600E-07	3.200E-07	38.25	<.001
Plot.Zona	12	1.901E-07	1.585E-08	1.89	0.036
Galat	218	1.824E-06	8.366E-09		
Total	239	3.022E-06			

e. Lrv Kopi Per Zona

SK	Db	JK	KT	Fhitung	P
Ulangan	2	0.0001077	0.0000538	0.41	
Plot	4	0.0013367	0.0003342	2.55	0.040
Zona	3	0.0140158	0.0046719	35.64	<.001
Plot.Zona	12	0.0039060	0.0003255	2.48	0.005
Galat	218	0.0285779	0.0001311		
Total	239	0.0479440			

f. Specrol Kopi Per Zona

SK	Db	JK	KT	Fhitung	P
Ulangan	2	10271	5135.	1.00	
Plot	4	152291.	38073.	7.41	<.001
Zona	3	551829.	183943.	35.80	<.001
Plot.Zona	12	188777.	15731.	3.06	<.001
Galat	218	1120197.	5139		
Total	239	2023364			

Lampiran 2. Tabel Anova Drv, Lrv, dan Specrol Pinus

a. Drv Pinus Per Kedalaman

SK	Db	JK	KT	Fhitung	P
Ulangan	2	7.509E-08	3.755E08	1.23	
Plot	5	5.858E-07	1.172E07	3.85	0.002
Kedalaman	3	6.640E-07	2.213E07	7.27	<.001
Plot.Kedalaman	15	1.828E-06	1.218E07	4.00	<.001
Galat	262	7.979E-06	3.046E08		
Total	287	1.113E-05			

b. Lrv Pinus Per Kedalaman

SK	Db	JK	KT	Fhitung	P
Ulangan	2	0.0005012	0.0002506	1.09	
Plot	5	0.0016803	0.0003361	1.46	0.204
Kedalaman	3	0.0044785	0.0014928	6.48	<.001
Plot.Kedalaman	15	0.0123193	0.0008213	3.56	<.001
Galat	262	0.0603739	0.0002304		
Total	287	0.0793532			

c. Specrol Pinus Per Kedalaman

SK	Db	JK	KT	Fhitung	P
Ulangan	2	503.	251.	0.06	
Plot	5	242560.	48512.	11.00	<.001
Kedalaman	3	9994.	3331.	0.76	0.520
Plot.Kedalaman	15	50574.	3372.	0.76	0.716
Galat	262	1155060.	4409		
Total	287	1458690			

d. Drv Pinus Per Zona

SK	Db	JK	KT	Fhitung	P
Ulangan	2	5.858E-07	1.172E07	3.85	0.002
Plot	5	5.858E-07	1.172E07	3.85	0.002
Zona	3	1.909E-06	6.363E07	20.93	<.001
Plot.Zona	15	5.952E-07	3.968E08	1.30	0.199
Galat	262	7.967E-06	3.041E08		
Total	287	1.113E-05			

e. Lrv Pinus Per Zona

SK	Db	JK	KT	Fhitung	P
Ulangan	2	0.0005012	0.0002506	1.14	
Plot	5	0.0016803	0.0003361	1.53	0.182
Zona	3	0.0136613	0.0045538	20.67	<.001
Plot.Zona	15	0.0057846	0.0003856	1.75	0.042
Galat	262	0.0577258	0.0002203		
Total	287	0.0793532			

f. Specrol Pinus Per Zona

SK	Db	JK	KT	Fhitung	P
Ulangan	2	503.	251.	0.09	
Plot	5	242560.	48512.	18.05	<.001
Zona	3	311509.	103836.	38.63	<.001
Plot.Zona	15	199799.	13320.	4.95	<.001
Galat	262	704319.	2688		
Total	287	1458690.			

Lampiran 3. Analisis Ragam Lrv, Drv. dan Specrol Pinus

a. Lrv Pinus per Kedalaman

Manajemen Plot	Kedalaman 1 (0-20 cm)	Kedalaman 2 (20-50 cm)	Kedalaman 3 (50-80 cm)	Kedalaman 4 (80-120 cm)
PM	0,0192	0,0173	0,0159	0,0131
LC	0,0139	0,0184	0,0179	0,0156
HC	0,0051	0,0476	0,01079	0,0041
MC	0,0128	0,0167	0,0142	0,0166
PK	0,0168	0,0123	0,0084	0,0077
KT	0,0102	0,0153	0,0096	0,0096

b. Lrv Pinus per Zona

Manajemen Plot	Zona 1 (grid 1-5)	Zona 2 (grid 6-10)	Zona 3 (grid 11-15)	Zona 4 (grid 16-20)
PM	0,0171	0,0157	0,0165	0,0162
LC	0,0067	0,0150	0,0203	0,0240
HC	0,0010	0,0139	0,0217	0,0310
MC	0,0084	0,0052	0,0233	0,0234
PK	0	0	0,0243	0,0209
KT	0,0009	0,0109	0,0142	0,0186

c. Drv Pinus per Kedalaman

Manajemen Plot	Kedalaman 1 (0-20 cm)	Kedalaman 2 (20-50 cm)	Kedalaman 3 (50-80 cm)	Kedalaman 4 (80-120 cm)
PM	0,000125	0,000130	0,000122	0,000122
LC	0,000152	0,000252	0,000218	0,000244
HC	0,000079	0,000577	0,000114	0,000066
MC	0,000073	0,000188	0,000197	0,000228
PK	0,000095	0,000139	0,000080	0,000063
KT	0,000120	0,000134	0,000096	0,000168

d. Drv Pinus per Zona

Manajemen Plot	Zona 1 (grid 1-5)	Zona 2 (grid 6-10)	Zona 3 (grid 11-15)	Zona 4 (grid 16-20)
PM	0,000119	0,000127	0,000124	0,000129
LC	0,000098	0,000136	0,000328	0,000304
HC	0,000019	0,000145	0,000332	0,000341
MC	0,000112	0,000061	0,000299	0,000215
PK	0	0	0,000194	0,000183
KT	0,000011	0,000105	0,000226	0,000176

e. Specrol Pinus per Kedalaman

Manajemen Plot	Kedalaman 1 (0-20 cm)	Kedalaman 2 (20-50 cm)	Kedalaman 3 (50-80 cm)	Kedalaman 4 (80-120 cm)
PM	163,44	144,45	142,93	122,22
LC	93,48	97,93	107,91	107,31
HC	35,6	71,07	81,8	39,87
MC	78,65	67,15	55,98	66,81
PK	88,65	54,98	65,25	64,83
KT	60,59	95,44	105,11	60,91

f. Specrol Pinus per Zona

Manajemen Plot	Zona 1 (grid 1-5)	Zona 2 (grid 6-10)	Zona 3 (grid 11-15)	Zona 4 (grid 16-20)
PM	154,87	136,25	147,72	134,20
LC	56,13	101,71	110,78	138,02
HC	4,27	64,05	82,90	77,12
MC	38,70	20,25	83,48	126,16
PK	0	0	135,07	138,64
KT	6,54	77,84	96,14	141,53

Lampiran 4. Analisis Ragam Lrv, Drv, dan Specrol Kopi

a. Lrv Kopi per Kedalaman

Manajemen Plot	Kedalaman 1 (0-20 cm)	Kedalaman 2 (20-50 cm)	Kedalaman 3 (50-80 cm)	Kedalaman 4 (80-120 cm)
LC	0,0237	0,0177	0,0073	0,0061
HC	0,0255	0,0276	0,0185	0,0064
MC	0,0242	0,0167	0,0085	0,0059
PK	0,0193	0,0164	0,0152	0,0121
KT	0,0266	0,0226	0,0131	0,0111

b. Drv Kopi per Kedalaman

Manajemen Plot	Kedalaman 1 (0-20 cm)	Kedalaman 2 (20-50 cm)	Kedalaman 3 (50-80 cm)	Kedalaman 4 (80-120 cm)
LC	0,000157	0,000193	0,00009	0,000081
HC	0,000217	0,000156	0,000103	0,000063
MC	0,000159	0,000129	0,000092	0,000059
PK	0,000103	0,000099	0,000105	0,000088
KT	0,000176	0,000151	0,000091	0,000103

c. Drv Kopi per Zona

Manajemen Plot	Zona 1 (grid 1-5)	Zona 2 (grid 6-10)	Zona 3 (grid 11-15)	Zona 4 (grid 16-20)
LC	0,000195	0,000195	0,000083	0,000050
HC	0,000253	0,000213	0,000066	0,000007
MC	0,000176	0,000148	0,000113	0
PK	0,000134	0,000113	0,000129	0,000020
KT	0,000191	0,000145	0,000137	0,000047

d. Specrol Kopi per Kedalaman

Manajemen Plot	Kedalaman 1 (0-20 cm)	Kedalaman 2 (20-50 cm)	Kedalaman 3 (50-80 cm)	Kedalaman 4 (80-120 cm)
LC	116,20	86,60	44,90	43,70
HC	115,30	188,90	173,20	54,50
MC	140,90	108,50	75,00	65,10
PK	146,10	131,80	131,80	117,30
KT	136,20	156,00	143,00	112,70

e. Specrol Kopi per Zona

Manajemen Plot	Zona 1 (grid 1-5)	Zona 2 (grid 6-10)	Zona 3 (grid 11-15)	Zona 4 (grid 16-20)
LC	121,10	96,50	14,00	59,70
HC	162,30	185,60	161,10	22,90
MC	122,40	132,90	134,10	0
PK	173,20	159,30	170,90	23,60
KT	146,00	162,60	186,40	53,00

Lampiran 5. Korelasi Hubungan Pertumbuhan dengan Perakaran

a. Pohon Pinus

	DRV	LRV	SPEC	BIOMASSA
DRV	1			
LRV	0,7385	1		
SPEC	-0,183	0,3181	1	
BIOMASSA	-0,4205	0,0935	0,8320	1

b. Tanaman Kopi

	DRV	LRV	SPEC	BIOMASSA
DRV	1			
LRV	0,4702	1		
SPEC	-0,0791	0,8317	1	
BIOMASSA	-0,1604	0,5081	0,7597	1

Kriteria korelasi menurut Sujiwo (2006) :

1. 0 = tidak ada korelasi
2. 0 – 0,25 = korelasi sangat lemah
3. >0,25 – 0,5 = korelasi cukup
4. >0,5 – 0,75 = korelasi kuat
5. >0,75 – 0,99 = korelasi sangat kuat
6. 1 = sempurna

Lampiran 6. Analisis Regresi Perakaran Pinus dengan Biomassa Pinus

a. LRV

SK	db	JK	KT	Fhit	F5%
Regresi	1	3,2	3,20	0,04 ^{tn}	7,71
Galat	4	362,6	90,64		
Total	5	365,8	73,15		

Keterangan : ^{tn}=tidak berbeda nyata; *=berbeda nyata

b. DRV

SK	db	JK	KT	Fhit	F5%
Regresi	1	64,7	64,69	0,86 ^{tn}	7,71
Galat	4	301,1	75,27		
Total	5	365,8	73,15		

Keterangan : ^{tn}=tidak berbeda nyata; *=berbeda nyata

c. Specrol

SK	db	JK	KT	Fhit	F5%
Regresi	1	253,2	253,22	9,00*	7,71
Galat	4	112,6	28,14		
Total	5	365,8	73,15		

Keterangan : ^{tn}=tidak berbeda nyata; *=berbeda nyata

Lampiran 7. Analisis Regresi Perakaran Kopi dengan Biomassa Kopi

a. LRV

SK	db	JK	KT	Fhit	F5%
Regresi	1	0,0000937	0,00009375	1,04 ^{tn}	10,13
Galat	3	0,0002695	0,00008982		
Total	4	0,0003632	0,00009080		

Keterangan : ^{tn}=tidak berbeda nyata; *=berbeda nyata

b. DRV

SK	db	JK	KT	Fhit	F5%
Regresi	1	0,0000093	0,0000093	0,08 ^{tn}	10,13
Galat	3	0,0003539	0,0001180		
Total	4	0,0003632	0,0000908		

Keterangan : ^{tn}=tidak berbeda nyata; *=berbeda nyata

c. Specrol

SK	db	JK	KT	Fhit	F5%
Regresi	1	0,0002096	0,00020963	4,10 ^{tn}	10,13
Galat	3	0,0001536	0,00005119		
Total	4	0,0003632	0,00009080		

Keterangan : ^{tn}=tidak berbeda nyata; *=berbeda nyata

Lampiran 8. Analisis Regresi Biomassa Kopi dengan Produksi Kopi

SK	db	JK	KT	Fhit	F5%
Regresi	1	436601	436601	6,12 ^{tn}	10,13
Galat	3	214166	71389		
Total	4	650767	162692		

Keterangan : ^{tn}=tidak berbeda nyata; *=berbeda nyata