



**RESPON PERTUMBUHAN DAN KARAKTER ANATOMI DUA KLON
KOPI ROBUSTA (*Coffea canephora*) TERHADAP TINGKAT
INTENSITAS NAUNGAN PADA PEMBIBITAN
TANAMAN KOPI**

SKRIPSI

Oleh

**Dodik Surya Pratama
NIM 091510501064**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**RESPON PERTUMBUHAN DAN KARAKTER ANATOMI DUA KLON
KOPI ROBUSTA (*Coffea canephora*) TERHADAP TINGKAT
INTENSITAS NAUNGAN PADA PEMBIBITAN
TANAMAN KOPI**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Agroteknologi (S1)
dan memperoleh gelar Sarjana Pertanian

Oleh

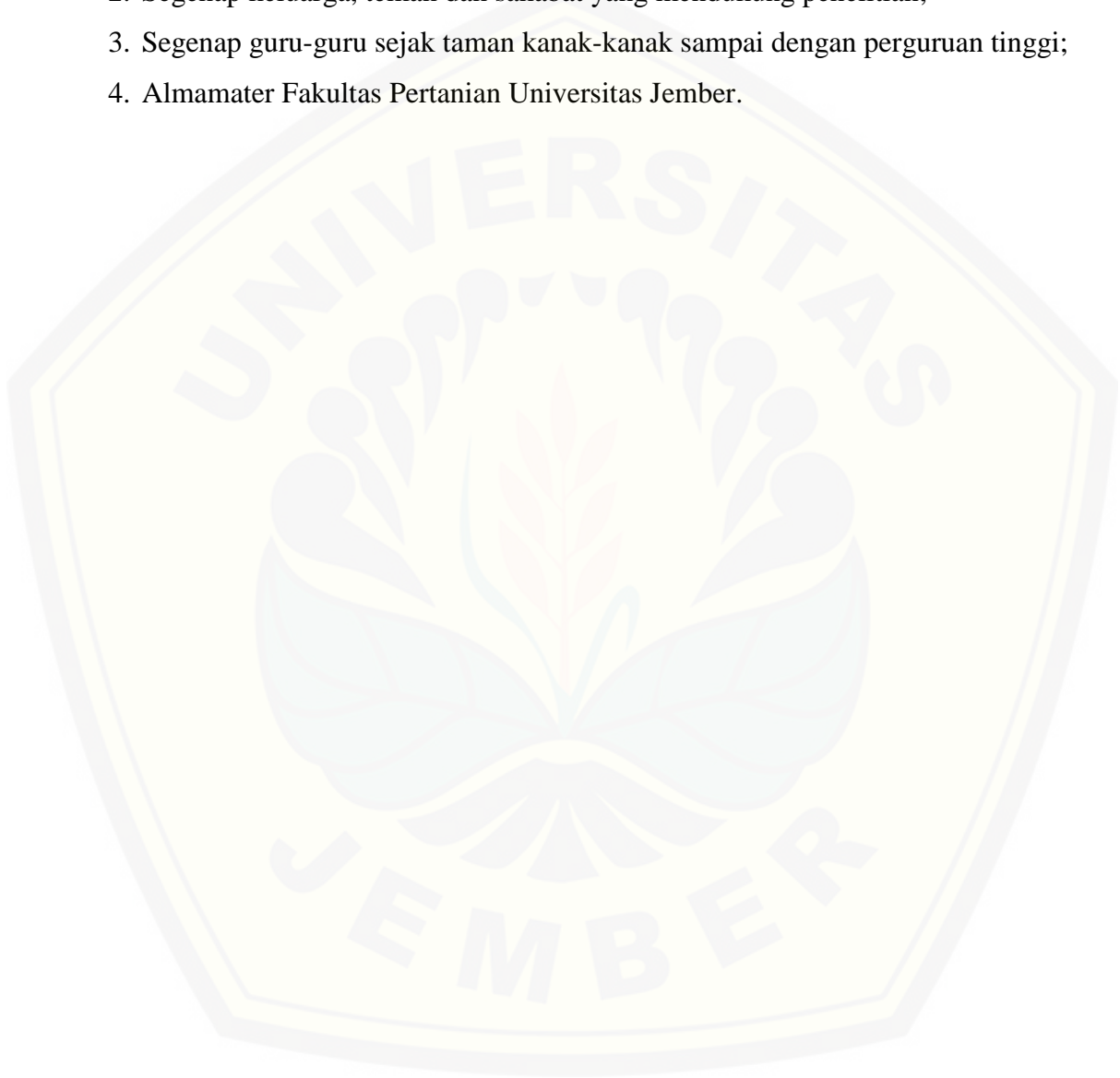
**Dodik Surya Pratama
NIM 091510501064**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

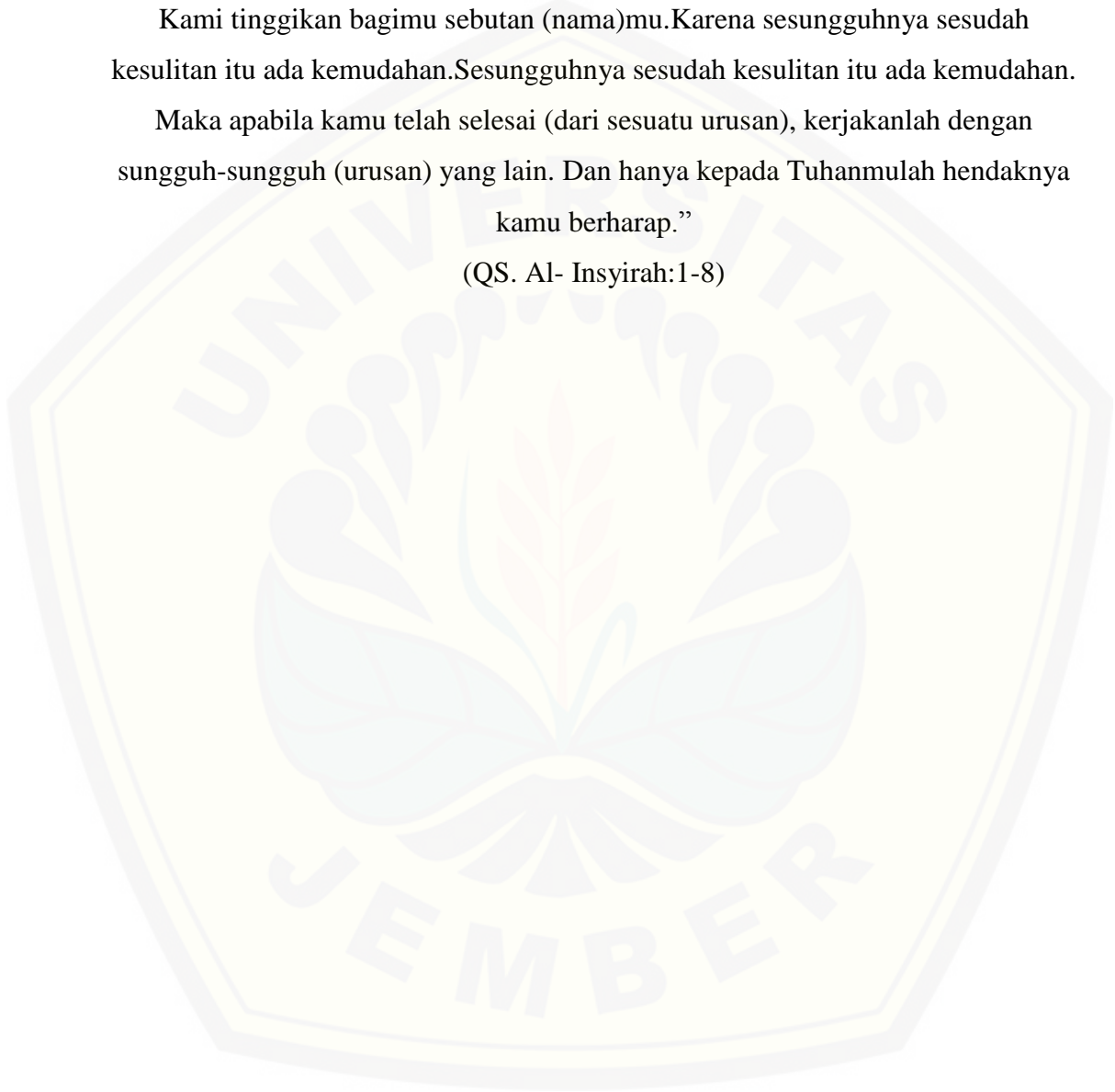
1. Ibunda Mukaromah dan Ayahanda Sukardi yang tercinta;
2. Segenap keluarga, teman dan sahabat yang mendukung penelitian;
3. Segenap guru-guru sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember.



MOTTO

“Bukankah Kami telah melapangkan untukmu dadamu? Dan Kami telah menghilangkan dari padamu bebanmu. Yang memberatkan punggungmu? Dan Kami tinggikan bagimu sebutan (nama)mu. Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”

(QS. Al- Insyirah:1-8)



PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Dodik Surya Pratama

NIM : 091510501064

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Respon Pertumbuhan Dan Karakter Anatomi Dua Klon Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Terhadap Tingkat Intensitas Naungan Pada Pembibitan Tanaman Kopi”**, adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus di junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 27 Mei 2016

Yang menyatakan,

Dodik Surya Pratama

NIM 091510501064

SKRIPSI

**RESPON PERTUMBUHAN DAN KARAKTER ANATOMI DUA KLON
KOPI ROBUSTA (*Coffea canephora*) TERHADAP TINGKAT
INTENSITAS NAUNGAN PADA PEMBIBITAN
TANAMAN KOPI**

Oleh

Dodik Surya Pratama

NIM 091510501064

Pembimbing:

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Denna Eriani Munandar, M.P.
NIP. 196004091988022001

Pembimbing Anggota : Ir. Gatot Subroto, M.P.
NIP. 196301141989021001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Respon Pertumbuhan Dan Karakter Anatomi Dua Klon Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Terhadap Tingkat Intensitas Naungan Pada Pembibitan Tanaman Kopi**” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Jum’at, 27 Mei 2016

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Denna Eriani Munandar, M.P.
NIP. 196004091988022001

Ir. Gatot Subroto, M.P.
NIP. 196301141989021001

Dosen Penguji,

Ir. Kacung Hariyono, M.Si., Ph.D.
NIP. 196408141995121001

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Jani Januar, M.T.
NIP. 195901021988031002

RINGKASAN

Respon Pertumbuhan Dan Karakter Anatomi Dua Klon Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Terhadap Tingkat Intensitas Naungan Pada Pembibitan Tanaman Kopi; Dodik Surya Pratama; 091510501064; 2016; 77 halaman; Program Studi Agroteknologi; Fakultas Pertanian; Universitas Jember.

Tingkat konsumsi akan kebutuhan kopi dalam negeri dan volume ekspor permintaan komoditas kopi robusta meningkat sedangkan produktifitas kopi robusta dalam negeri dirasa masih kurang. Solusi untuk mengatasi hal tersebut salah satunya adalah dengan melakukan pembibitan yang baik agar hasil yang didapatkan juga baik. Penggunaan naungan dan klon yang baik akan mempengaruhi pertumbuhan dan anatomis tanaman kopi. Hal ini karena tanaman kopi merupakan tanaman C_3 yang tidak memerlukan cahaya matahari yang penuh. Analisis karakteristik anatomis dan pertumbuhan bibit kopi di lapang akan menunjukkan informasi tentang tingkat naungan, intensitas cahaya yang tepat bagi bibit kopi dan informasi tentang klon bibit kopi yang bisa bertahan pada kondisi intensitas cahaya yang luas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui klon yang baik dan tingkat intensitas naungan yang tepat terhadap pertumbuhan dan karakter anatomis bibit kopi robusta. Penelitian dilaksanakan di Kelurahan Antirogo, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember dan Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Jember pada bulan Juni 2015 sampai dengan bulan November 2015. Perlakuan percobaan diatur dalam rancangan petak terpisah (*Split Plot*) dengan pola dasar Rancangan Acak Lengkap (RAL), terdiri dari dua faktor yaitu tingkat naungan sebagai petak utama dan macam klon sebagai anak petak sehingga terdapat delapan kombinasi perlakuan dengan empat ulangan. Faktor pertama ialah tingkat naungan dengan 4 taraf yaitu: N0=0 lapis naungan paranet, N1= satu lapis naungan paranet, N2= dua lapis naungan paranet dan N3= tiga lapis naungan paranet. Faktor kedua ialah klon yang terdiri dari 2 taraf yaitu K1=Klon BP 358 dan K2=Klon BP 308. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan analisis varian (ANOVA). Variabel yang diamati

meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, diameter batang, berat basah akar, berat basah pucuk, berat basah total, berat kering akar, berat kering pucuk, berat kering total, jaringan palisade, jaringan spons, jaringan parenkim dan densitas stomata. Apabila antar perlakuan berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan uji beda nyata DMRT dengan taraf kepercayaan 95%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan dan anatomi bibit kopi robusta memberikan respon berbeda nyata pada faktor naungan, namun tidak berbeda nyata pada faktor klon dan interaksinya. Penggunaan satu lapis naungan paranet dengan intensitas cahaya mendekati 68,81% memberikan hasil lebih baik terhadap pertumbuhan bibit kopi robusta karena memberikan respon terbaik pada beberapa variabel pengamatan yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, diameter batang, berat basah pucuk, berat basah total tanaman dan berat kering total tanaman. Sedangkan karakter anatomi ditunjukkan pada petak tanpa naungan dengan nilai jaringan palisade tertinggi. Kesimpulan dari penelitian ini adalah penggunaan paranet satu lapis direkomendasikan untuk pembibitan kopi robusta.

SUMMARY

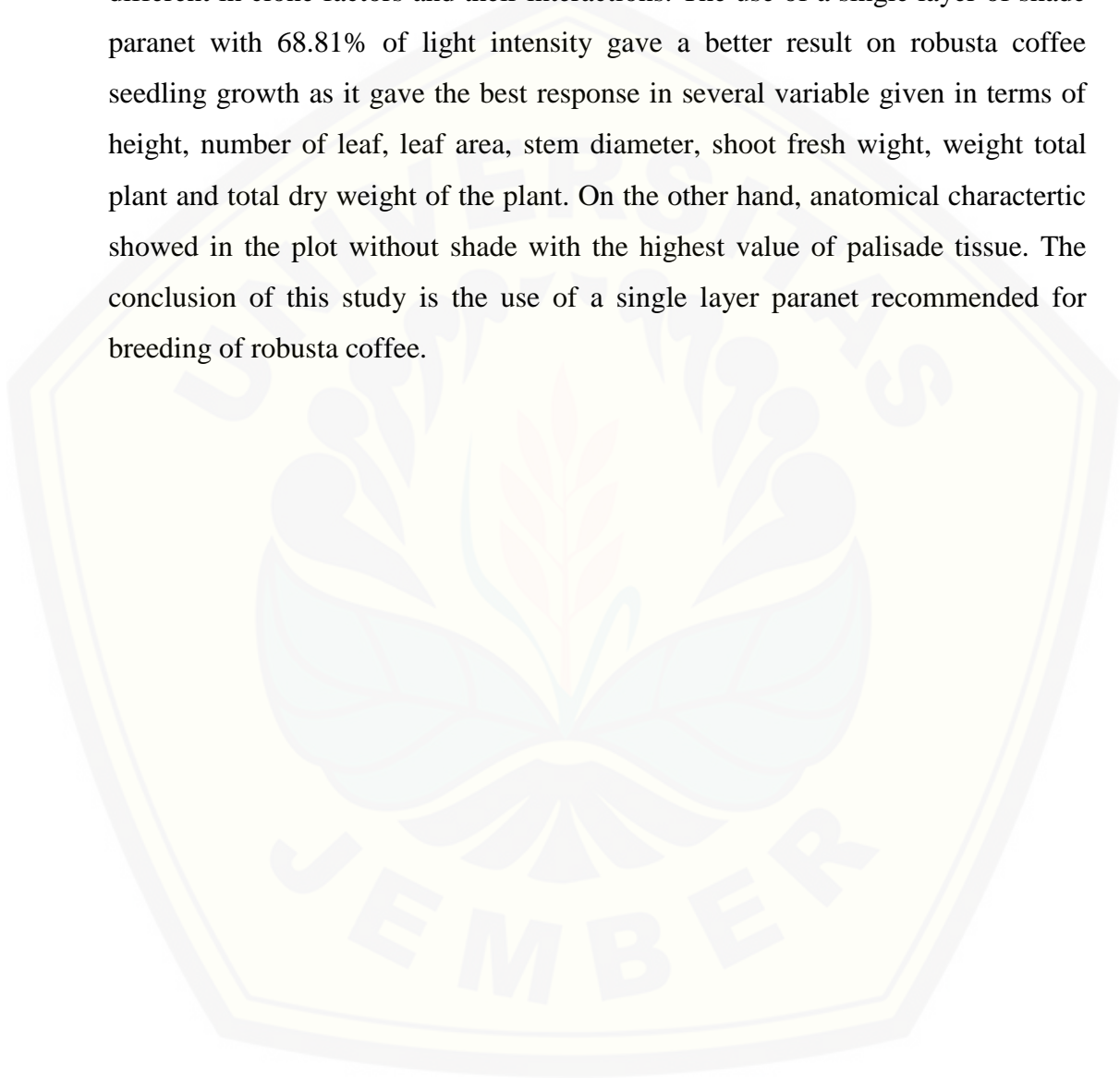
Response Growth And Anatomy Character Two Clones Robusta Coffee (*Coffea canephora*) Toward The Level Intensity Shade On Coffee Plant Nursery; Dodik Surya Pratama; 091510501064; 2016; 77 pages; Study Program Agrotechnology; Faculty of Agriculture; University of Jember.

Consumption rate in domestic coffee demand and export volume in robusta coffee increase while domestic robusta coffee productivity is not adequate. Solution to solve those problems is to make a good nursery for seed in order to make satisfying result. Using a shade and healthy clone will affect coffee growth and anatomy. This is because coffee is one of the C_3 plant which no need a huge amount of sun light to grow. Anatomy characteristic analysis and coffee seedling growth on field will reveal the level of shade intensity, light intensity, and information on behalf of coffee seedling clone which is able to survive in various range of light intensity.

This study aims is to understand the best clone and the best level of shade intensity on coffee seedling growth and anatomy characteristic. This research was conducted in Sub-District of Antirogo, District of Sumbersari, City of Jember and Zoology Laboratory, Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Science, University of Jember in June 2015 to November 2015. Treatment trial was set in a separate plot design (split plot) Design and Completely Randomized Design (CRD). It was consisted of 2 factors which were shade as the main plot and various kind of clone as the subplot, so there were eight treatment combinations with four replications. The first factor was the level of shade with 4 levels, namely: N0 = 0 plywood shade panel, N1 = one layer of shade panel and N3 = triple panel shade. The second factor was a clone consist of two levels ie K1 = Clones BP 358 and BP 308 K2 = Clones. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA). The observed variables include plant height, leaf number, leaf area, stem diameter, wet weight roots, dry weight of shoots, the total dry weight, tissue palisade, tissue, sponges, parenchymal tissue, and stomata

density. If there was a significantly different between the treatment, then continued by DMRT test with a 95% confidence level.

The results showed that the growth and the anatomy of robusta coffee seedlings responded significantly different in shade factor, but had no significant different in clone factors and their interactions. The use of a single layer of shade paranet with 68.81% of light intensity gave a better result on robusta coffee seedling growth as it gave the best response in several variable given in terms of height, number of leaf, leaf area, stem diameter, shoot fresh wight, weight total plant and total dry weight of the plant. On the other hand, anatomical charactertic showed in the plot without shade with the highest value of palisade tissue. The conclusion of this study is the use of a single layer paranet recommended for breeding of robusta coffee.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Respon Pertumbuhan Tanaman Tebu terhadap Substitusi Pupuk ZA pada Kondisi Jenuh Air”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Denna Eriani Munandar, M.P dan Ir. Gatot Subroto, M.P selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan sehingga penelitian ini dapat terlaksana;
2. Ir. Kacung Hariyono, M.Si, Ph.D selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan dalam penelitian ini;
3. Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
4. Ibunda Mukaromah, Ayah Sukardi, serta saudara/saudariku atas doa serta dukungan hingga penulis memperoleh kemudahan dalam menyelesaikan skripsi;
5. Teman-teman Agroteknologi 2009 yang telah membantu dalam penelitian;
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Demikian penyusunan skripsi ini sebagai laporan pertanggungjawaban penelitian dengan harapan hasil penelitian yang telah diperoleh dapat bermanfaat bagi pengembangan pengetahuan dan sebagai informasi yang dapat digunakan sebagai acuan bagi para peneliti atau pihak yang terkait dalam mengembangkan penelitian.

Jember, 27 Mei 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN BIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan dan Manfaat	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Kopi Robusta (<i>Coffea canephora</i>)	5
2.2 Naungan Pada Tanaman Kopi	7
2.3 Respon Pertumbuhan Terhadap Berbagai Intensitas Naungan	8
2.4 Karakter Anatomis Tanaman	11
2.5 Hipotesis	13
BAB 3. METODE PENELITIAN	14
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.2 Bahan dan Alat	14

3.3 Rancangan Penelitian	14
3.4 Pelaksanaan Penelitian	17
3.4.1 Persiapan Tempat Pembibitan	17
3.4.2 Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari, Suhu dan Kelembaban Relatif	17
3.4.3 Pemeliharaan	18
3.4.4 Pengambilan Sampel Daun Untuk Pengamatan Jaringan.....	18
3.4.5 Pengambilan Sampel Untuk Pengamat Stomata.....	19
3.5 Variabel Pengamatan	19
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil	23
4.1.1 Tinggi Tanaman.....	25
4.1.2 Jumlah Daun.....	27
4.1.3 Luas Daun.....	29
4.1.4 Diameter Batang.....	31
4.1.5 Berat Basah Tanaman.....	33
4.1.6 Berat Kering Tanaman	35
4.1.7 Jaringan Palisade, Jaringan Spons dan Jaringan Parenkim.....	37
4.1.8 Densitas Stomata	40
4.1.9 Data Pendukung.....	42
4.2 Pembahasan	43
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	55

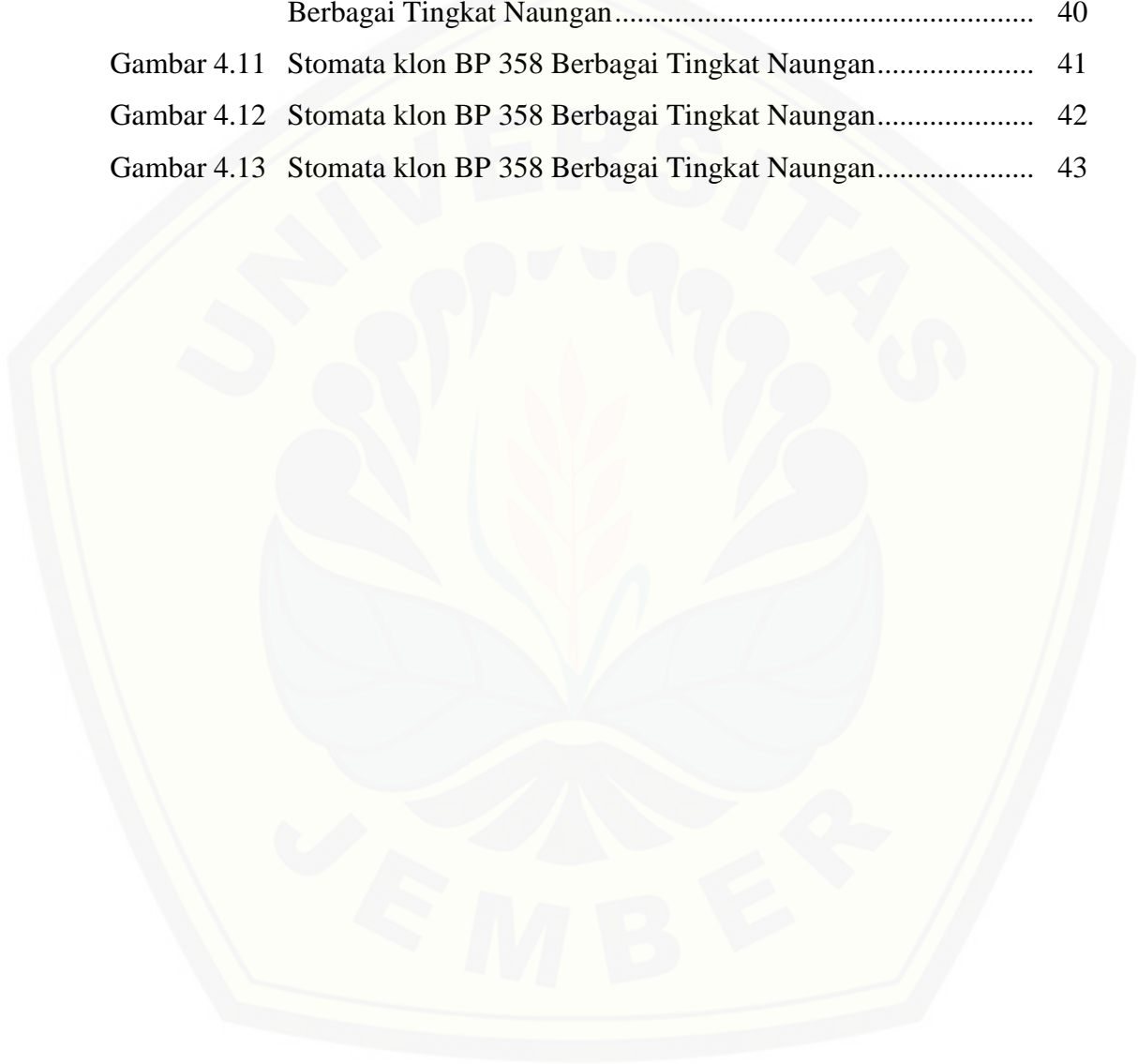
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Syarat Tumbuh Tanaman Kopi Robusta	6
Tabel 2.2 Perbandingan Intensitas Cahaya, Laju Fotosintesis, Laju Transpirasi dan Komponen Pertumbuhan serta Kadar N dalam Daun Kopi Arabika Kondisi Naungan dan Tanpa Naungan.....	9
Tabel 2.3 Pertumbuhan Bibit Kopi pada Berbagai Intensitas Naungan pada Umur 6 bsp	10
Tabel 4.1. Rangkuman Nilai F-Hitung dari Beberapa Variabel Pengamatan.....	23
Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya, Suhu dan Kelembapan Udara di Areal Penelitian	24
Tabel 4.3. Nilai Rata-Rata 14 Variabel Klon Kopi BP 358 dan klon BP 308	42

DAFTAR GAMBAR

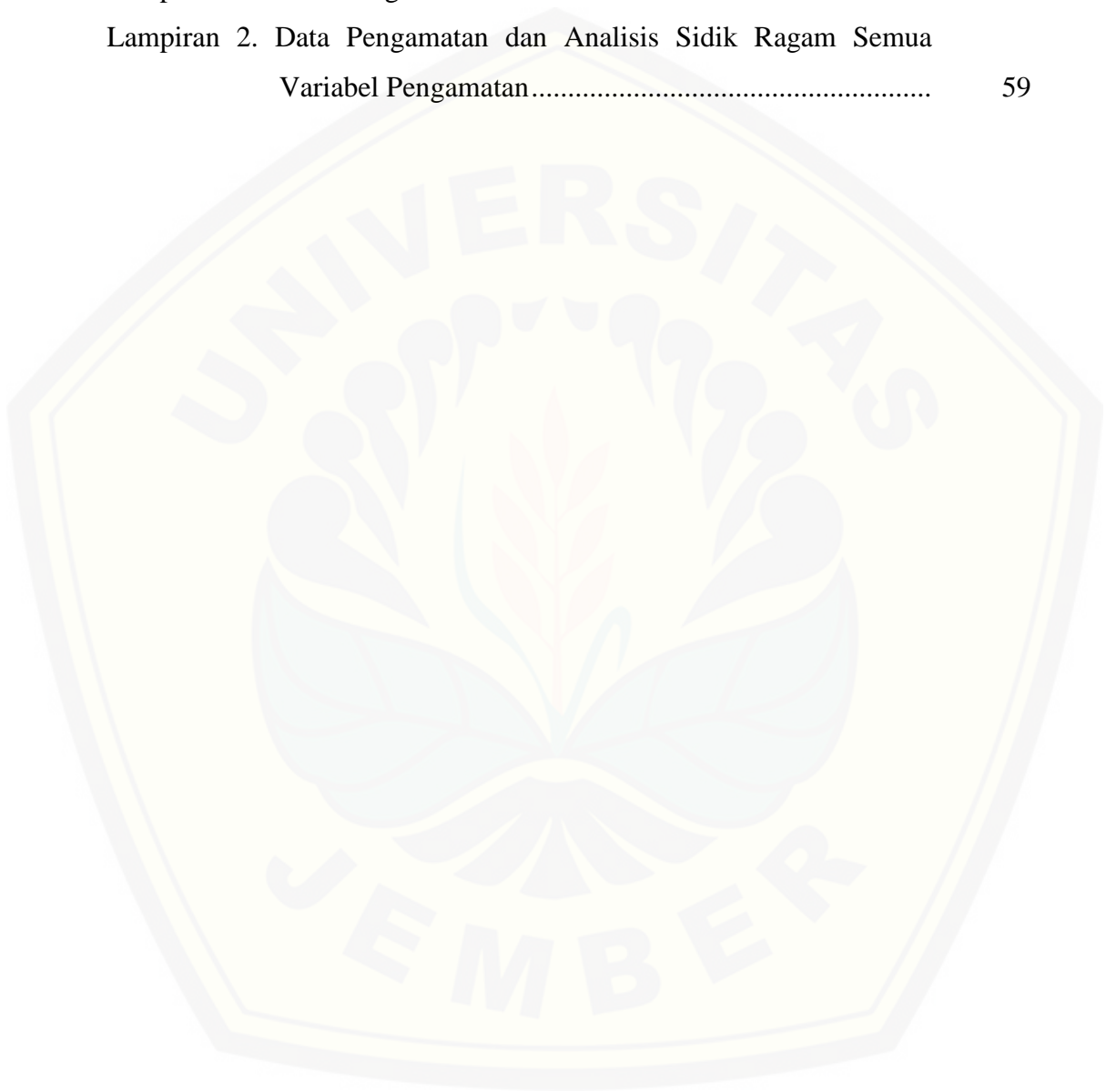
	Halaman
Gambar 2.1	Kebutuhan Cahaya Berdasarkan Umur Bibit Kopi 9
Gambar 2.2	Struktur Anatomis Tumbuhan C3 11
Gambar 2.3	Siklus dalam Fotorespirasi 13
Gambar 3.1	Layout Petak Percobaan 16
Gambar 3.2	Denah Petak Penelitian 16
Gambar 3.3	Tempat Pembibitan 17
Gambar 3.4	Pengukuran Suhu, Kelembapan Relatif dan Intensitas Cahaya 17
Gambar 3.5	Penyiraman, Pemupukan dan Hama Kutu Putih 18
Gambar 3.6	Hasil Pemotongan Jaringan Tanaman dengan Mikroton 19
Gambar 3.7	Pengambilan Sampel Stomata Stomata dan Hasil Kuteks Stomata Pada Daun 19
Gambar 3.8	Pengukuran Diameter Batang 20
Gambar 3.9	Sampel Stomata dan Hasil Pengamatan Stomata melalui Mikroskop 21
Gambar 4.1	Pengaruh Tingkat Naungan Terhadap Tinggi Bibit Kopi Robusta 26
Gambar 4.2	Tinggi Tanaman Klon BP 358 dan BP 308 26
Gambar 4.3	Pengaruh Tingkat Naungan Terhadap Jumlah Daun Bibit Kopi Robusta 28
Gambar 4.4	Pengaruh Tingkat Naungan Terhadap Luas Daun Bibit Kopi Robusta 30
Gambar 4.5	Pengaruh Tingkat Naungan Terhadap Diameter Batang Bibit Kopi Robusta 32
Gambar 4.6	Berat Basah Akar, Berat Basah Pucuk, Berat Basah Total Bibit Kopi Pada Berbagai Tingkat Naungan 34
Gambar 4.7	Berat Kering Akar, Berat Kering Pucuk, Berat Kering Total Bibit Kopi Pada Berbagai Tingkat Naungan 36

Gambar 4.8 Jaringan Palisade Bibit Kopi Pada Berbagai Tingkat Naungan.....	38
Gambar 4.9 Jaringan Palisade, Spons dan Parenkim klon BP 358 Berbagai Tingkat Naungan.....	39
Gambar 4.10 Jaringan Palisade, Spons dan Parenkim klon BP 308 Berbagai Tingkat Naungan.....	40
Gambar 4.11 Stomata klon BP 358 Berbagai Tingkat Naungan.....	41
Gambar 4.12 Stomata klon BP 358 Berbagai Tingkat Naungan.....	42
Gambar 4.13 Stomata klon BP 358 Berbagai Tingkat Naungan.....	43



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data Pengamatan Iklim Mikro	55
Lampiran 2. Data Pengamatan dan Analisis Sidik Ragam Semua Variabel Pengamatan.....	59



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman perkebunan saat memiliki prospek yang baik di Indonesia. Salah satu tanaman perkebunan yang saat ini terkenal adalah tanaman kopi. Indonesia merupakan salah satu negara yang dapat melakukan ekspor kopi di dunia. Menurut Ferlianto (2006), Indonesia telah menyumbang 10% dari total produksi kopi dunia. Kopi merupakan tanaman perkebunan yang mampu menjadi komoditas unggulan. Kopi merupakan salah satu tanaman yang dapat digunakan untuk peningkatan devisa negara. Mahfud (2012) menyatakan bahwa kopi termasuk komoditas andalan perkebunan yang mempunyai kontribusi cukup nyata dalam perekonomian Indonesia, yaitu sebagai penghasil devisa, sumber pendapatan petani, penghasil bahan baku industri, sumber lapangan kerja, dan pengembangan wilayah. Sebagai penghasil devisa dari sektor pertanian, kopi menduduki urutan keempat setelah kayu, karet, dan sawit. Produksi kopi di Indonesia sebagian besar dihasilkan oleh perkebunan rakyat yaitu sebesar 95%. Indonesia sebagai negara tropis menduduki nomor ketiga setelah negara Brasil dan Columbia dalam tingkat produksinya. Kopi Indonesia dikenal memiliki bentuk dan rasa yang kuat sehingga banyak permintaan untuk biji kopi Indonesia baik dari dalam negeri maupun dari luar negeri (Joko, 2009).

Tanaman kopi yang umumnya dibudidayakan di Indonesia terdapat empat jenis, akan tetapi dari keempat jenis kopi tersebut hanya jenis kopi robusta yang lebih banyak dikembangkan dan diusahakan oleh perkebunan negara maupun perkebunan rakyat. Kopi robusta (*Coffea canephora*) banyak dibudidayakan karena memiliki produktivitas yang lebih tinggi daripada kopi arabika dan liberika (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2006). Hal tersebut karena, kopi robusta lebih mudah ditanam, tumbuhnya di dataran rendah dan penanamannya juga lebih mudah dibanding kopi arabika yang lebih cocok ditanam di dataran tinggi. Pohon kopi robusta berbunga 4 kali setahun dan menghasilkan kopi sebanyak 4 pon pertanaman. Hasil panen yang tinggi dikombinasikan dengan biaya tanam dan pemeliharaan yang rendah membuat kopi robusta memberi

keuntungan bagi pedagang/produsen kopi komersial. Pohon kopi dapat mencapai tinggi 15-30 kaki dan mudah dipanen (Ferlianto, 2006).

Tanaman kopi (*Coffea* sp.) digolongkan tanaman C₃ yang memiliki ciri khas efisiensi fotosintesis rendah, karena pada tanaman kopi sering terjadi fotorespirasi. Efisiensi fotosintesis tanaman kopi yang rendah menjadikan laju dari pertumbuhan tanaman kopi itu sendiri menjadi tidak optimal (Mawardi, 2004). Produksi potensial dari tanaman kopi ditentukan oleh sifat genetik dari tanaman yang digunakan, sedangkan produksi aktual dilapangan ditentukan oleh faktor lingkungan tempat budidaya tanaman kopi, baik berupa kondisi kesesuaian lahan maupun teknik budidaya tanaman. Kondisi lahan tanaman kopi sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dari tanaman kopi, terutama kondisi iklim mikro disekitar tanaman kopi (Muschler, 1995).

Budidaya tanaman kopi yang baik dan benar akan mempengaruhi produktivitas dan mutu dari kopi tersebut. Salah satu faktor dalam budidaya yang mempengaruhi adalah pada saat pembibitan. Pembibitan merupakan langkah awal yang sangat menentukan keberhasilan budidaya tanaman kopi. Menurut Syawal (2006) pembibitan merupakan awal dari pertumbuhan tanaman kopi, pengaruh lingkungan pada saat pembibitan akan menentukan kemampuan bibit untuk tumbuh, berkembang biak dan berproduksi dengan baik. Pembibitan tanaman kopi memerlukan naungan karena menurut Carelli *et al* (2003), tanaman kopi merupakan tanaman C₃ yang memiliki karakteristik berbeda dengan tanaman C₄ dalam memanfaatkan cahaya matahari. Kopi dapat ditanam tanpa penanung namun hal tersebut akan mengakibatkan kebutuhan nutrisi dalam jumlah yang besar, umur ekonomi berkurang dan perlunya pengelolaan yang lebih intensif (Nursal *et al.*, 2003). Bagi tanaman kopi, naungan diperlukan untuk mengurangi pengaruh buruk akibat sinar matahari yang terik dan memperpanjang umur ekonomi (Iskandar, 1988). Pada fase pembibitan, tingkat naungan yang dibutuhkan lebih tinggi dibandingkan pada fase generatif (Arif *et al.*, 2011). Intensitas cahaya yang diperlukan tanaman kopi sekitar 60-80% (Utomo, 2011).

Tingkat naungan yang berbeda tentunya juga dapat menyebabkan perbedaan respon fisiologi dan pertumbuhan pada bibit kopi robusta. Pengaruh naungan

terhadap tanaman, misalnya pada proses respirasi gelap, titik jenuh dan titik kompensasi cahaya, kerapatan stomata, bobot kering tanaman, luas daun, kandungan klorofil per unit satuan luas daun dan aktivitas bagian-bagian yang melaksanakan fotosintesis (Noviyanti dkk., 2014). Menurut Pamuji dan Saleh (2010), keragaman intensitas naungan berpengaruh nyata terhadap variabel jumlah batang, jumlah daun, total luas daun, dan berat kering bagian atas. Besarnya cahaya yang tertangkap pada proses fotosintesis menunjukkan biomassa, sedangkan besarnya biomassa dalam jaringan tanaman mencerminkan bobot kering. Perbedaan intensitas cahaya matahari ini secara langsung memberikan pengaruh terhadap keseluruhan proses dalam tubuh tanaman, baik pada tingkat molekuler, biokimia, anatomi, morfologi, fisiologi, dan agronomi (Cunningham and Read, 2002).

Naungan juga dapat mempengaruhi anatomis tanaman karena berkaitan dengan intensitas cahaya matahari yang diterima oleh tanaman. Menurut Inaba (1984), ketebalan sel epidermis atas dan bawah, jaringan palisade serta jaringan bunga karang daun berkurang dengan berkurangnya intensitas cahaya yang diterima tanaman. Menurut Callan dan Kennedy (1995), daun tanaman yang mendapat cahaya matahari penuh lebih tebal, ukuran daun lebih kecil dan kadang-kadang lebih berbulu dibandingkan dengan perlakuan naungan, karena daun mempunyai sel parenkim berbentuk batang dan sel epidermis lebih tebal dibandingkan dengan daun tanaman yang dinaungi. Pengurangan intensitas cahaya yang diterima oleh daun mengakibatkan pengurangan tingkat ketebalan daun yang disebabkan perkembangan sel parenkim terganggu. Akan tetapi, semakin tinggi cahaya yang diterima oleh tanaman, semakin tebal pula jaringan palisade. Jaringan palisade banyak mengandung kloroplas yang sangat penting dalam meningkatkan efisiensi fotosintesis (Bolhar- Nordenkampf dan Draxler, 1993).

Pengaruh intensitas cahaya yang terlalu tinggi menyebabkan kenaikan suhu disekitar tanaman terutama dipermukaan daun kopi. Peningkatan suhu disekitar tanaman kopi akan berdampak pada konsentrasi CO₂ dan O₂ dipermukaan daun. Menurut Prawoto (2007) temperatur yang tinggi dan intensitas cahaya yang

berlebihan juga mengakibatkan O_2 terlepas dari H_2O sehingga O_2 lebih banyak dipermukaan daun dari pada CO_2 dan akan menyebabkan terjadinya fotorespirasi. Pertumbuhan tanaman juga dipengaruhi oleh factor genetik berkaitan dengan toleransi dan kepekaan tanaman terhadap lingkungan. Oleh karena setiap jenis, klon atau varietas tanaman mempunyai karakter yang berbeda dalam merespon keadaan lingkungan yang berpengaruh pada proses fisiologi dan pertumbuhan serta tanaman. Perubahan fisiologi dalam tanaman serta penyesuaian bentuk morfologi menjadi salah satu karakter tanaman sebagai bentuk pertahanan tanaman terhadap lingkungan sub optimal. Menurut Prastowo (2010), salah satu penyebab rendahnya produktivitas kopi robusta di Indonesia adalah belum digunakannya bahan tanam unggul yang sesuai dengan agroekosistem tempat tumbuh kopi robusta. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao (Puslit Koka) telah membudidayakan beberapa klon kopi robusta. Klon kopi robusta yang ada di Puslit Koka diantaranya: SA 436, BP 939, BP 234, BP 288, BP 308, BP 42, BP 358, BP 936, SA 203, BP 409 dan BP 534. Setiap klon kopi yang digunakan tersebut, memiliki keunggulan yang berbeda-beda. Ada beberapa klon kopi robusta yang telah dikenalkan oleh Puslit Kopi dan Kakao (2003), seperti klon BP 308 dan 358. Kopi robusta klon BP 308 merupakan bahan tanam yang banyak digunakan oleh perkebunan sebagai batang bawah karena memiliki perakaran yang kuat dan tahan terhadap serangan nematoda. Kopi robusta klon BP 358 merupakan bahan tanam yang mempunyai potensi hasil mencapai 1.700 kg/ha/tahun.

Penggunaan naungan dan klon dalam pembibitan tanaman kopi merupakan faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan anatomis tanaman. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilaksanakan penelitian mengenai pertumbuhan dan karakter anatomis bibit kopi klon BP 308 dan BP 358 pada berbagai tingkat intensitas naungan sehingga akan memberikan informasi intensitas cahaya yang tepat bagi bibit kopi dan informasi tentang klon bibit kopi yang bisa bertahan pada kondisi intensitas cahaya yang luas. Hal ini karena menurut Daubenmire (1967), tanaman toleran naungan adalah tanaman yang dapat bertahan hidup pada keadaan intensitas cahaya yang tidak sesuai.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan uraian diatas, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh interaksi antara tingkat naungan dan macam klon terhadap pertumbuhan dan karakter anatomi bibit kopi robusta?
2. Bagaimana pengaruh tingkat naungan terhadap pertumbuhan dan karakter anatomi bibit kopi robusta?
3. Bagaimana pengaruh macam klon terhadap pertumbuhan dan karakter anatomi bibit kopi robusta?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh interaksi antara tingkat naungan dan macam klon terhadap pertumbuhan dan karakter anatomi bibit kopi robusta.
2. Untuk mengetahui pengaruh tingkat naungan terhadap pertumbuhan dan karakter anatomi bibit kopi robusta.
3. Untuk mengetahui pengaruh macam klon terhadap pertumbuhan dan karakter anatomi bibit kopi robusta.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan informasi penggunaan naungan dan klon yang baik dalam pembibitan tanaman kopi robusta sehingga akan diperoleh bibit yang baik untuk dibudidayakan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kopi Robusta (*Coffea canephora*)

Klasifikasi tanaman kopi robusta, menurut Rahardjo (2012), adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Sub kingdom : Tracheobionita
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Sub Kelas : Astridae
Ordo : Rubiaceace
Genus : Coffea
Spesies : *Coffea canephora*

Kopi *canephora* juga disebut kopi robusta. Nama robusta dipergunakan untuk tujuan perdagangan, sedangkan *canephora* adalah nama botanis. Jenis kopi ini berasal dari Afrika, dari pantai barat sampai Uganda. Kopi robusta memiliki kelebihan dari segi produksi yang lebih tinggi di bandingkan jenis kopi arabika dan liberika (Aak, 1988).

Kopi robusta merupakan tanaman penyerbuk silang. Oleh karena itu dalam suatu areal pertanaman kopi tidak boleh terdiri atas 1 jenis klon saja, paling sedikit harus terdiri atas 3-5 klon. Pada tanaman kopi robusta bahan tanam yang dianjurkan antara lain adalah klon kopi BP42, BP234, BP358, SA273, BP28, BP358, BP409, BP524, BP920, BP925, BGN300, BGN371, BP418, BP436, BP973, SA203, BP436, BP936, BP939 (Yahmadi, 2007).

Kopi robusta dapat dibudidayakan pada ketinggian optimum 400-800 m dpl dengan temperatur rata-rata 21-24°C, sedangkan kopi arabika dapat dibudidayakan pada ketinggian optimum 800-1500 m dpl dengan temperatur 17-21°C. Kedua jenis kopi ini membutuhkan curah hujan optimum sebesar 2000-3000 mm/thn dengan \pm 3 bulan kering, tetapi dengan hujan kiriman yang cukup. Adanya musim kering dengan temperatur yang tinggi sangat diperlukan untuk

persiapan pembungaan dan pembentukan buah, tetapi pada mekarnya bunga menghendaki curah hujan secukupnya (Yahmadi, 2007).

Hulupi (1999) mengatakan bahwa kondisi lingkungan yang paling berpengaruh terhadap perubahan morfologi, pertumbuhan, dan produksi kopi adalah tinggi tempat dan tipe curah hujan. Perubahan morfologi dan pertumbuhan tanaman akan mempengaruhi habitus tanaman sehingga akan berpengaruh terhadap keputusan untuk menentukan jarak tanam yang optimal. Hal ini disebabkan karena pada daerah dengan ketinggian tempat yang lebih rendah, tanaman kopi cenderung meninggi. Selain daripada itu pada daerah dengan tipe curah hujan lebih basah, tanaman kopi cenderung meninggi dan melebar.

Tabel 2.1. Syarat tumbuh tanaman kopi robusta (Hulupi, 1999)

No	Parameter Iklim	Robusta
A	Iklim	
1	Tinggi tempat (mdpl)	300 – 600
2	Curah hujan (mm/th)	1500 – 3000
3	Bulan kering (curah hujan < 60 mm/bulan)	1 – 3 bulan
4	Suhu udara rata-rata ($^{\circ}\text{C}$)	24 – 30
B	Tanah	
1	Ph	5,5 – 6,5
2	Kandungan bahan organik	Minimal 2 %
3	Kedalaman tanah efektif	>100 m
4	Kemiringan tanah maksimum	40%

Setiap klon kopi robusta memiliki sifat-sifat agronomis yang berbeda. Perawakan, percabangan, bentuk dan warna daun, buah, biji serta produktifitas dari masing-masing klon memiliki perbedaan (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2009). Karakteristik kopi robusta tidak hanya lihat dari sifat agronomis, akan tetapi juga perlu mengetahui sifat morfologisnya. Menurut BALITRI (2012), sebagai dasar untuk mengenali varietas atau klon kopi, diperlukan pengetahuan tentang sifat morfologi yang dibagi menjadi bagian organ vegetatif dan generatif.

Puslit Koka telah membudidayakan beberapa klon kopi robusta. Klon kopi robusta yang ada di Puslit Koka diantaranya: SA 436, BP 939, BP 234, BP 288, BP 308, BP 42, BP 358, BP 936, SA 203, BP 409 dan BP 534. Setiap klon kopi tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Menurut Pusat Penelitian Kopi dan Kakao (2009), klon kopi robusta BP 358 memiliki perawakan sedang,

percabangan agak lentur dengan ruas agak panjang, bentuk daun bulat telur memanjang dengan warna daun hijau mengkilap dan tepi daun bergelombang lebar, ukuran buah agak besar, diskus agak lebar, buah masak berwarna merah pucat belang, biji berukuran medium-besar dan memiliki produktivitas sebesar 800-1.700 kg kopi biji/ha/tahun. Sedangkan kopi robusta klon BP 308 sebaiknya diperbanyak secara klonal untuk menghindari terjadinya penyimpangan sifat genetik pohon induk. Untuk itu dianjurkan sebagai batang bawah dalam penyambungan dengan batang atas klon-klon anjuran sesuai agroklimat setempat. Batang bawah klon BP 308 dapat ditanam di daerah terserang nematoda maupun di daerah yang tanahnya kurang subur (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2013). Menurut Putri (2013), klon ini merupakan tanaman unggul yang tahan terhadap serangan nematoda. Keistimewaan lain dari klon robusta ini yaitu toleran terhadap tanah yang kurang subur.

2.2 Naungan Pada Tanaman Kopi

Kopi merupakan tanaman C_3 yang kurang efektif dalam memanfaatkan cahaya matahari. Hal ini menyebabkan tanaman kopi membutuhkan penaung supaya intensitas matahari yang sampai pada tajuk tanaman kopi tidak terlalu tinggi sehingga optimal untuk aktifitas fisiologisnya (Lamber *et al.*, 2008). Kondisi yang baik bagi tanaman kopi yaitu penyinaran stabil dan tidak berubah disepanjang hari. Tanaman kopi tidak menyukai cahaya matahari langsung dalam jumlah banyak karena matahari penuh dan tidak teratur akan menyebabkan pertumbuhan kopi tidak teratur sehingga mengakibatkan produksinya tidak optimal (Yulianti *et al.*, 2007)

Cahaya sangat diperlukan oleh tanaman, terutama tanaman yang memiliki zat hijau daun, sebab tanpa cahaya tidak akan terjadi proses fotosintesis pada daun yang menghasilkan energi untuk pertumbuhan tanaman. Intensitas cahaya yang diperlukan tanaman kopi sekitar 60-80% (Utomo, 2011). Hal ini diperlukan untuk mengurangi pengaruh buruk akibat cahaya matahari yang terik dan memperpanjang umur ekonomi (Iskandar dalam Wachjar, 2002). Umur ekonomis

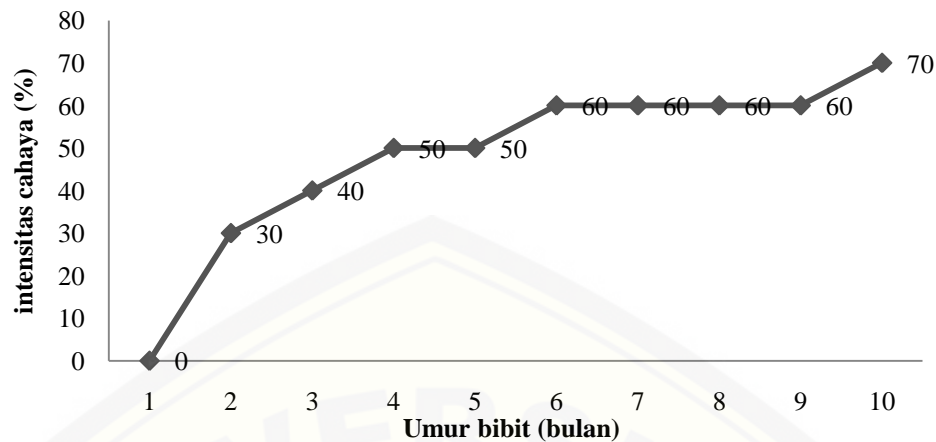
disini dalam hal mempertahankan produksi dalam jangka panjang dan mengurangi kelebihan produksi (*over bearing*) dan mati cabang (DaMatta *et al.*, 2007).

Pada fase generatif peningkatan naungan dapat menurunkan produktivitas. Hal ini disebabkan pada naungan yang berlebih, asimilasi karbon menjadi lebih rendah sehingga pertumbuhan vegetatif menjadi lebih dominan ketimbang munculnya kuncup bunga (Cannell dalam DaMatta, 2004) dan kuncup bunga per cabang yang terbentuk lebih sedikit (Montoya *et al.* dalam DaMatta, 2004; Wintgen, 2010). Tanaman kopi tanpa naungan akan meningkatkan penyerapan karbohidrat dari daun dan batang untuk mempercepat pembentukan buah dan bunga, sehingga mengakibatkan akar dan daunnya rusak (meranggas). Dengan menggunakan naungan dapat mempertahankan hasil panen kopi dalam waktu yang lama. Selain itu, naungan memperlambat pematangan buah kopi dan menghasilkan biji yang lebih besar dengan kualitas kopi yang baik (Muschler, 1995).

Sebagai tanaman yang tidak memerlukan energi dari cahaya matahari secara langsung dalam proses fotosintesisnya (C_3), kopi memerlukan naungan antara 40% sampai 70% untuk pertumbuhannya (Kumar dan Tieszen dalam Muschler, 1995). Pada daerah-daerah berelevasi rendah atau pada daerah zona kering ternyata intensitas penggunaan naungan sebesar 35-60% dapat mengurangi kerontokan daun kopi pada saat musim kering dan dapat mengurangi serangan penyakit yang disebabkan oleh jamur *Cercospora coffeicola* dan *Planacoccus citri*, tetapi dapat meningkatkan serangan *Hemileia vastatrix* (Staver *et al.*, 2001).

2.3 Respon Pertumbuhan Tanaman Terhadap Berbagai Intensitas Naungan

Pada tanaman kopi, tingkat naungan yang dibutuhkan berbeda-beda sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman. Pada fase pembibitan atau umur muda tingkat naungan yang dibutuhkan lebih tinggi dibandingkan dengan pertumbuhan pada fase dewasa atau fase pertumbuhan generatif. Tingkat naungan yang tidak sesuai pada fase vegetatif dan generatif akan mempengaruhi pertumbuhan, produksi, dan cita rasa kopi (Sakiroh dkk., 2012). Kebutuhan intensitas cahaya menurut umur bibit kopi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kebutuhan cahaya berdasarkan umur bibit kopi (BALITRI, 2012)

Tanaman kopi yang ditanam di bawah naungan dengan intensitas cahaya 557 *lux* dapat mengurangi risiko tekanan lingkungan dan memiliki potensi biokimia dan fisiologis yang lebih tinggi dalam fiksasi karbon serta memiliki luas daun dan laju pertumbuhan relatif lebih tinggi dibandingkan tanaman tanpa naungan dengan intensitas cahaya 1193 *lux* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2 (Bote dan Struik, 2011). Pengaruh naungan terhadap peningkatan proses fotosintesis dan fiksasi karbon dikemukakan oleh Pompelli *et al.* (2010), dimana tanaman kopi yang tumbuh di bawah naungan 50% menunjukkan nilai laju fotosintesis lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tumbuh di bawah sinar matahari penuh, selama kondisi musim dingin.

Tabel 2.2. Perbandingan intensitas cahaya, laju fotosintesis, laju transpirasi dan komponen pertumbuhan serta kadar N dalam daun kopi arabika pada kondisi naungan dan tanpa naungan (Bote dan Struik, 2011)

Parameter	Naungan	Tanpa naungan
Intensitas cahaya(lux)	557	1193
Laju fotosintesis ($\mu\text{mol Co}^2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	3,51	2,45
Luas transpirasi ($\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	1090	1140
Luas daun spesifik (cm^2/g)	116	98
Indeks luas daun (m^2m^2)	3,8	2,8
Laju pertumbuhan relatif ($\text{cm cm}^1\text{bulan}^{-1}$)	12,3	9,7
N dalam daun (mg g^{-1} setelah daun dikeringkan)	288	219
Warna hijau daun	-8,6	-7,6

Tanaman kopi membutuhkan tingkat naungan yang berbeda antara musim hujan dan musim kering. Pada musim hujan, dengan naungan di bawah 35,50 dan 65% menunjukkan pertumbuhan dan perkembangan serta efek fisiologis dari proses fotosintesis lebih baik, sedangkan pada musim kering tingkat naungan 50% menunjukkan pertumbuhan dan perkembangan serta asimilasi CO₂ yang lebih tinggi (Baliza *et al.*, 2012). Menurut Winaryo *et al.* dalam Prawoto *et al.* (2008), kopi robusta dengan naungan lebih banyak menghasilkan biji besar (diameter 7,5 mm) dibandingkan kopi tanpa naungan, sebaliknya kopi tanpa naungan lebih banyak menghasilkan biji kopi berukuran sedang (diameter 6,5-7,6 mm) dan kecil (diameter 5,5-6,5 mm). Peningkatan berat buah dan ukuran biji kopi akan berbeda pada varietas yang berbeda.

Perlakuan intensitas naungan sama sekali tidak berpengaruh terhadap semua peubah yang diamati selama periode pengamatan dalam percobaan. Pertumbuhan bibit kopi pada berbagai intensitas naungan pada umur 6 BSP tercantum pada tabel 2.3. Tidak nyatanya pengaruh naungan diduga karena kelemahan teknis percobaan. Bergeraknya matahari ke arah selatan pada bulan September mengakibatkan lokasi percobaan hampir setengahnya temaungi oleh tanaman karet yang berada di sekitar lokasi percobaan (Wachjar *et al.*, 2002). Selain itu, jarak antar polybag yang cukup dekat yaitu 20 cm, diduga turut mempengaruhi banyaknya sinar yang jatuh ke permukaan daun kopi mengingat cukup besarnya bibit kopi yang tumbuh. Jarak tanam yang rapat memungkinkan tanaman kopi saling menaungi satu sama lain (Winaryo, 1986).

Tabel 2.3. Pertumbuhan bibit kopi pada berbagai intensitas naungan pada umur 6 bsp (Wachjar *et al.*, 2002)

Intensitas naungan (%)	Tinggi bibit (cm)	Jumlah pasang daun	Diameter batang (mm)	Luas daun (cm ²)	Bobot basah tajuk (g)	Bobot basah akar (g)	Bobot kering tajuk (g)	Bobot kering akar (g)
25	85,81	16,1	12,91	3966,60	187,78	73,75	62,10	30,60
50	94,82	16,8	13,23	4531,80	202,11	62,16	66,39	27,18
75	90,47	15,7	12,59	3803,10	164,32	56,94	53,83	23,27
100	93,25	16,5	12,56	4237,90	178,00	57,73	57,63	24,79

2.4 Pengaruh Naungan Terhadap Karakter Anatomis

Tumbuhan dengan jenis daun cahaya memiliki struktur anatomis daun yang berbeda dengan tumbuhan dengan daun yang ternaungi. Daun cahaya merupakan daun yang tebal dan luas permukaan yang sempit dibandingkan dengan daun naungan, ciri ini berkaitan erat dengan struktur anatomis daun. Ketebalan daun cahaya tersebut berhubungan dengan panjangnya lapisan sel-sel palisade dan adanya lapisan lain di bawahnya (Utomo, 2007).

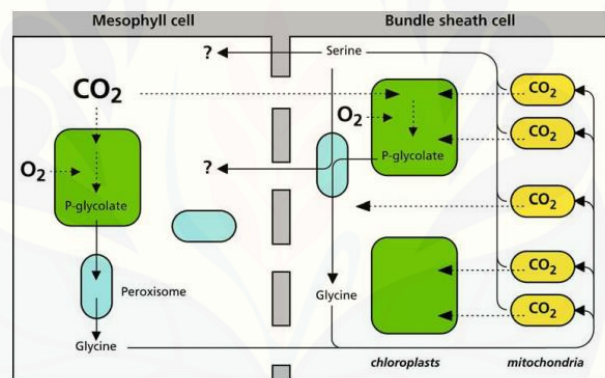
Peningkatan luas daun pada dasarnya merupakan kemampuan tanaman dalam mengatasi cekaman naungan. Peningkatan luas daun merupakan upaya tanaman dalam mengoptimalkan penangkapan energi cahaya untuk fotosintesis secara normal pada kondisi intensitas cahaya rendah. Daun tanaman toleran naungan memiliki struktur sel-sel palisade kecil dan ukurannya tidak jauh berbeda dengan sel-sel bunga karang, sehingga daun lebih tipis. Struktur tersebut lebih berongga dan akan menambah efisien dalam menangkap energi radiasi cahaya untuk proses fotosintesis (Taiz dan Zaiger, 2006).

Ketebalan sel epidermis atas dan bawah, jaringan palisade serta jaringan bunga karang daun berkurang dengan berkurangnya intensitas cahaya yang diterima tanaman (Inaba, 1984). Jumlah lapisan sel palisade dan jaringan bunga karang juga berkurang dengan adanya naungan. Daun tanaman yang mendapat cahaya matahari penuh lebih tebal, ukuran daun lebih kecil dan kadang-kadang lebih berbulu dibandingkan dengan perlakuan naungan, karena daun mempunyai sel parenkim berbentuk batang dan sel epidermis lebih tebal dibandingkan dengan daun tanaman yang dinaungi (Callan dan Kennedy, 1995). Pengurangan intensitas cahaya yang diterima oleh daun mengakibatkan pengurangan tingkat ketebalan daun yang disebabkan perkembangan sel parenkim terganggu. Pada intensitas cahaya rendah tanaman hanya mampu mengembangkan satu lapisan jaringan palisade sedangkan pada intensitas cahaya tinggi tanaman mampu mengembangkan dua lapisan jaringan palisade (Weaver dan Clements, 1986). Jaringan palisade banyak mengandung kloroplas yang sangat penting dalam meningkatkan efisiensi fotosintesis (Bolhar- Nordenkampf dan Draxler, 1993).

Intensitas cahaya yang tinggi juga mengakibatkan tanaman kehilangan energi akibat terjadi fotorespirasi. Peristiwa fotorespirasi menghabiskan energi yang cukup besar sehingga tanaman kehilangan sebagian energi untuk pertumbuhannya (Mayoli and Gitau, 2012). Intensitas cahaya juga berkaitan dengan kondisi suhu dan menjadi faktor tingkat evapotranspirasi tanaman. Kepekaan penurunan pertumbuhan luas daun terhadap kondisi kekeringan disebabkan oleh penurunan tekanan turgor sel daun karena penurunan kadar air daun. Hal ini menyebabkan terjadinya penghambatan penyerapan CO_2 oleh stomata dan non stomata, sehingga laju fotosintesis menurun (Barlow dan Boersma, 1976).

Fotorespirasi adalah sejenis respirasi pada tumbuhan yang dibangkitkan oleh penerimaan cahaya yang diterima oleh daun. Diketahui pula bahwa kebutuhan energi dan ketersediaan oksigen dalam sel juga mempengaruhi fotorespirasi. Walaupun menyerupai respirasi (pernafasan) biasa, yaitu proses oksidasi yang melibatkan oksigen, mekanisme respirasi karena rangsangan cahaya ini agak berbeda dan dianggap sebagai proses fisiologi tersendiri. Tingkat CO_2 yang menurun dalam daun akan mengurangi bahan ke siklus calvin, sehingga membuat keadaan ini memburuk karena rubisco dapat menerima O_2 sebagai pengganti CO_2 . Konsentrasi O_2 yang melebihi konsentrasi CO_2 dalam ruang udara di daun, rubisco menambahkan O_2 pada siklus Calvin dan bukannya CO_2 (Utomo, 2011). Produknya terurai satu potong senyawa berkarbon 2, dikirim keluar dari kloroplas. Mitokondria dan periksisom kemudian memecah molekul berkarbon 2 menjadi CO_2 . Proses ini disebut fotorespirasi karena prses ini terjadi dalam cahaya (foto) dan mengkonsumsi O_2 (respirasi). Akan tetapi tidak seperti respirasi seluler, fotorespirasi tidak menghasilkan ATP. Fotorespirasi merupakan jalur alternatif untuk memproduksi *glyceraldehyde 3-phosphate* (G3P) oleh rubisco yang merupakan enzim utama untuk reaksi terang dalam fotosintesis II (juga dikenal sebagai siklus Calvin atau Primary Carbon Reduction/PCR siklus) (Habibi, 2009). Menurut Cleland *et al.*, (1998) menyatakan bahwa aktifitas rubisco meningkat seiring dengan meningkatnya cahaya. Ciri utama rubisco adalah kemampuannya mengkatalisis *ribulose-1,5-bisfosfat karboksilase* maupun oksigenase (Taiz and Zaiger 2006).

Rubisco lebih menyukai karbon dioksida dibandingkan oksigen, (kira-kira 3 *carboxylasi setiap oxygenasi*), oxygenase oleh rubisco juga sering terjadi dan memproduksi satu glycolate dan satu glycerate sehingga fotorespirasi tidak menghasilkan ATP (fotorespirasi). Hal ini biasanya terjadi ketika tingkat oksigen tinggi sebagai contoh, ketika stomata tertutup untuk mencegah transpirasi berlebih pada temperatur tinggi dan hari kering (Schulz *et al.*, 2002). Respon ini adalah respon O_2 yang berhubungan dengan kompetisi antara O_2 dan CO_2 terhadap enzim rubisco dalam siklus Calvin. Pada reaksi fotosintesis, CO_2 bereaksi dengan RuBP dan membentuk 2 molekul 3PGA. Sedangkan dalam proses fotorespirasi, O_2 menggantikan CO_2 untuk bereaksi dengan RuBP (Departemen of Biologi Marietta College dalam Utomo, 2011). Reaksi ini melibatkan tiga organel sel pada daun yaitu kloroplas, peroxisom dan mitokondria.



Gambar 2.3 Siklus dalam fotorespirasi (Utomo, 2011)

2.5 Hipotesis

Berdasarkan rumusan masalah diatas didapatkan hipotesis yaitu:

1. Terdapat interaksi antara naungan tingkat naungan dan macam klon terhadap pertumbuhan dan karakter anatomi bibit kopi robusta.
2. Terdapat pengaruh tingkat naungan terhadap pertumbuhan dan karakter anatomi bibit kopi robusta.
3. Terdapat pengaruh macam klon terhadap pertumbuhan dan karakter anatomi bibit kopi robusta.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni-November 2015 yang bertempat di Kelurahan Antirogo, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember. Untuk kegiatan pengamatan anatomis dilakukan di Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Jember.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan antara lain: klon kopi robusta BP 358 dan BP 308 berumur empat bulan, paranet hitam, kertas HVS, tanah, kuteks bening, plastik klip, amplop dan pupuk kandang.

Alat yang digunakan dalam penelitian kali ini terdiri dari polibag, timbangan analitik, jangka sorong, lux meter, termometer bola basah bola kering, penggaris, mikroskop, deglass, ice box, objek glass, laptop, aplikasi optilab, oven, gunting, kamera dan alat-alat pendukung lainnya.

3.3 Rancangan Penelitian

Perlakuan percobaan diatur dalam rancangan petak terpisah (*Split Plot*) dengan pola dasar Rancangan Acak Lengkap (RAL), terdiri dari dua faktor yaitu tingkat naungan sebagai petak utama dan macam klon sebagai anak petak. Faktor tingkat naungan terdiri dari empat taraf, sedangkan macam klon bibit kopi yang digunakan terdiri atas dua klon, sehingga terdapat delapan kombinasi perlakuan dengan empat ulangan.

Faktor tingkat naungan diberi simbol N yang terdiri dari empat taraf, yaitu:

- a. N0 : tempat pembibitan tanpa naungan atau 0 lapis naungan paranet
- b. N1 : tempat pembibitan dengan naungan satu lapis naungan paranet
- c. N2 : tempat pembibitan dengan naungan dua lapis naungan paranet
- d. N3 : tempat pembibitan dengan naungan tiga lapis naungan paranet

Faktor klon diberi simbol K terdiri atas dua klon, yaitu:

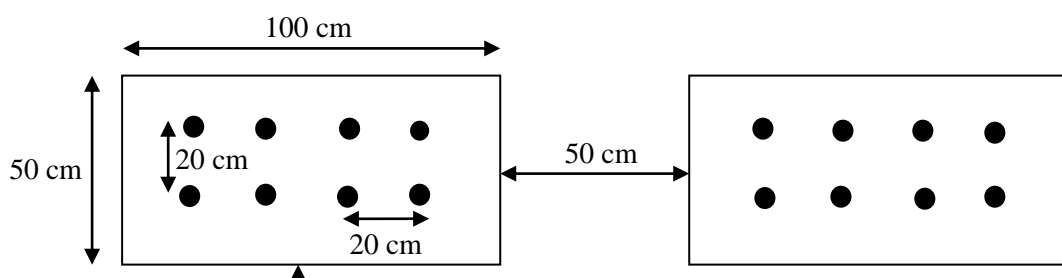
- a. K1 : Klon BP 358

b. K2 : Klon BP 308

Adapun kombinasi perlakuan antara tingkat naungan dan macam klon kopi, yaitu :

- a. N0K1 : bibit kopi diletakkan pada tempat tanpa naungan dan klon kopi BP 358.
- b. N0K2 : bibit kopi diletakkan pada tempat tanpa naungan dan klon kopi BP 308.
- c. N1K1 : bibit kopi diletakkan pada tempat dengan naungan paranet satu lapis dan klon kopi BP 358.
- d. N1K2 : bibit kopi diletakkan pada tempat dengan naungan paranet satu lapis dan klon kopi BP 308.
- e. N2K1 : bibit kopi diletakkan pada tempat dengan naungan paranet dua lapis dan klon kopi BP 358.
- f. N2K2 : bibit kopi diletakkan pada tempat dengan naungan paranet dua lapis dan klon kopi BP 308.
- g. N3K1 : bibit kopi diletakkan pada tempat dengan naungan paranet tiga lapis dan klon kopi BP 358.
- h. N4K2 : bibit kopi diletakkan pada tempat dengan naungan paranet tiga lapis dan klon kopi BP 308.

Adapun gambar *layout* per petak percobaan (skala 1:20) adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. *Layout* petak percobaan (Keterangan ● = bibit kopi)

Berikut ini adalah denah percobaan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

N0K1 (1)	N0K1 (4)	N0K1 (3)	N0K2 (4)
N0K2 (1)	N0K1 (2)	N0K2 (2)	N0K2 (3)

N3K1 (2)	N3K2 (3)	N3K2 (2)	N3K1 (4)
N0K2 (1)	N0K1 (2)	N0K2 (2)	N3K2 (4)

N1K2 (2)	N1K1 (1)	N1K1 (3)	N1K2 (1)
N1K1 (4)	N1K2 (3)	N1K1 (2)	N1K2 (4)

N2K2 (3)	N2K2 (1)	N2K1 (4)	N2K1 (1)
N0K2 (1)	N0K1 (2)	N0K2 (2)	N0K2 (3)

Gambar 3.2.
(Keterangan:
utama)

□ Denah petak penelitian
= anak petak, □ = petak

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan analisis varian (ANOVA). Apabila antar perlakuan berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan uji beda nyata DMRT dengan taraf kepercayaan 95%.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan Tempat Pembibitan

Pembibitan tanaman kopi robusta yang digunakan berupa bangunan yang terbuat dari bambu dengan ukuran panjang 100 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 150 cm sebanyak empat petak. Pada bagian atap dan samping bangunan diberi naungan sesuai perlakuan. Naungan yang digunakan berupa paranet plastik berwarna hitam. Sedangkan pada perlakuan tanpa naungan tidak beri lapisan paranet.



Gambar 3.3 Tempat pembibitan tampak samping (A), tampak depan (B), tampak belakang(C)

3.4.2 Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari, Suhu, dan Kelembaban Relatif

Pengukuran suhu dan kelembaban relatif menggunakan termometer bola basah bola kering (Gambar 3.4A). Pengukuran intensitas cahaya matahari menggunakan alat *Lux Meter* Lutron LX-101 (Gambar 3.4B). Pengukuran ketiganya dilakukan pada masing-masing petak utama setiap satu minggu sekali selama 2 bulan.



Gambar 3.4 Pengukuran suhu dan kelembapan relatif (A) serta intensitas cahaya (B)

3.4.3 Pemeliharaan

Pemeliharaan bibit kopi robusta meliputi penyiraman, pemupukan, penyiangan dan pengendalian hama. Penyiraman dilaksanakan dengan

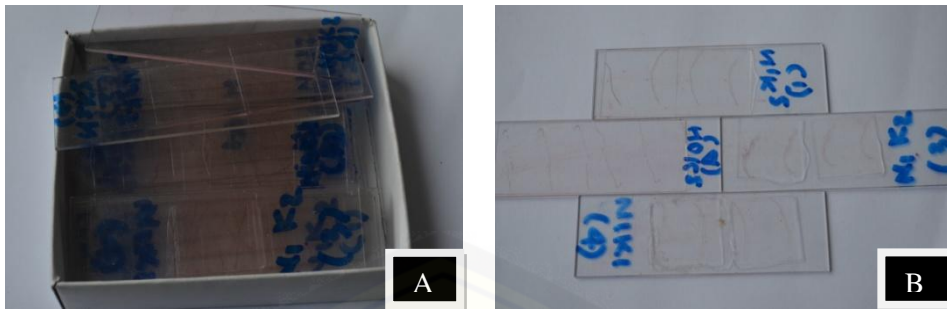
menambahkan air pada media tanam bibit kopi sampai kapasitas lapang dan dilakukan pada pagi hari atau sore hari (Gambar 3.5A). Pemupukan dilakukan setiap dua minggu sekali selama pengamatan menggunakan pupuk urea 2 g/tanaman (Gambar 3.5B). Untuk kegiatan penyiangan dilakukan secara mekanik dengan mencabut gulma yang tumbuh di disekitar bibit. Sedangkan pengendalian hama terutama kutu putih dilakukan dengan cara menyemprot insektisida kimia setiap dua minggu sekali (Gambar 3.5C)



Gambar 3.5 Penyiraman bibit kopi robusta pada sore hari (A), aplikasi urea 2g/tanaman (B) dan hama kutu putih yang menyerang batang bibit kopi(C)

3.4.4 Pengambilan Sampel Daun untuk Pengamatan Jaringan

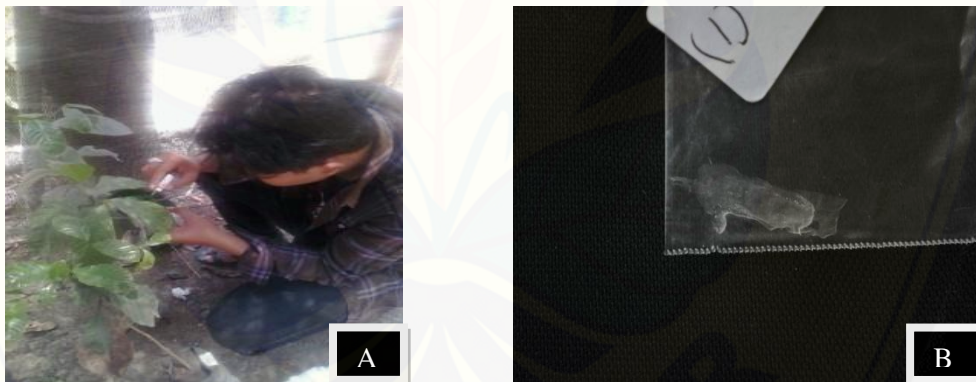
Pengambilan sampel daun untuk pengamatan jaringan palisade, jaringan spons dan jaringan parenkim dengan mengambil lima daun teratas. Pengambilan daun diambil hampir setengah ukuran daun kemudian diletakkan di plastik lalu disimpan di ice box. Setelah sampel daun didapatkan kemudian sampel daun dibawa ke SMK analisis untuk penerapan mikroteknik dengan tujuan agar sampel daun tersimpan pada parafin dan memiliki keawetan sebelum pemotongan menggunakan mikrotom. Setelah sampel daun tersimpan pada parafin kemudian dilakukan pemotongan menggunakan alat mikrotom yang bertujuan memotong jaringan tanaman dengan sangat tipis sehingga memudahkan dalam pengamatan jaringan palisade, jaringan spons dan jaringan parenkim pada mikroskop. Kemudian pengamatan jaringan palisade, jaringan spons dan jaringan parenkim dilakukan di Fakultas MIPA, Jurusan Biologi, Laboratorium Zoologi dengan menggunakan mikroskop elektrik.



Gambar 3.6 Hasil pemotongan jaringan tanaman dengan mikrotom (A dan B)

3.4. 5 Pengambilan Sampel untuk Pengamatan Stomata

Memilih daun yang memperoleh sinar matahari langsung atau tidak ternaungi kemudian mengolesi dengan kuteks bening pada bagian bawah daun. Kemudian membiarkan kuteks beberapa menit agar kering. Setelah kuteks tersebut kering kemudian diambil dengan pinset dan dimasukkan ke dalam plastik sesuai dengan perlakuannya. Kuteks yang tercetak stomata tersebut kemudian diamati dengan menggunakan mikroskop.



Gambar 3.7 Pengambilan sampel stomata pada daun dengan menggunakan kuteks bening (A) dan hasil kuteks stomata pada daun (B)

3.5 Variabel Pengamatan

Pada penelitian ini terdapat variabel pengamatan utama dan variabel pengamatan pendukung. Variabel pengamatan utama meliputi:

1. Tinggi Tanaman (cm)

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan dengan cara mengukur bibit kopi dari pangkal batang sampai pucuk menggunakan penggaris. Pengukuran variabel parameter ini dilakukan setiap satu minggu sekali.

2. Diameter Batang (mm)

Pengukuran diameter batang menggunakan alat jangka sorong. Batang bibit kopi yang diukur pada ketinggian 2 cm dari leher akar. Pengukuran diameter batang dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pada awal dan akhir pengamatan.



Gambar 3.8 Pengukuran diameter batang bibit kopi robusta pada akhir pengamatan

3. Jumlah Daun (helai)

Pengukuran jumlah daun kopi dilakukan dengan menghitung daun kopi yang terbentuk. Pengukuran variabel pengamatan ini dilakukan diakhir pengamatan.

4. Luas Daun

Pengukuran luas daun total dilakukan pada akhir pengamatan dengan cara menggambar daun pada kertas HVS. Kemudian daun daun diletakkan diatas kertas HVS yang sudah diketahui luas dan berat, setelah itu menggambar mengikuti bentuk daun. Hasil gambaran daun tersebut selanjutnya dipotong dan ditimbang beratnya. Daun yang sudah ditimbang kemudian diberi label. Berikut rumusnya.

$$\text{Luas total daun} = \frac{\text{Berat total gambar daun di kertas (g)}}{\text{Berat total kertas (g)}} \times \text{Luas kertas (cm}^2\text{)}$$

5. Berat Basah Akar, Pucuk dan Total

Penimbangan berat basah dilakukan di akhir pengamatan. Berat basah total dilakukan penimbangan dengan menimbang seluruh bagian bibit kopi, berat pucuk dengan menimbang pucuk bibit tanaman dan penimbangan akar menggunakan timbangan analitik.

6. Berat Kering Akar, Pucuk dan Total

Penghitungan berat kering dilakukan dengan memasukkan akar, batang dan daun ke dalam kantong kertas, di oven pada suhu 80°C selama 48 jam. Selanjutnya menimbang menggunakan timbangan analitik hingga diperoleh berat kering (gram/polibag).

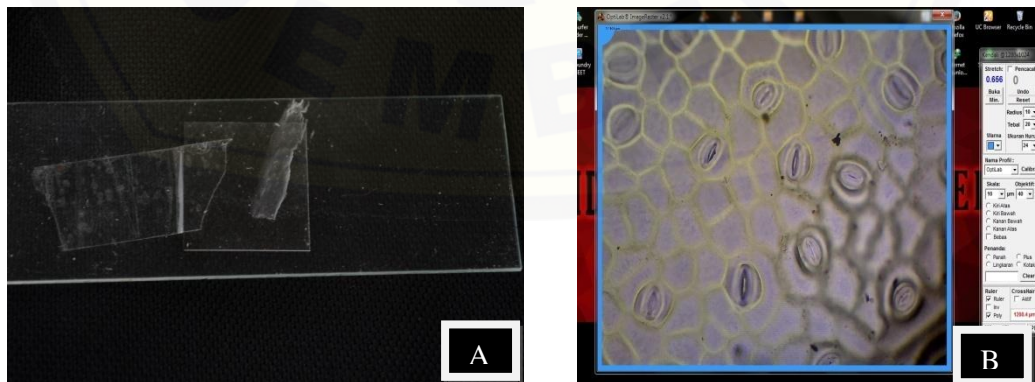
7. Jaringan Palisade, Spons dan Parenkim

Pengamatan jaringan palisade, spons dan parenkim dengan menggunakan preparat yang sudah ada. Pengamatan tersebut menggunakan mikroskop dengan 400x. Setelah didapatkan gambar palisade, spons dan parenkim dilakukan pengukuran dengan optilab viewer.

8. Densitas Stomata

Densitas stomata dilakukan dengan mengamati hasil kuteks pada daun. Kemudian mengamati dengan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x yang tersambung dengan laptop. Mengambil gambar stomata dengan aplikasi optilab viewer, kemudian menghitung jumlah stomata serta luas bidang pandang. Densitas stomata diketahui dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Luas total daun} = \frac{\text{Jumlah hasil perhitungan stomata}}{\text{Luas bidang pandang(mm}^2\text{)} \times 100000}$$



Gambar 3.9 Sampel stomata yang akan diamati (A) dan hasil pengamatan stomata melalui mikroskop (B)

Variabel pengamatan pendukung terdiri dari:

1. Intensitas Cahaya Matahari

Data intensitas cahaya matahari diambil pada pagi hari pukul 8.00, siang hari pukul 12.00, dan sore hari pukul 16.00. Nilai persentase intensitas cahaya (%) pada masing – masing plot dihitung dengan rumus :

$$\text{Intensitas cahaya} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

A = intensitas cahaya di atas tajuk bibit kopi pada masing-masing petak

B = intensitas cahaya penuh (tanpa naungan)

2. Suhu dan Kelembaban Relatif

Data suhu dan kelembaban udara diambil pada pagi hari pukul 6.00, siang hari pukul 12.00, dan sore hari pukul 18.00. Untuk nilai kelembaban relatif didapat dengan mencocokkan hasil pengukuran yang ditunjukkan termometer bola basah dan bola kering dengan tabel. Menurut Swarinoto dan Sugiyono (2011), untuk nilai rerata harian suhu udara dihitung dengan rumus:

$$\text{Suhu udara} = \frac{2 \times \text{suhu pagi} + \text{siang} + \text{sore}}{4}$$

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang diperoleh, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Interaksi antara tingkat naungan dan macam klon tidak memberikan respon yang nyata terhadap pertumbuhan dan karakter anatomi bibit kopi robusta.
2. Penggunaan satu lapis naungan paranet dengan intensitas cahaya 68,81% memberikan hasil lebih baik terhadap pertumbuhan bibit kopi robusta, sedangkan tanpa naungan memberikan respon terbaik pada karakter anatomi.
3. Pertumbuhan dan karakter anatomi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap macam klon bibit kopi robusta.

5.2 Saran

Sebaiknya pada penelitian selanjutnya digunakan klon yang memiliki sifat jauh berbeda agar bisa mengetahui klon mana yang paling baik untuk pembibitan kopi robusta. Selain itu, penggunaan naungan dengan paranet satu lapis dapat digunakan sebagai rekomendasi teknis pembibitan kopi robusta karena dinilai efisien untuk diterapkan dalam kegiatan budidaya tanaman kopi, sehingga diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi kepada petani kopi. Untuk kedepannya, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah variabel pengamatan yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Aak. 1988. *Budidaya Tanaman Kopi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Ariany, S.P., N. Sahiri, dan A. Syukur. 2013. Pengaruh Kuantitas Cahaya Terhadap Pertumbuhan dan Kadar Antosianin Daun Dewa. *Agrotekbis*, 1 (5) : 413-420.
- Arif, M. C.W., M. Tarigan, R. Saragih, I. Lubis, dan F. Rahmadani. 2011. *Panduan Sekolah Lapang Budidaya Kopi Konservasi, Berbagi Pengalaman dari Kabupaten Dairi Provinsi Sumatera Utara*. Jakarta: Conservation International.
- BALITRI. 2012. *Pengaturan Intensitas Cahaya pada Pembibitan Kopi*. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Baliza, D.P., R.L. Cunha, R.J. Guimaraes, J.P.R.A.D. Barbosa, F.W. Avila dan A.M.A. Passos. 2012. Physiological Characteristics and Development of Coffee Plants Under Different Shading Levels. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7 (1) : 37 – 43.
- Barlow, E.W dan L. Boersma. 1976. Interaction Between Leaf Elongation Photosynthesis and Carbohydrate Level of Water Stressed Corn at Seedling. *Agronomy Journal*, 78: 76-81.
- Bolhar-Nordenkamp, H.R dan G. Draxler. 1993. Fuctional Leaf Anatomy. In: D.O. Hall, J.M.O. Scurlock, H.R. Bolhar-Nordenkamf, R.C. Leegood, S.P.Long (eds.) Photosythesis and Production in a Changing Environment a Field and Laboratory Manual. *Madras*. 91-112.
- Bote, A.D dan P.C. Struik. 2011. Effects of Shade on Growth, Production and Quality of Coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. *Horticulture and Forestry*, 3 (11) : 336 – 341.
- Callan, E. J dan C.W. Kennedy. 1995. Intercropping Stokes Aster: Effect of Shade on Photosythesis and Plant Morphology. *Crop Sci*, 35:1110-1115.
- Carelli, M.L.C., R.B.Q Voltan, J.I. Fahl dan P.C.O Trivelin. 2003. Leaf Anatomy and Carbon Istope Composition in Coffee Species Related to Photosynthetic Pathway. *Plant Physiol*, 15(1): 19-24.
- Cleland, W.W. T.J. Andrews., S. Gutteridge., F.C. Hartman dan G.H. Lorimer. 1998. Mechanism of Rubisco:The Carbamat as General Base. *Chem Rev*, 98: 549-561.

Cruz, P. 1997. Effect of Shade on The Growth and Mineral Nutrition of C₄ Perennial Grass Under Field Conditions. *Plant and Soil*, (188) : 227 – 237.

Cunningham, S.C., and J. Read. 2002 Comparison of Temperate and Tropical Rainforest Tree Species: Photosynthetic Responses to Growth Temperature. *Oecologia* 7 (1) : 112–119.

DaMatta, F. M. 2004. Ecophysiological Constraints On The Production Of Shaded and Unshaded Coffee :A Review. *Field Crops Res*, 86: 99-114.

DaMatta, F. M., C. P. Ronchi, M. Maestri dan R. S. Barros. 2007. Ecophysiology Of Coffee Growth and Production. *Plant Physiology*, 19 (4): 485-510.

DaMatta, F.M., C.P. Ronchi, M. Maestri dan R.S. Barros. 2008. Ecophysiology of Coffee Growth and Production. *Plant Physiol*, 19 (4) : 485 – 510.

Daubenmire, R.T. 1967. *Plant and Environment*. London: John Willey and Sons, Inc.

Dewi, I.K dan Sumarjan. 2011. Kajian Peranan *Evaporative Pad* Terhadap Iklim Mikro dan Budidaya Jamur Kuping Hitam (*Auricularia auricula*). *Crop Agro*, 4(1) : 22 – 29.

Ferita, I., N. Akhir, H. Fauza, dan E. Sofyanti. 2009. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Pertumbuhan Bibit Gambir (*Uncaria gambir* Roxb). *Jerami*, 2 (2) : 249 – 254.

Ferlianto, L.R. 2006. *Komoditi Investasi Paling Prospektif*. Jakarta: Elex Media Komputindo

Gardner, F.P., R.B. Perace dan R.L. Mitchell. 1991. *Physiology of Crop Plants*. Iowa: Iowa State University Press.

Goldsworthy, P.R dan Fisher N.M. 1992. *The Physiology of Tropical Field Crops*. John Wiley: Sons, Inc.

Habibi, P. 2009. *Tesis: Kajian Fotorespirasi pada Kopi Robusta dengan Naungan Berbeda*. Universitas Jember: Jember.

Hulupi, R. 1999. Bahan Tanam Kopi yang Sesuai untuk Agroklimat di Indonesia. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 15 (1): 64-81.

Inaba, K. 1984. Effect of Shading on Leaf Anatomy in Konjak Plants (*Amorphophallus konjac*). *Japanasr J. Crop Sci*, 53(3): 243-248.

Iriawati. 2009. Materi Kuliah Struktur dan Fungsi Daun. SITH. ITB. Bandung.

Iskandar, S. H. 1988. *Beberapa Aspek Budidaya Tanaman Perkebunan*. Bogor: IPB.

Joko, N., J. Lumbanbatu., dan S. Sri. 2009. Pengaruh suhu dan lama penyangraian terhadap sifat-mekanis biji kopi. *Seminar Nasional dan Gelar Teknologi PERTETA. 2009*, p 217-218.

Lambers, H., F.S. Chapin III and T.L. Pons. 2008. *Plant Physiological Ecology*. Springer: New York.

Mahfud, M. C. 2012. Teknologi dan Strategi Pengendalian Penyakit Karat Daun untuk Meningkatkan Produksi Kopi Nasional. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 3(1): 44-57.

Marjenah. 2001. Pengaruh Perbedaan Naungan di Persemaian terhadap Pertumbuhan dan Respon Morfologi Dua Jenis Semai Meranti. *Rimba Kalimantan*, 6 (2) : 184 – 189.

Mawardi, 2004. *Temu Karya Kopi VI*. di Jakarta, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.

Mayoli, R.N., and Gitau K.M. 2012. The Effect of Shade Trees on Physiology of Arabica Coffee. *Hort. Sci.*, 2012 (6) : 35 – 42.

Morais, H., M.E. Medri, C.J. Marur., P.H. Caramori., A.M de Arrura Ribeiro., J.C. Gomes. 2004. Modifications on Leaf Anatomy of Coffea Arabica caused by Shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 47(6): 863-871.

Muschler RG. 1995. Efectos de diferentes niveles de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* vars. Caturra y Catimor. In: II. *Semana Científica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*, pp 158–160.

Noviyanti, R., Yuliani, E. Ratnasari, dan H. Ashari. 2014. Pengaruh Pemberian Naungan terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Stroberi Varietas Dorit dan Varietas Lokal Berastagi. *Lentera Bio*, 3 (3) : 242 – 247.

Nursal, J., W.Q. Muknisjah, M.A. Chozin, I. Anas, R. Boer, dan M.V. Noordwijk. 2003. Sistem Agroforestri Berbasis Kopi: Iklim Mikro dan Simulasi Model dengan WaNuLCAS. *Prosiding Seminar Nasional hasil - hasil penelitian dan pengkajian Teknologi Spesifik Lokasi*.

Nurshanti, D.F. 2011. Pengaruh Beberapa Tingkat Naungan Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.) di Polibag. *Agronobis*, 3 (5) : 12 – 18.

Pamuji, S., dan B. Saleh. 2010. Pengaruh Intensitas Naungan Buatan dan Dosis Pupuk K terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jahe Gajah. *Akta Agrosia*, 13 (1): 62 – 69.

Parnik, T., H. Inanova., H. Keerbeg., O. Keerbeg, and J. Viil. 2003. Reduced Activity of Glycine decarboxylase: Effects on Photosynthesis and Respiration in Potato Leaves. Institute of Experimental Biology, Estonian Agricultural University. Harku, Estonia.

Pompelli, M. F., S. C. V.Martins, E. F.Celin, M. C.Ventrella, and F. M. DaMatta. 2010. What Is The Influence Of Ordinary Epidermalcells and Stomata On The Leaf Plasticity Of Coffee Plantsgrown Under Full-Sun and Shady Conditions. *Biology*, 70 (4): 1083-1088.

Prastowo, B., E., Karmawati, Rubijo, Siswanto, C. Indrawanto, dan S. J., Munarso. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kopi*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.

Prawoto, A, A. 2008. Hasil Kopi dan Siklus Hara Mineral dari Pola Tanam Kopi dengan Kandungan Beberapa Spesies Tanaman Kayu Industri. *Pelita Perkebunan*, 24 (1): 1-21.

Prawoto. A, A. 2007. *Materi Kuliah Fisiologi Tumbuhan*. Puslit Koka Indonesia, Jember

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2003. Klon-Klon Unggul Kopi Robusta dan Beberapa Pilihan Komposisi Klon Berdasarkan Kondisi Lingkungan. *No Seri 02.022.2-303*.

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2006. *Pedoman Teknis Tanaman Kopi*. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2009. Produk Benih Kopi yang Dapat Diperoleh. <http://www.iccri.net>. Diakses tanggal 16 Mei 2015.

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2013. Bahan Tanam Kopi. <http://www.iccri.net>. Diakses tanggal 16 Mei 2015.

Putri, Devi. 2013. Jenis dan Karakteristik Kopi Robusta. <http://aneka-tanaman-perkebunan.blogspot.co.id/2014/11/jenis-dan-karakteristik-kopi-robusta.html>. Diakses tanggal 16 Mei 2015.

Rahardjo, P. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Jakarta: Penebar Swadaya.

Rosman, R., Setyono dan H. Suhaeni. 2004. Pengaruh Naungan dan Pupuk Posfor Terhadap Perumbuhan Tanaman Nilam. *Buletin TRO*, 15(1).

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

Schluz, E-D., E. Beck., and Mohenstein-Muler. K. 2002. *Plant Ecology*. Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg. Springer Berlin, Heidelberg.

Staver, C., F. Guharay, D. Monterroso, R. G. Mumschler, and J. Beer. 2001. Designing Pest-Suppressive Multistrata Perennial Crop Systems: Shade-Grown Coffee in Central America. *Agroforestry Syst*, 53: 151-170.

Sudomo, A. 2009. Pengaruh Naungan terhadap Pertumbuhan dan Mutu Bibit Manglid (*Manglieta glauca* BI). *Hutan Tanaman 2* (2) : 59 – 66.

Swarinoto, Y.S., dan Sugiyono. 2011. Pemanfaatan Suhu Udara dan Kelembaban Udara dalam Persamaan Regresi untuk Simulasi Prediksi Total hujan Bulanan di Bandar Lampung. *Meteorologi dan Geofisika*, 12 (3) : 271 – 281.

Syawal, Y. 2006. Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora* Pierre) dan Gulma yang Bermanfaat pada Tanah yang Dipupuk Urea. *Agrivigor*, 5(3): 293-299.

Taiz, L., and E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology: Fourth Edition; Unit II. Biochemistry and Metabolism; Photosynthesis: Physiological and Ecological Considerations*. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts. pp. 197-218.

Utomo, B. 2007. *Fotosintesis Pada Tumbuhan*. Fakultas Pertanian: Universitas Sumatra Utara.

Utomo, S.B. 2011. Dinamika Suhu Udara Siang-Malam terhadap Fotorespirasi Fase Generatif Kopi Robusta di Bawah Naungan yang Berbeda pada Sistem Agroforestri. Skripsi Universitas Jember. <http://digilib.unej.ac.id>. Diakses tanggal 15 Mei 2015.

Wachjar, A., Y. Setiadi, dan L. W. Mardhikanto. 2002. Pengaruh Pupuk Organik dan Intensitas Naungan Terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froenher). *Bul Agron*, 30 (1): 6-11.

Weaver J.E dan F.E. Clement. 1986. *Plant Ecology. 2nd Edition*. Tata McGraw-Hill Publishing Company, Ltd. New Delhi.

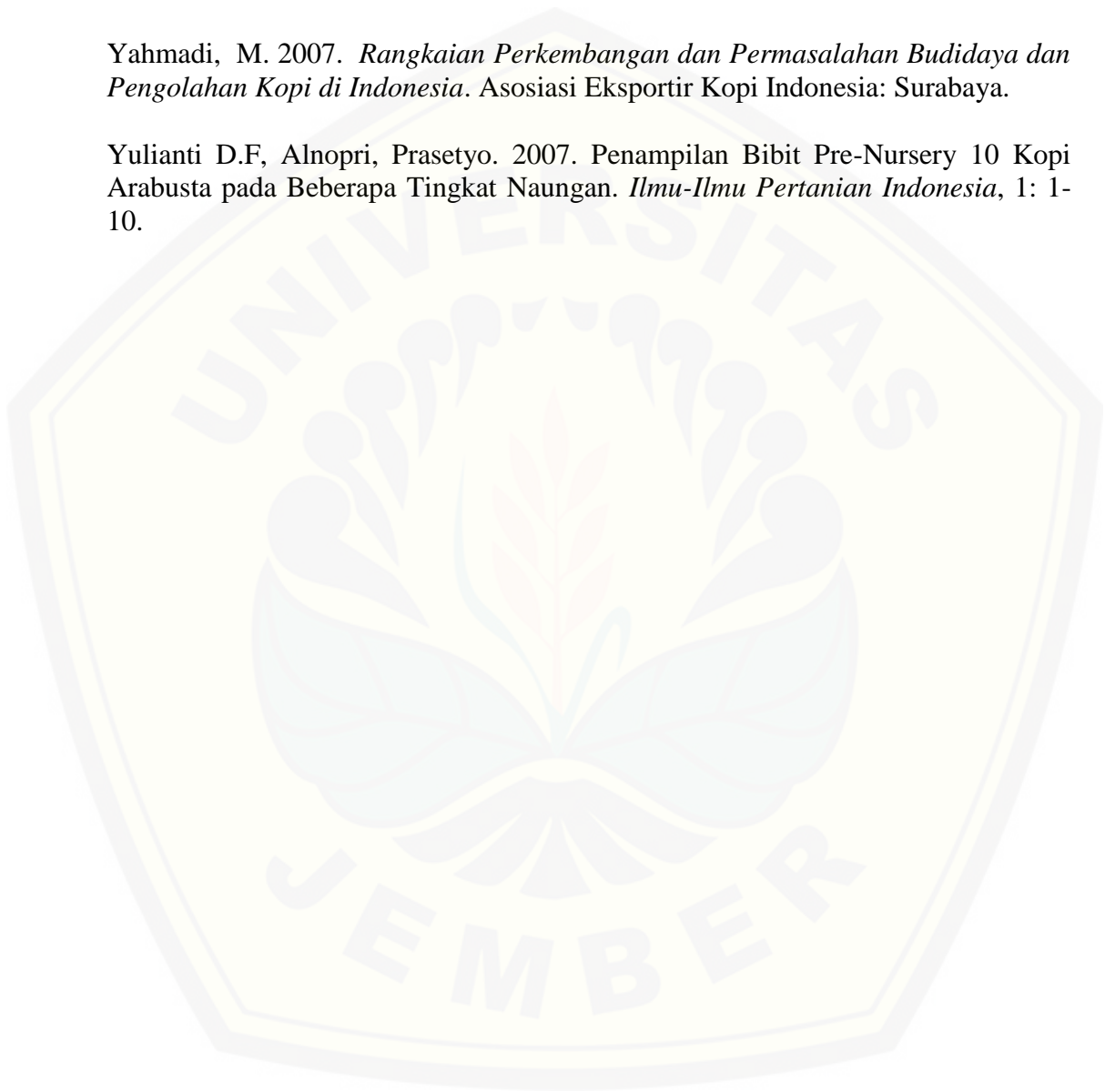
Widiastuti, L., Tohari dan E. Sulistyaningsih. 2004. Pengaruh Intensitas Cahaya dan Kadar Daminosida Terhadap Iklim Mikro dan Pertumbuhan Tanaman Krisan Dalam Pot. *Ilmu Pertanian*, 11(2): 35-42.

Winaryo, S. 1986. Permasalahan Jarak Tanam Sempit pada Kopi Arabika (*Cofea arabica* L.). *Pelita Perkebunan*, 2 (1): 1- 9.

Wintgens, J. N. 2010. *Coffee: Growing, Processing, Sustainable, Production A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Reseacher*. Wiley-VCH: Weinheim.

Yahmadi, M. 2007. *Rangkaian Perkembangan dan Permasalahan Budidaya dan Pengolahan Kopi di Indonesia*. Asosiasi Eksportir Kopi Indonesia: Surabaya.

Yulianti D.F, Alnopri, Prasetyo. 2007. Penampilan Bibit Pre-Nursery 10 Kopi Arabusta pada Beberapa Tingkat Naungan. *Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 1: 1-10.



Lampiran 1. Data Pengamatan Iklim Mikro

1. Data pengamatan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Minggu ke-	N0				N1				N2				N3			
	pagi	siang	sore	SH	Pagi	siang	sore	SH	pagi	siang	sore	SH	pagi	siang	sore	SH
1	26,00	30,00	26,00	27,00	26,00	28,00	26,00	26,50	25,00	29,00	26,00	26,25	25,00	30,00	20,00	25,00
2	23,00	28,00	24,00	24,50	23,00	27,00	24,00	24,25	23,00	26,00	24,00	24,00	23,00	26,00	24,00	24,00
3	22,00	32,00	23,00	24,75	22,00	31,00	22,00	24,25	22,00	31,00	22,00	24,25	22,00	30,00	21,00	23,75
4	23,00	30,00	23,00	24,75	23,00	29,00	22,00	24,25	23,00	29,00	21,00	24,00	23,00	29,00	21,00	24,00
5	23,00	28,00	23,00	24,25	23,00	28,00	23,00	24,25	23,00	28,00	22,00	24,00	23,00	27,00	22,00	23,75
6	24,00	34,00	24,00	26,50	23,00	33,00	23,00	25,50	23,00	32,00	22,00	25,00	22,00	32,00	22,00	24,50
7	22,00	35,00	25,00	26,00	22,00	34,00	25,00	25,75	22,00	34,00	25,00	25,75	22,00	33,00	25,00	25,50
8	25,00	33,00	25,00	27,00	24,00	33,00	24,00	26,25	24,00	32,00	23,00	25,75	23,00	32,00	23,00	25,25
Rerata	23,50	31,25	24,13	25,59	23,25	30,38	23,63	25,13	23,13	30,13	23,13	24,88	22,88	29,88	22,25	24,47

Keterangan:

N0 : tempat pembibitan tanpa naungan

N1 : tempat pembibitan dengan naungan satu lapis paranet

N2 : tempat pembibitan dengan naungan dua lapis paranet

N3 : tempat pembibitan dengan naungan tiga lapis paranet

SH : suhu harian ($^{\circ}\text{C}$)

2. Data pengamatan kelembaban relatif (%)

Minggu ke-	N0				N1				N2				N3			
	pagi	siang	sore	KH	Pagi	Sian g	sore	KH	pagi	siang	sore	KH	pagi	siang	sore	KH
1	81,00	72,00	82,00	78,33	81,00	73,00	82,00	78,67	82,00	75,00	82,00	79,67	82,00	75,00	91,00	82,67
2	90,00	82,00	90,00	87,33	90,00	82,00	90,00	87,33	90,00	90,00	100,00	93,33	90,00	91,00	100,00	93,67
3	90,00	57,00	93,00	80,00	91,00	62,00	93,00	82,00	93,00	62,00	93,00	82,67	93,00	63,00	93,00	83,00
4	100,00	52,00	83,00	78,33	100,00	52,00	83,00	78,33	100,00	54,00	84,00	79,33	100,00	56,00	84,00	80,00
5	100,00	64,00	79,00	81,00	100,00	64,00	80,00	81,33	100,00	64,00	80,00	81,33	100,00	65,00	80,00	81,67
6	90,00	51,00	67,00	69,33	90,00	52,00	74,00	72,00	100,00	52,00	74,00	75,33	100,00	52,00	74,00	75,33
7	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	100,00	93,33	90,00	93,00	100,00	94,33	100,00	93,00	100,00	97,67
8	82,00	51,00	94,00	75,67	82,00	51,00	94,00	75,67	82,00	51,00	95,00	76,00	82,00	52,00	96,00	76,67
Rerata	90,38	64,88	84,75	80,00	90,50	65,75	87,00	81,08	92,13	67,63	88,50	82,75	93,38	68,38	89,75	83,83

Keterangan:

N0 : tempat pembibitan tanpa naungan

N1 : tempat pembibitan dengan naungan satu lapis paranet

N2 : tempat pembibitan dengan naungan dua lapis paranet

N3 : tempat pembibitan dengan naungan tiga lapis paranet

KH : kelembaban harian (%)

3. Data pengamatan intensitas cahaya (Lux)

Minggu ke	N0			ICH	N1			ICH
	Pagi	siang	Sore		pagi	siang	sore	
1	2747,00	40667,00	1064,00	14826,00	1570,80	30872,60	620,40	11021,27
2	1342,00	119500,00	4490,00	41777,33	818,40	79200,00	2827,00	27615,13
3	2377,00	29400,00	2270,00	11349,00	1533,40	21824,00	1447,60	8268,33
4	1559,00	122633,00	4353,00	42848,33	930,60	92252,60	2730,20	31971,13
5	623,00	42400,00	2383,00	15135,33	385,00	24860,00	1617,00	8954,00
6	1701,00	117666,00	1049,00	40138,67	1031,80	80740,00	629,20	27467,00
7	2860,00	31900,00	2490,00	12416,67	1722,60	16940,00	1372,80	6678,47
8	2020,00	114600,00	1129,00	39249,67	1190,20	81620,00	730,40	27846,87
Rerata	1903,63	77345,75	2403,50	27217,63	1147,85	53538,65	1496,83	18727,78

Minggu ke	N2			ICH	N3			ICH
	pagi	siang	sore		pagi	siang	sore	
1	910,80	18843,00	372,90	6708,90	165,00	3009,60	52,80	1075,80
2	462,00	56859,00	1419,00	19580,00	74,80	5588,00	242,00	1968,27
3	818,40	12078,00	841,50	4579,30	147,40	2805,00	123,20	1025,20
4	495,00	36300,00	1402,50	12732,50	81,40	6529,60	246,40	2285,80
5	207,90	12111,00	874,50	4397,80	33,00	2560,80	123,20	905,67
6	643,50	47176,80	372,90	16064,40	105,60	10274,00	61,60	3480,40
7	1254,00	10593,00	828,30	4225,10	184,80	3053,60	145,20	1127,87
8	772,20	40095,00	409,20	13758,80	129,80	9746,00	66,00	3313,93
Rerata	695,48	29256,98	815,10	10255,85	115,23	5445,83	132,55	1897,87

Keterangan:

N0 : tempat pembibitan tanpa naungan

N1 : tempat pembibitan dengan naungan satu lapis paranet

N2 : tempat pembibitan dengan naungan dua lapis paranet

N3 : tempat pembibitan dengan naungan tiga lapis paranet

ICH : intensitas cahaya harian (lux)

Lampiran 2. Data Pengamatan dan Analisis Sidik Ragam Semua Variabel Pengamatan

1a. Data pengamatan tinggi tanaman (cm)

Naungan (N)	Klon (K)	Ulangan				Total	Rata-rata
		1	2	3	4		
N0	K1	44,00	40,00	28,00	28,70	140,70	35,18
	K2	37,00	40,00	41,50	46,00	164,50	41,13
N1	K1	54,70	51,50	50,00	45,30	201,50	50,38
	K2	49,00	50,00	51,00	44,00	194,00	48,50
N2	K1	45,00	53,50	50,40	42,00	190,90	47,73
	K2	38,30	41,50	38,00	42,20	160,00	40,00
N3	K1	45,30	40,00	41,50	48,50	175,30	43,83
	K2	38,20	44,50	35,00	37,00	154,70	38,68
Total		351,50	361,00	335,40	333,70	1381,60	

1b. Sidik ragam tinggi tanaman (cm)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	549,18	183,06	20,25	**	3,49	5,95
Error N	12	108,49	9,04				
Anak Petak							
Faktor K	1	38,72	38,72	1,42	tn	4,75	9,33
Faktor NxK	3	211,51	70,50	2,58	tn	3,49	5,95
Error K	12	327,68	27,31				
Total	31	1300,26					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.

2a. Data pengamatan jumlah daun (helai)

Naungan (N)	Klon (K)	Ulangan				Total	Rata- rata
		1	2	3	4		
N0	K1	6,00	5,00	5,00	8,00	24,00	6,00
	K2	6,00	3,00	4,00	7,00	20,00	5,00
N1	K1	9,00	12,00	9,00	10,00	40,00	10,00
	K2	10,00	10,00	13,00	11,00	44,00	11,00
N2	K1	11,00	7,00	14,00	3,00	35,00	8,75
	K2	10,00	11,00	7,00	7,00	35,00	8,75
N3	K1	9,00	16,00	8,00	9,00	42,00	10,50
	K2	13,00	8,00	9,00	5,00	35,00	8,75
Total		74,00	72,00	69,00	60,00	275,00	

2b. Sidik ragam jumlah daun (helai)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	114,34	38,11	6,06	**	3,49	5,95
Error N	12	75,53	6,29				
Anak Petak							
Faktor K	1	1,53	1,53	0,20	tn	4,75	9,33
Faktor NxK	3	8,59	2,86	0,37	tn	3,49	5,95
Error K	12	93,38	7,78				
Total	31	307,72					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.

3a. Data pengamatan luas daun (cm)

Naungan (N)	Klon (K)	Ulangan				Total	Rata- rata
		1	2	3	4		
N0	K1	195,18	236,38	251,56	294,94	978,06	244,51
	K2	162,65	71,57	173,49	188,67	596,38	149,09
N1	K1	496,62	932,52	813,24	550,84	2793,21	698,30
	K2	648,42	847,94	470,60	915,17	2882,13	720,53
N2	K1	1069,14	644,09	1930,09	420,72	4064,04	1016,01
	K2	754,69	596,38	362,16	472,76	2185,99	546,50
N3	K1	442,40	1058,30	526,98	752,52	2780,20	695,05
	K2	661,44	377,34	566,02	182,17	1786,96	446,74
Total		4430,54	4764,51	5094,15	3777,78	18066,98	

3b. Sidik ragam luas daun (cm²)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	1625795,36	541931,79	10,07	**	3,49	5,95
Error N	12	646005,68	53833,81				
Anak Petak							
Faktor K	1	312850,86	312850,86	2,93	tn	4,75	9,33
Faktor NxK	3	270545,15	90181,72	0,85	tn	3,49	5,95
Error K	12	1279966,05	106663,84				
Total	31	4253698,44					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.

4a. Data pengamatan diameter batang (cm)

Naungan (N)	Klon (K)	Ulangan				Total	Rata- rata
		1	2	3	4		
N0	K1	0,50	0,6	0,45	0,59	2,14	0,54
	K2	0,57	0,49	0,52	0,50	2,08	0,52
N1	K1	0,80	0,63	0,61	0,64	2,68	0,67
	K2	0,60	0,61	0,64	0,62	2,47	0,62
N2	K1	0,63	0,58	0,59	0,55	2,35	0,59
	K2	0,53	0,57	0,51	0,6	2,21	0,55
N3	K1	0,55	0,56	0,57	0,57	2,25	0,56
	K2	0,51	0,47	0,53	0,51	2,02	0,51
Total		4,69	4,51	4,42	4,58	18,2	

4b. Sidik ragam diameter batang (cm)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	0,07	0,02	24,77	**	3,49	5,95
Error N	12	0,01	0,00				
Anak Petak							
Faktor K	1	0,01	0,01	4,07	tn	4,75	9,33
Faktor NxK	3	0,00	0,00	0,24	tn	3,49	5,95
Error K	12	0,04	0,00				
Total	31	0,14					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.

5a. Data pengamatan berat basah akar (g)

Naungan (N)	Klon (K)	Replikasi				Total	Rata- rata
		1	2	3	4		
N0	K1	10,50	7,20	9,09	4,25	31,04	7,76
	K2	4,02	9,33	10,56	11,42	35,33	8,83
N1	K1	10,89	14,44	12,46	2,16	39,95	9,99
	K2	12,49	9,76	6,95	9,22	38,42	9,61
N2	K1	10,77	11,18	16,75	2,97	41,67	10,42
	K2	8,93	4,63	2,90	3,94	20,40	5,10
N3	K1	5,37	8,35	8,64	6,46	28,82	7,21
	K2	6,45	2,36	6,58	1,45	16,84	4,21
Total		69,42	67,25	73,93	41,87	252,47	

5b. Sidik ragam berat basah akar (g)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	68,63	22,88	5,64	*	3,49	5,95
Error N	12	48,71	4,06				
Anak Petak							
Faktor K	1	29,05	29,05	1,96	ns	4,75	9,33
Faktor NxK	3	48,03	16,01	1,08	ns	3,49	5,95
Error K	12	178,02	14,83				
Total	31	450,60					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.

6a. Data pengamatan berat basah pucuk (g)

Naungan (N)	Klon (K)	Replikasi				Total	Rata- rata
		1	2	3	4		
N0	K1	25,95	16,27	12,81	9,46	64,49	16,12
	K2	10,19	11,74	15,06	17,50	54,49	13,62
N1	K1	22,97	31,63	30,43	17,37	102,40	25,60
	K2	21,58	29,59	15,98	28,53	95,68	23,92
N2	K1	32,10	20,01	55,38	17,28	124,77	31,19
	K2	25,80	18,43	14,01	16,42	74,66	18,67
N3	K1	14,46	29,07	16,31	19,45	79,29	19,82
	K2	20,33	11,41	17,30	9,75	58,79	14,70
Total		173,38	168,15	177,28	135,76	654,57	

6b. Sidik ragam berat basah pucuk (g)

Sidik Ragam	Db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	639,36	213,12	5,86	*	3,49	5,95
Error N	12	436,13	36,34				
Anak Petak							
Faktor K	1	238,33	238,33	2,72	tn	4,75	9,33
Faktor NxK	3	146,22	48,74	0,56	tn	3,49	5,95
Error K	12	1052,37	87,70				
Total	31	2647,23					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.

7a. Data pengamatan berat basah total (g)

Naungan (N)	Klon (K)	Replikasi				Total	Rata- rata
		1	2	3	4		
N0	K1	36,45	23,47	21,90	13,71	95,53	23,88
	K2	14,21	21,07	25,62	28,92	89,82	22,46
N1	K1	33,86	46,07	42,89	19,53	142,35	35,59
	K2	34,07	39,35	22,93	37,75	134,1	33,53
N2	K1	42,87	31,19	72,13	20,25	166,44	41,61
	K2	34,73	23,06	16,91	20,36	95,06	23,77
N3	K1	19,83	37,42	24,95	25,91	108,11	27,03
	K2	26,78	13,77	23,88	11,20	75,63	18,91
Total		242,8	235,4	251,21	177,63	907,04	

7b. Sidik ragam berat basah total (g)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	905,18	301,73	6,14	**	3,49	5,95
Error N	12	590,13	49,18				
Anak Petak							
Faktor K	1	433,80	433,80	2,63	tn	4,75	9,33
Faktor NxK	3	347,54	115,85	0,70	tn	3,49	5,95
Error K	12	1982,61	165,22				
Total	31	4677,20					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.

8a. Data pengamatan berat kering akar (g)

Naungan (N)	Klon (K)	Replikasi				Total	Rata- rata
		1	2	3	4		
N0	K1	6,21	5,78	6,93	2,82	21,74	5,44
	K2	2,87	5,13	7,59	7,47	23,06	5,77
N1	K1	7,33	9,94	8,44	1,54	27,25	6,81
	K2	8,72	6,08	4,77	6,42	25,99	6,50
N2	K1	7,42	7,31	11,12	2,02	27,87	6,97
	K2	4,63	3,46	2,84	1,93	12,86	3,22
N3	K1	3,57	5,82	6,64	4,78	20,81	5,20
	K2	4,61	1,69	4,38	0,90	11,58	2,90
Total		45,36	45,21	52,71	27,88	171,16	

8b. Sidik ragam berat kering akar (g)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	28,21	9,40	4,67	*	3,49	5,95
Error N	12	24,15	2,01				
Anak Petak							
Faktor K	1	18,27	18,27	3,16	tn	4,75	9,33
Faktor NxK	3	20,96	6,99	1,21	tn	3,49	5,95
Error K	12	69,38	5,78				
Total	31	202,62					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.

9a. Data pengamatan berat kering pucuk (g)

Naungan (N)	Klon (K)	Replikasi				Total	Rata- rata
		1	2	3	4		
N0	K1	12,93	8,41	7,76	5,24	34,34	8,59
	K2	6,09	5,71	9,07	9,26	30,13	7,53
N1	K1	11,94	17,37	13,75	10,65	53,71	13,43
	K2	12,00	15,18	8,93	15,55	51,66	12,92
N2	K1	14,82	9,37	26,95	9,09	60,23	15,06
	K2	13,03	9,26	7,66	8,82	38,77	9,69
N3	K1	7,20	12,81	8,98	9,00	37,99	9,50
	K2	11,65	6,96	8,93	5,28	32,82	8,21
Total		89,66	85,07	92,03	72,89	339,65	

9b. Sidik ragam berat kering pucuk (g)

Sidik Ragam	Db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	154,22	51,41	5,43	*	3,49	5,95
Error N	12	113,63	9,47				
Anak Petak							
Faktor K	1	33,80	33,80	1,84	tn	4,75	9,33
Faktor NxK	3	29,84	9,95	0,54	tn	3,49	5,95
Error K	12	219,98	18,33				
Total	31	578,69					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.

10a. Data pengamatan berat kering total (g)

Naungan (N)	Klon (K)	Replikasi				Total	Rata- rata
		1	2	3	4		
N0	K1	19,14	14,19	14,69	8,06	56,08	14,02
	K2	8,96	10,84	16,66	16,73	53,19	13,30
N1	K1	19,27	27,31	22,19	12,19	80,96	20,24
	K2	20,72	21,26	13,70	21,97	77,65	19,41
N2	K1	22,24	16,68	38,07	11,11	88,10	22,03
	K2	17,66	12,72	10,50	10,75	51,63	12,91
N3	K1	10,77	18,63	15,62	13,78	58,80	14,70
	K2	16,26	8,65	13,76	6,18	44,85	11,21
Total		135,02	130,28	145,19	100,77	511,26	

10b. Sidik ragam berat kering total (g)

Sidik Ragam	Db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	252,27	84,09	5,89	*	3,49	5,95
Error N	12	171,18	14,26				
Anak Petak							
Faktor K	1	100,18	100,18	2,40	tn	4,75	9,33
Faktor NxK	3	92,81	30,94	0,74	tn	3,49	5,95
Error K	12	501,10	41,76				
Total	31	1253,96					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.

11a. Data pengamatan jaringan palisade (μm)

Naungan (N)	Klon (K)	Ulangan				Total	Rata- rata
		1	2	3	4		
N0	K1	62,00	61,60	51,50	64,20	239,30	59,83
	K2	78,90	41,20	83,70	60,90	264,70	66,18
N1	K1	56,90	61,50	55,50	52,30	226,20	56,55
	K2	58,20	42,00	49,20	58,70	208,10	52,03
N2	K1	56,20	45,60	60,90	52,20	214,90	53,73
	K2	50,80	42,10	59,50	38,10	190,50	47,63
N3	K1	33,40	37,40	54,20	54,20	179,20	44,80
	K2	48,20	36,10	36,80	48,10	169,20	42,30
Total		444,60	367,50	451,30	428,70	1692,10	

11b. Sidik ragam jaringan palisade (μm)

Sidik Ragam	Db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	1570,45	523,48	12,51	**	3,49	5,95
Error N	12	502,30	41,86				
Anak Petak							
Faktor K	1	22,95	22,95	0,21	tn	4,75	9,33
Faktor NxK	3	185,57	61,86	0,57	tn	3,49	5,95
Error K	12	1298,97	108,25				
Total	31	4127,75					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.

12a. Data pengamatan jaringan spons (μm)

Naungan (N)	Klon (K)	Ulangan				Total	Rata- rata
		1	2	3	4		
N0	K1	154,80	184,60	111,70	206,50	657,60	164,40
	K2	151,80	134,90	167,60	145,20	599,50	149,88
N1	K1	103,70	143,80	149,10	141,80	538,40	134,60
	K2	123,70	82,40	129,80	163,70	499,60	124,90
N2	K1	154,50	88,10	141,80	172,90	557,30	139,33
	K2	91,00	95,00	152,10	141,80	479,90	119,98
N3	K1	59,60	139,80	192,00	172,50	563,90	140,98
	K2	139,80	152,50	137,90	176,60	606,80	151,70
Total		978,90	1021,10	1182,00	1321,00	4503,00	

12b. Sidik ragam jaringan spons (μm)

Sidik Ragam	Db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	4351,81	1450,60	2,80	tn	3,49	5,95
Error N	12	6212,00	517,67				
Anak Petak							
Faktor K	1	539,56	539,56	0,50	tn	4,75	9,33
Faktor NxK	3	1049,47	349,82	0,32	tn	3,49	5,95
Error K	12	12947,85	1078,99				
Total	31	34326,09					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.

13a. Data pengamatan jaringan parenkim (μm)

Naungan (N)	Klon (K)	Ulangan				Total	Rata- rata
		1	2	3	4		
N0	K1	262,80	285,70	214,70	319,00	1082,20	270,55
	K2	264,20	234,60	309,50	269,70	1078,00	269,50
N1	K1	212,00	267,60	252,80	242,60	975,00	243,75
	K2	214,00	157,50	233,20	270,20	874,90	218,73
N2	K1	264,80	152,40	271,50	270,40	959,10	239,78
	K2	180,60	198,30	264,60	236,10	879,60	219,90
N3	K1	132,50	234,00	301,60	295,00	963,10	240,78
	K2	234,70	236,70	222,40	290,90	984,70	246,18
Total		1765,60	1766,80	2070,30	2193,90	7796,60	

13b. Sidik ragam jaringan parenkim (μm)

Sidik Ragam	Db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	8324,21	2774,74	3,42	tn	3,49	5,95
Error N	12	9745,94	812,16				
Anak Petak							
Faktor K	1	822,15	822,15	0,39	tn	4,75	9,33
Faktor NxK	3	1280,91	426,97	0,20	tn	3,49	5,95
Error K	12	25129,32	2094,11				
Total	31	62992,78					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.

14a. Data pengamatan densitas stomata (mm²)

Naungan (N)	Klon (K)	Replikasi				Total	Rata- rata
		1	2	3	4		
N0	K1	166,32	199,58	210,67	232,85	809,42	202,35
	K2	255,02	266,11	321,55	376,99	1219,67	304,92
N1	K1	232,85	210,67	299,37	321,55	1064,44	266,11
	K2	332,64	321,55	221,76	210,67	1086,62	271,65
N2	K1	221,76	310,46	288,29	243,93	1064,44	266,11
	K2	266,11	199,58	232,85	210,67	909,21	227,30
N3	K1	188,49	199,58	210,67	221,76	820,51	205,13
	K2	321,55	243,93	243,93	255,02	1064,44	266,11
Total		1984,74	1951,48	2029,09	2073,44	8038,75	

14b. Sidik ragam densitas stomata (mm²)

Sidik ragam	Db	JK	KT	F-Hit	Notasi	F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	4652,59	1550,86	1,52	tn	3,49	5,95
Error N	12	12205,85	1017,15				
Anak Petak							
Faktor K	1	8486,85	8486,85	3,22	ns	4,75	9,33
Faktor NxK	3	23063,19	7687,73	2,92	ns	3,49	5,95
Error K	12	31580,78	2631,73				
Total	31	81045,80					

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata.