



**RESPON KARAKTERISTIK FISILOGI DAN PERTUMBUHAN BIBIT
KOPI ROBUSTA (*Coffea canephora*) KLON BP 358 DAN BP 308 PADA
BERBAGAI TINGKAT NAUNGAN**

SKRIPSI

Oleh

**Dewi Puspa Arisandi
NIM 111510501110**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**RESPON KARAKTERISTIK FISILOGI DAN PERTUMBUHAN BIBIT
KOPI ROBUSTA (*Coffea canephora*) KLON BP 358 DAN BP 308 PADA
BERBAGAI TINGKAT NAUNGAN**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan program (S1) pada Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Jember

Oleh

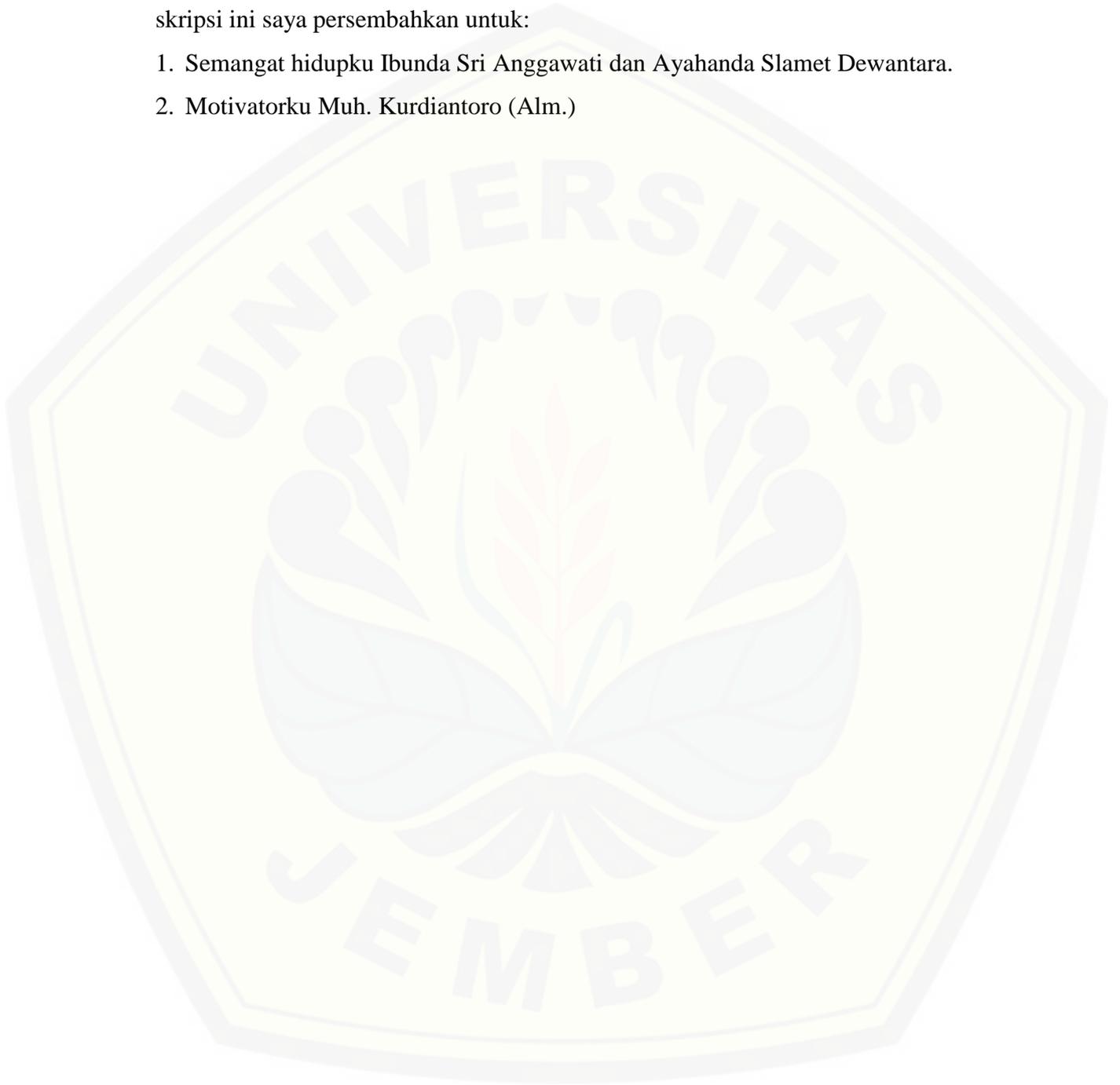
**Dewi Puspa Arisandi
NIM 111510501110**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Semangat hidupku Ibunda Sri Anggawati dan Ayahanda Slamet Dewantara.
2. Motivatorku Muh. Kurdiantoro (Alm.)



MOTTO

“Katakanlah: Wahai Tuhan yang mempunyai kerajaan, Engkau berikan kerajaan kepada orang yang Engkau kehendaki dan Engkau cabut kerajaan dari orang yang Engkau kehendaki. Engkau muliakan orang yang Engkau kehendaki dan Engkau hinakan orang yang Engkau kehendaki. Di tangan Engkaulah segala kebajikan.

Sesungguhnya Engkau Maha Kuasa atas segala sesuatu”.

(Terjemahan QS.Ali-‘Imran :26)

“Kegigihan memberi kekuatan kepada yang lemah, kejelasan kepada yang bingung, kepastian pada yang ragu, kekayaan kepada yang miskin, dan memberi kemuliaan kepada yang mengupayakan”.

(Mario Teguh).

Mari mengejar mimpi dengan bekerja keras, bekerja cerdas, bekerja tuntas, bekerja iklas.

(Ridwan Kamil)

“It only takes one person to change my life: I am”.

(Penulis)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dewi Puspa Arisandi

NIM : 111510501110

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Respon Karakteristik Fisiologi dan Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Klon BP 358 dan BP 308 pada berbagai Tingkat Naungan”** 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 dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 4 September 2015
Yang menyatakan,

Dewi Puspa Arisandi
NIM 111510501110

SKRIPSI

**RESPON KARAKTERISTIK FISILOGI DAN PERTUMBUHAN BIBIT
KOPI ROBUSTA (*Coffea canephora*) KLON BP 358 DAN BP 308 PADA
BERBAGAI TINGKAT NAUNGAN**

Oleh

**Dewi Puspa Arisandi
NIM 111510501110**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Denna Eriani Munandar, MP.
NIP. 19600409 198802 2 001

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Slameto, MP.
NIP. 196002231987021001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Respon Karakteristik Fisiologi dan Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Klon BP 358 dan BP 308 pada berbagai Tingkat Naungan**” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Jum’at, 11 September 2015

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Denna Eriani Munandar, MP.
NIP. 19600409 198802 2 001

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Slameto, MP.
NIP. 196002231987021001

Dosen Penguji Utama,

Dr. Ir. Moh. SetyoPoerwoko, MS.
NIP. 19550704 198203 1 001

Dosen Penguji Anggota,

Ir. Usmadi, MP.
NIP. 19620808 198802 1 001

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Jani Januar, MT.
NIP. 19590102 198803 1 002

RINGKASAN

Respon Karakteristik Fisiologi dan Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Klon BP 358 dan BP 308 pada berbagai Tingkat Naungan. Dewi Puspa Arisandi. 111510501110. 2015. Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Data Badan Pusat Statistik (2014), luas areal perkebunan kopi robusta di Indonesia pada tahun 2012 adalah 1,235 juta hektar dengan jumlah produksi sebesar 698,89 ribu ton, namun pada tahun 2013 mengalami peningkatan luas areal perkebunan menjadi 1,240 juta hektar dengan penurunan jumlah produksi menjadi 691,16 ribu ton. Keberhasilan tanaman kopi robusta di pembibitan sangat dipengaruhi oleh faktor pembatas pertumbuhan, salah satunya intensitas cahaya. Tanaman kopi merupakan tanaman C₃ dengan ciri khas efisiensi fotosintesis rendah karena terjadi fotorespirasi, sehingga sepanjang hidupnya memerlukan naungan. Tingkat naungan berhubungan erat dengan intensitas cahaya, sedangkan intensitas cahaya berhubungan erat dengan proses fotosintesis dan aktivitas stomata tanaman (Nasarudin dkk., 2006). Pemberian naungan bertujuan mendapatkan intensitas cahaya matahari yang sesuai untuk fase pembibitan kopi robusta.

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui respon fisiologi dan pertumbuhan bibit kopi klon BP 358 dan BP 308 pada berbagai tingkat naungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh macam klon dan tingkat naungan serta interaksi keduanya terhadap pertumbuhan dan karakteristik fisiologi bibit kopi. Identifikasi karakteristik fisiologi dan pertumbuhan terhadap bibit kopi dapat menunjukkan tingkat naungan yang paling sesuai untuk pertumbuhan bibit kopi dan menunjukkan bibit kopi lebih tahan pada kondisi intensitas cahaya yang tidak sesuai. Pelaksanaan penelitian ini pada bulan Februari - April 2015 di Kelurahan Antirogo, Kecamatan Sumpalsari, Kabupaten Jember dan Laboratorium Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember. Penelitian ini menggunakan rancangan petak terpisah (*Split Plot*) terdiri dari dua faktor yaitu tingkat naungan sebagai petak utama dan macam klon sebagai anak petak dengan empat kali ulangan. Faktor tingkat naungan (N) terdiri

dari 4 taraf, sedangkan faktor macam klon bibit kopi (K) terdiri atas 2 klon. Variabel pengamatan dalam penelitian ini terdiri: 1) tinggi tanaman, 2) diameter batang, 3) jumlah daun, 4) kandungan klorofil a, 5) kandungan klorofil b, 6) kandungan klorofil total, 7) kandungan sukrosa daun, 8) konduktivitas stomata, dan 9) kandungan protein terlarut.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan antara tingkat naungan 1 lapis dan bibit kopi robusta klon BP 358 memberikan nilai konduktivitas stomata tertinggi. Perlakuan tingkat naungan paranet 1 lapis memberikan hasil terbaik terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Tingkat naungan 3 lapis paranet memberikan pengaruh terbaik terhadap kandungan klorofil a, kandungan klorofil b, dan kandungan klorofil total. Tingkat naungan 0 lapis memberikan nilai terendah terhadap semua variabel pengamatan kecuali terhadap nilai kandungan sukrosa dan kandungan protein terlarut. Klon BP 308 cenderung memiliki kandungan protein lebih tinggi dibanding klon BP 358 pada berbagai tingkat naungan.

SUMMARY

Physiological Characteristic and Growth Response of Robusta Coffee (*Coffea canephora*) Seedling Clones BP 358 and BP 308 at Various Shade Levels.
Dewi Puspa Arisandi. 111510501110. 2015. Agrotechnology Study Program, Faculty of Agriculture, University of Jember.

BPS (2014) reported that the plantation area of robusta coffee in Indonesia in 2012 was 1.235 million hectares with a total production of 698.89 thousand tons, but the plantation area increased into 1.240 million hectares in 2013 with a reduced number of production into 691.16 thousand tons. The success of robusta coffee plants in nurseries is strongly influenced by the growth limiting factors, one of them is the light intensity. Coffee plant is a C₃ plant with low photosynthetic efficiency due to photorespiration, so throughout his life require shaded condition. Shade level is very related to the light intensity, while the light intensity is closely linked to the process of photosynthesis and plant stomata activity (Nasarudin dkk., 2006). Shading is aimed to get the corresponding light intensity to the nursery phase of robusta coffee.

This study was conducted to evaluate the growth and physiological characteristics of coffee seedlings clones BP 358 and BP 308 at various levels of shade. The aim of this study was to identify the effect of different clones and the level of shade and their interaction to the growth and physiological characteristics of the coffee seedlings. Identification of the physiological and growth characteristics of the coffee seedlings can indicate most suitable level of shade of growth of coffee seedlings, more over it showed coffee seedlings which are more resistant to the intensity of the inappropriate light conditions. Research was conducted in the February - April 2015 in Antirogo village, Summersari District, Jember and Plant Breeding Laboratory Faculty of Agriculture, University of Jember. Experimental design used was split plot design consisted of two factors: the level of shade as the main plot and kinds of clones as a subplot with four replications. Shade level factor (N) consisted of 4 levels, whereas clones of coffee seedlings factor (K) consisted of two clones. Variables observed in this research

were 1) plant height, 2) diameter of rod, 3) leaves number, 4) content of chlorophyll a, 5) content of chlorophyll b, 6) total chlorophyll, 7) leaf sucrose, 8) conductivity of stomata and 9) the content of soluble protein.

The results showed that the combination treatment between one layer shade and robusta coffee seedlings of clone BP 358 gives stomatal conductivity values. One layer paranet treatment showed the best results on plant height, leaf number, and stem diameter. Meanwhile three layers paranet provided the best influence on the content of chlorophyll a, chlorophyll b, and total chlorophyll content. Zero layer resulted the lowest observation results of all variables except for the content of sucrose and soluble protein. BP 308 clones tend to have a higher protein content than BP 358 clones at various levels of shade.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang telah menuntun kita pada jalan yang benar. Penulis bersyukur atas terselesaikannya skripsi yang berjudul **“Respon Karakteristik Fisiologi dan Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Klon BP 358 dan BP 308 pada berbagai Tingkat Naungan.”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan sarjana (S1) pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

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

1. Oranguaku tercinta, Ayahanda Slamet Dewantara dan Ibunda Sri Anggawati yang tak henti-hentinya selalu mendoakan, memberikan semangat, dan mencurahkan kasih sayang sepanjang perjalanan hidupku;
2. Dr. Ir. Jani Januar, MT. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember;
3. Ir. Raden Soedrajad, MT. selaku Ketua Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jember;
4. Ir. Hari Purnomo, M.Si., Ph.D, DIC. selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember;
5. Dr. Ir. Denna Eriani Munandar, MP. selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr. Ir. Slameto, MP. selaku Dosen Pembimbing Anggota, Dr. Ir. Moh. Setyo Poerwoko, MS.selaku Dosen Penguji Utama, dan Ir. Usmadi, MP. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatiannya dalam penulisan skripsi ini;
6. Ir. Kacung Hariyono, MSi., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Ir. Irwan Sadiman, MP. Selaku Ketua Program Beasiswa Unggulan Jenjang S1 Konsentrasi Agroindustri Kopi Kakao, Fakultas Pertanian, Universitas Jember;

8. Dr. Ir. Parawita Dewanti, MP. dan seluruh dosen Fakultas Pertanian Universitas Jember yang senantiasa berbagi ilmu dan memberikan motivasi, semangat, serta do'a kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
9. Kakak-kakakku Resa Yanuar Pratiwi, Didik Suroso, dan Muh. Kurdiantoro (Alm.) yang selalu memberikan semangat dan doa;
10. Tirto Wahyu Widodo sebagai rekan kerja dalam penelitian ini yang selalu membantu dan berbagi ilmu;
11. Sahabatku Ennis Harimurti, Fandi Ahmad, Saadatul Huriyah, Restu Ike, Dwita Anggraeni, Yustina Ratnasari, Fajri Wildana, Rahmat Budiarto dan seluruh sahabat dalam Program Beasiswa Unggulan yang senantiasa menginspirasi, saling berbagi semangat, suka dan duka dalam kebersamaan;
12. Rekan asisten Laboratorium Hortikultura Khalimatus Solihah, David Hermawan, Zayyan Lutfiyyah, Rahmat Kurniawan, Laily Ilman, Aris Susanto, Risky Maulana, Lailatul Hikmah, dan Cahya Anugrah yang saling mendukung dan berbagi pengalaman baru;
13. Keluarga besar angkatan 2011 Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan warna baru dalam kehidupan penulis selama menempuh pendidikan sarjana;
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang sempat memberikan bantuan selama mengikuti studi dan penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ini masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunannya, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan karya tulis ilmiah ini. Akhir kata, semoga karya tulis ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak khususnya bidang pertanian.

Jember, September 2015

Penulis

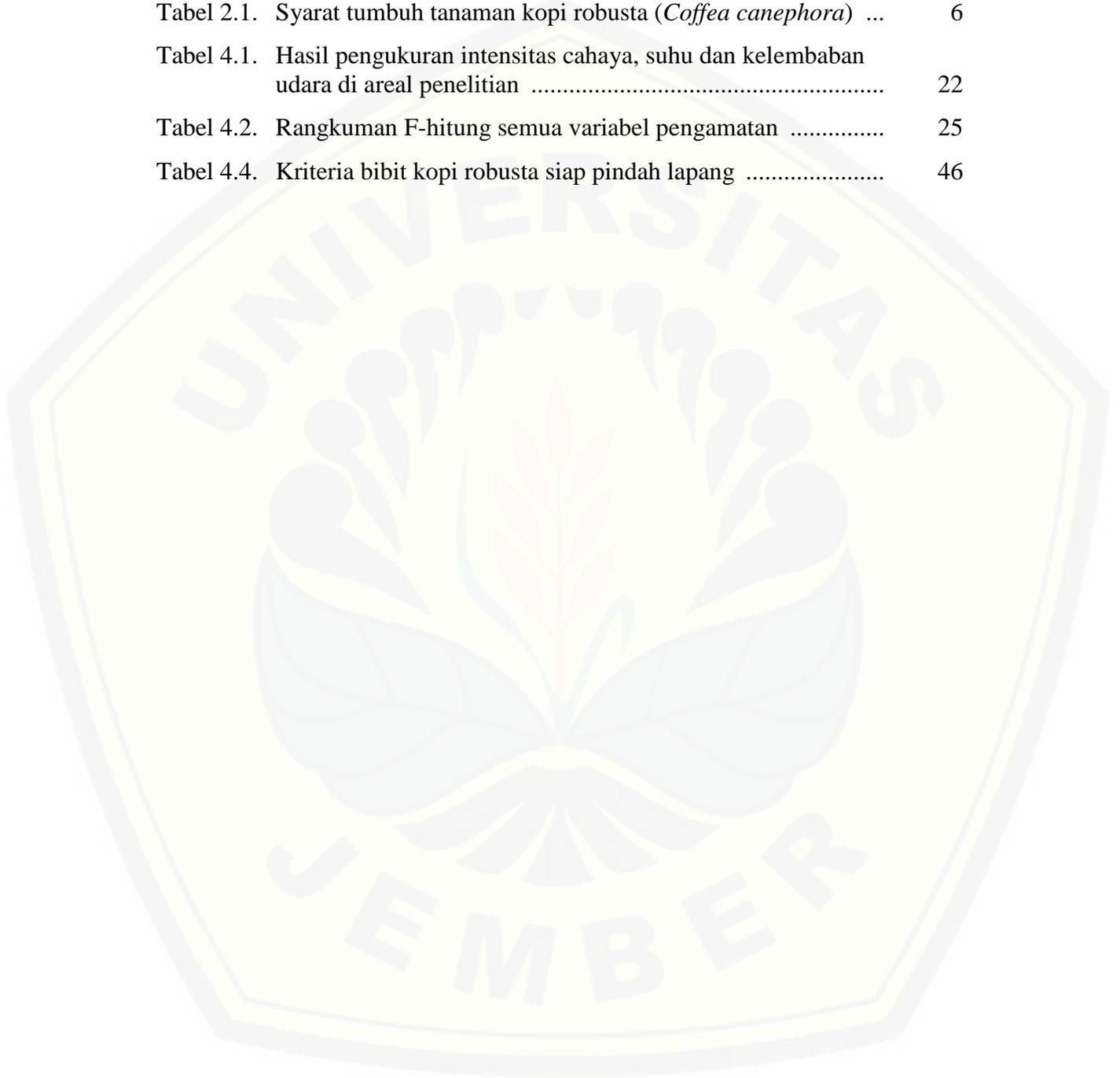
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
1.3.1 Tujuan Penelitian	4
1.3.2 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Botani Tanaman Kopi (<i>Coffea sp</i>)	5
2.2 Syarat Tumbuh Kopi Robusta (<i>Coffea canephora</i>)	6
2.3 Karakteristik Kopi Robusta (<i>Coffea canephora</i>) Klon BP 358 dan BP 308	6
2.4 Fotosintesis pada Tanaman C ₃	7
2.5 Naungan	10
2.6 Respon Tanaman terhadap Pemberian Naungan	11
2.7 Hipotesis	14

BAB 3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Bahan dan Alat	15
3.3 Rancangan Penelitian	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian	18
3.4.1 Pembuatan Tempat Pembibitan	18
3.4.2 Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari, Suhu, dan Kelembaban Relatif	18
3.4.3 Pemeliharaan	19
3.4.4 Pengambilan Sampel	19
3.5 Variabel Pengamatan	20
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Kondisi Iklim Mikro	23
4.2 Hasil	25
4.2.1 Tinggi Tanaman	26
4.2.2 Jumlah Daun	29
4.2.3 Diameter Batang	31
4.2.4 Konduktivitas Stomata	34
4.2.5 Kandungan Klorofil Daun	36
4.2.5.1 Kandungan Klorofil A	36
4.2.5.2 Kandungan Klorofil B	38
4.2.5.3 Kandungan Klorofil Total	40
4.2.6 Kandungan Sukrosa Daun	42
4.2.7 Kandungan Protein Terlarut	45
4.3 Pembahasan	46
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Syarat tumbuh tanaman kopi robusta (<i>Coffea canephora</i>) ...	6
Tabel 4.1. Hasil pengukuran intensitas cahaya, suhu dan kelembaban udara di areal penelitian	22
Tabel 4.2. Rangkuman F-hitung semua variabel pengamatan	25
Tabel 4.4. Kriteria bibit kopi robusta siap pindah lapang	46



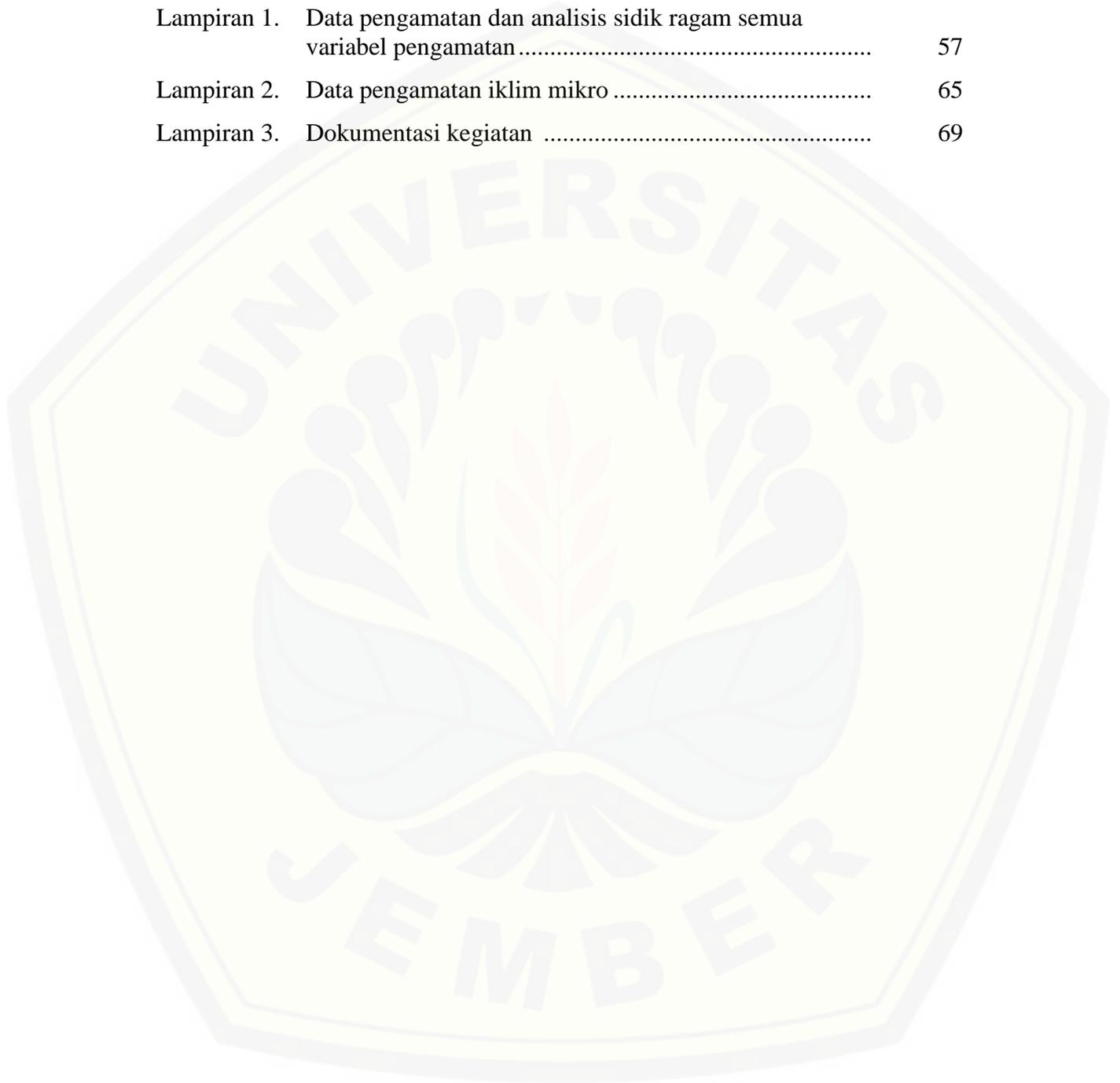
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Peristiwa fotorespirasi	10
Gambar 2.2. Kebutuhan cahaya berdasarkan umur bibit kopi	12
Gambar 3.1 <i>Layout</i> petak percobaan	17
Gambar 3.2. Denah petak penelitian	17
Gambar 3.3a Tempat pembibitan tampak depan	18
3.3b Tempat pembibitan tampak belakang	18
3.3c Tempat pembibitan tampak samping	18
Gambar 3.4a Pengukuran intensitas cahaya	18
3.4b Pengukuran suhu dan kelembaban relatif	18
Gambar 3.5a Hama kutu putih	19
3.5b Aplikasi urea 2g/tanaman	19
Gambar 3.6a Ekstraksi sampel	21
3.6b Pengukuran absorban	21
Gambar 3.7 Pengukuran konduktivitas stomata	22
Gambar 4.1 Pengaruh tingkat naungan terhadap tinggi bibit kopi robusta	26
Gambar 4.2 Perbedaan tinggi bibit kopi robusta pada berbagai tingkat naungan	28
Gambar 4.3 Rerata tinggi tanaman pada klon yang berbeda	28
Gambar 4.4 Pengaruh tingkat naungan terhadap jumlah daun bibit kopi robusta	29
Gambar 4.5 Rerata jumlah daun pada klon yang berbeda.....	31
Gambar 4.6 Pengaruh tingkat naungan terhadap diameter batang bibit kopi robusta.....	32
Gambar 4.7 Rerata diameter batang pada klon yang berbeda.....	34
Gambar 4.8 Pengaruh interaksi antara tingkat naungan dan macam klon bibit kopi robusta terhadap konduktivitas stomata..	34
Gambar 4.9 Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil a daun bibit kopi robusta	36
Gambar 4.10 Rerata kandungan klorofil a pada klon yang berbeda	38

Gambar 4.11	Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil b daun bibit kopi robusta.	38
Gambar 4.12	Rerata kandungan klorofil b pada klon yang berbeda	40
Gambar 4.13	Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil total daun bibit kopi robusta	40
Gambar 4.14a	Warna daun.....	42
4.14b	Absorban daun kopi robusta pada analisis kandungan klorofil	42
Gambar 4.15	Rerata kandungan klorofil total pada klon yang berbeda	42
Gambar 4.16	Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan sukrosa daun bibit kopi robusta	43
Gambar 4.17	Rerata kandungan sukrosa daun pada klon yang berbeda	44
Gambar 4.18	Kandungan protein terlarut 2 klon kopi pada berbagai tingkat naungan	45

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data pengamatan dan analisis sidik ragam semua variabel pengamatan	57
Lampiran 2. Data pengamatan iklim mikro	65
Lampiran 3. Dokumentasi kegiatan	69



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kopi (*Coffea* sp.) meskipun bukan merupakan tanaman asli Indonesia, namun tanaman ini mempunyai peranan penting dalam industri perkebunan nasional. Indonesia adalah produsen kopi terbesar ketiga di dunia setelah Brazil dan Vietnam dengan menyumbang sekitar 6% dari produksi total kopi dunia. Menurut Rahardjo (2012), Indonesia juga merupakan pengeksport kopi terbesar keempat dunia dengan pangsa pasar sekitar 11%. Berdasarkan data Dirjen Perkebunan (2012), devisa yang diperoleh Indonesia dari ekspor kopi pada tahun 2010 mencapai ± US \$ 824,02 juta, tahun 2011 mencapai ± US \$ 845,52 juta, dan tahun 2012 mencapai ± US \$ 1,00 miliar. Pendapatan tersebut merupakan sumber penghasilan yang dapat menghidupi 5 juta jiwa keluarga petani kopi. Penjabaran tersebut menunjukkan bahwa kopi merupakan komoditas unggulan nasional dimana peluang pengembangan luas kebun, produksi, dan ekspor kopi sangat terbuka lebar.

Terdapat empat jenis kopi yang umumnya dibudidayakan di Indonesia akan tetapi dari keempat jenis kopi tersebut hanya jenis robusta yang lebih banyak diusahakan baik 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). Ada beberapa klon kopi robusta yang telah dikenalkan oleh Puslit Kopi dan Kakao (2003), seperti klon BP 358 dan 308. Kopi robusta klon BP 358 merupakan bahan tanam yang mempunyai potensi hasil mencapai 1.700 kg/ha/tahun. 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.

Saat ini tingkat konsumsi kopi setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan. Permintaan akan kopi tidak hanya datang dari dalam negeri tetapi juga dari luar negeri namun, kondisi usaha budidaya kopi di Indonesia selalu berubah-ubah. Menurut Badan Pusat Statistik (2014), luas areal perkebunan kopi

di Indonesia pada tahun 2013 mencapai 1,240 juta hektar dengan jumlah produksi kopi sebesar 691,16 ribu ton. Padahal jika dibandingkan dengan data luas areal perkebunan dan jumlah produksi kopi tahun 2012, jumlah produksi kopi tahun 2013 mengalami penurunan. Pada tahun 2012 luas areal perkebunan kopi di Indonesia mencapai 1,235 juta hektar dengan jumlah produksi kopi mencapai 698,89 ribu ton. Selain itu, jika dilihat secara nasional tingkat produktivitas kopi per hektar di Indonesia umumnya masih relatif rendah. Produktivitas kopi di Indonesia rata-rata hanya 500-600 kg/ha, sementara negara Brazil bisa menghasilkan kopi 800 kg/ha dan Costarica dapat menghasilkan 1.200 kg/ha (Pusat Data dan Statistik Pertanian, 2006).

Faktor penyebab rendahnya produktivitas tersebut adalah teknik budidaya yang kurang tepat. Aspek budidaya yang penting dan perlu mendapat perhatian antara lain adalah bibit. Bibit yang baik akan menghasilkan tanaman yang berkualitas dan produksi tinggi, untuk itu perlu dilakukan penyediaan bibit kopi robusta yang berkualitas melalui penanganan yang serius sebelum dilakukan penyambungan dan dipindah ke lapang. Keberhasilan tanaman kopi robusta di pembibitan sangat dipengaruhi oleh faktor pembatas pertumbuhan, salah satunya intensitas cahaya. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi atau terlalu rendah merupakan salah satu yang menjadi faktor pembatas pertumbuhan bibit kopi robusta (Ferita dkk., 2009). Hal ini karena tanaman kopi merupakan tanaman C₃, dengan ciri khas efisiensi fotosintesis rendah. Untuk itu, tanaman kopi sepanjang hidupnya memerlukan naungan untuk pertumbuhan dan perkembangannya dengan intensitas cahaya matahari tidak penuh dan penyinaran yang teratur.

Menurut Wacjhar dkk. (2002), adanya naungan akan mempengaruhi jumlah intensitas cahaya matahari yang mengenai tanaman. Setiap jenis tanaman membutuhkan intensitas cahaya tertentu untuk memperoleh fotosintesis yang maksimal. Kopi robusta memerlukan naungan antara 40% - 70% untuk pertumbuhannya (Sakiroh dkk., 2012). Pada fase pembibitan atau umur muda, tingkat naungan yang dibutuhkan oleh tanaman kopi lebih tinggi dibandingkan fase dewasa atau fase pertumbuhan generatif. Tingkat naungan yang tidak sesuai pada fase pembibitan akan menghasilkan kualitas bibit kopi yang rendah.

Tanaman yang mendapat cekaman naungan cenderung mempunyai jumlah cabang sedikit dan batang yang lebih tinggi dibanding tanaman yang ditanam dalam kondisi tanpa naungan. Hal ini karena tingkat naungan berhubungan erat dengan intensitas cahaya, sedangkan intensitas cahaya berhubungan erat dengan proses fotosintesis dan aktivitas stomata tanaman (Nasarudin dkk., 2006). Oleh karena itu, pemberian naungan bertujuan mendapatkan intensitas cahaya matahari yang sesuai untuk tanaman.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilaksanakan penelitian mengenai karakter fisiologis dan pertumbuhan bibit kopi klon BP 308 dan BP 358 pada berbagai tingkat naungan. Analisis karakteristik fisiologi dan pertumbuhan bibit kopi di lapang akan menunjukkan informasi tentang tingkat naungan dan intensitas cahaya yang tepat bagi bibit kopi. Selain itu, juga akan diperoleh 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 karakter fisiologi dan pertumbuhan bibit kopi robusta?
2. Bagaimana pengaruh tingkat naungan terhadap karakter fisiologi dan pertumbuhan bibit kopi robusta klon BP 358 dan BP 308?
3. Bagaimana pengaruh macam klon terhadap karakter fisiologi dan pertumbuhan bibit kopi robusta?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengidentifikasi pengaruh interaksi antara tingkat naungan dan macam klon terhadap karakter fisiologi dan pertumbuhan bibit kopi robusta.
2. Untuk mengidentifikasi pengaruh tingkat naungan terhadap karakter fisiologis dan pertumbuhan bibit kopi robusta klon BP 358 dan BP 308.
3. Untuk mengidentifikasi pengaruh macam klon terhadap karakter fisiologi dan pertumbuhan bibit kopi robusta.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna dalam usaha pengembangan budidaya tanaman kopi, khususnya tentang tingkat naungan dan intensitas cahaya yang sesuai untuk pertumbuhan bibit kopi serta klon bibit kopi yang dapat bertahan pada kondisi intensitas cahaya yang beragam. Informasi tersebut juga berguna bagi para peneliti untuk mengembangkan penelitian di masa yang akan datang.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Botani Tanaman Kopi Robusta (*Coffea canephora*)

Menurut Prastowo dkk. (2012), sistematika tanaman kopi robusta adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Rubiales
Family	: Rubiaceae
Genus	: Coffea
Spesies	: <i>Coffea canephora</i>

Tanaman kopi robusta merupakan jenis tanaman berkeping dua (dikotil) dan memiliki akar tunggang. Pada akar tunggang, ada beberapa akar kecil yang tumbuh ke samping (melebar) yang sering disebut akar lebar. Pada akar lebar ini tumbuh akar rambut, bulu-bulu akar dan tudung akar. Tudung akar berfungsi untuk melindungi akar ketika mengisap unsur hara dari tanah.

Morfologi tanaman kopi terdiri dari daun, cabang, akar, bunga, dan buah. Pendapat dari Panggabean (2011), bahwa tanaman kopi robusta memiliki 5 macam cabang, yaitu cabang primer, cabang sekunder, cabang reproduksi, cabang balik, dan cabang kipas. Daun kopi robusta memiliki warna daun agak terang dan bentuk daun yang lebih besar dibandingkan kopi arabika (Wijaya, 2008). Daun tumbuh dan tersusun secara berdampingan di ketiak batang, cabang dan ranting. Setelah penyerbukan, tanaman kopi akan menghasilkan kuntum bunga. Setiap ketiak daun menghasilkan 2-4 kelompok bunga. Setiap kelompok bunga menghasilkan 4-6 kuntum bunga sehingga di setiap ketiak daun menghasilkan 8-24 kuntum bunga. Kuntum bunga kopi berukuran kecil yang tersusun dari kelopak bunga, mahkota bunga, benang sari, tangkai putik dan bakal buah. Buah kopi mentah berwarna hijau muda sedangkan buah kopi matang (*ripe*) berwarna merah atau merah tua. Buah kopi jenis robusta berukuran 8-16 mm (Tim Karya Tani Mandiri, 2010).

2.2 Syarat Tumbuh Kopi Robusta (*Coffea canephora*)

Rubiyo dkk. (2012) menyatakan, kopi robusta merupakan jenis kopi yang cocok untuk ditanam pada dataran rendah sampai menengah. Kualitas kopi robusta yang dihasilkan akan sangat tergantung kepada kondisi agroklimat dan tanah setempat. Berikut ini merupakan syarat tumbuh kopi robusta untuk mendukung kualitas dan produktivitas yang baik, yaitu:

Tabel 2.1 Syarat tumbuh tanaman kopi robusta

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 (⁰ 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%

Sumber: Hulupi (1999)

2.3 Karakteristik Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Klon BP 358 dan BP 308

Lebih dari 90% dari areal pertanaman kopi Indonesia terdiri atas kopi robusta. Tanaman kopi jenis robusta memiliki adaptasi yang lebih baik dibandingkan dengan kopi jenis arabika. Areal perkebunan kopi jenis robusta di Indonesia relative luas, karena kopi jenis robusta dapat tumbuh diketinggian yang lebih rendah dibandingkan dengan lokasi perkebunan kopi jenis arabika. Secara umum tanaman kopi robusta memiliki karakteristik tahan terhadap penyakit karat daun, memerlukan syarat tumbuh dan pemeliharaan yang ringan. Selain itu menurut Najiyati dan Danarti (2004), tanaman kopi robusta produksinya lebih tinggi dibanding dengan jenis kopi lain, memiliki kualitas buah lebih rendah dibandingkan kopi arabika, tetapi lebih tinggi dibandingkan kopi liberika, dan memiliki nilai rendemen sekitar 22%.

Tanaman kopi jenis robusta yang asli sudah hampir musnah. Saat ini beberapa jenis robusta sudah tercampur menjadi klon atau hibrida, seperti klon BP 39, BP 42, SA 13, SA 34 dan SA 56. Sementara itu, klon atau hibrida yang dihasilkan oleh Puslitkoka Indonesia diantaranya BP 308 dan BP 358. Tanaman kopi robusta klon BP 308 yang mempunyai karaktermenyerbuk silang, sehinggaapabila diperbanyak dengan benih, karakter ketahanan tersebutakan mengalami segregasi. Untuk mempertahankan karakter ketahanannya, cara perbanyakannya yang dianjurkan adalah secaraklonal, salah satunya dengan setek. Selain itu, klon kopi BP 308 dianjurkan dipakai 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, 2003). Sementara itu, karakter dari tanaman kopi robusta klon BP 358 menurut Prastowo dkk. (2010), antara lain 1) memiliki perawakan sedang, 2) percabangan agak lentur, ruas agak panjang, 3) bentuk daun bulat telur dan memanjang, warna daun hijau mengkilap, tepi daun bergelombang lebar, pupus daun hijau kecoklatan, 4) buah agak besar, diskus agak lebar, warna buah masak merah pucat belang, 5) biji berukuran medium sampai besar, 6) produktivitas 800 – 1.700 kg kopi biji/ha/th.

2.4 Fotosintesis pada Tanaman C₃

Suatu sifat fisiologi yang hanya dimiliki khusus oleh tanaman adalah kemampuannya untuk menggunakan zat karbon dari udara untuk diubah menjadi bahan organik serta diasimilasikan di dalam tubuh tanaman. Peristiwa tersebut adalah proses fotosintesis. Menurut Salisbury and Ross (1992), fotosintesis adalah suatu proses dimana zat-zat anorganik H₂O dan CO₂ oleh klorofil diubah menjadi zat organik karbohidrat dengan pertolongan cahaya matahari. Selama proses fotosintesis energi cahaya matahari dikonversi ke dalam energi kimia dan disimpan dalam bahan organik yang biasanya berupa karbohidrat dan bersama O₂ menjadi akhir produksi dari fotosintesis.

Berdasarkan tipe fotosintesisnya, tanaman dibagi ke dalam tiga kelompok besar, yaitu C_3 , C_4 , dan CAM. Tanaman kopi merupakan tanaman C_3 . Proses fotosintesis pada tanaman C_3 melibatkan 2 tahap, yaitu:

1. Tahap 1 (reaksi terang)

Reaksi ini mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Perubahan energi cahaya menjadi energi kimia menghasilkan ATP (Adenosin trifosfat) dan NADPH (Nikotiamid adenine dinukleotida fosfat tereduksi). ATP pada fotosintesis terbentuk oleh proses fotofosforilasi, sedangkan NADPH terbentuk oleh proses fotoreduksi (Gardner *et al.*, 1991). Mekanisme reaksi terang diawali dengan tahap dimana fotosistem II (PS II) menyerap cahaya matahari. Kemudian molekul air akan dipecahkan sehingga mengakibatkan pelepasan H^+ di lumen tilakoid. Selanjutnya plastokuinon akan mengirimkan elektron dari PS II ke suatu pompa H^+ yang disebut kompleks sitokrom. Komplek sitokrom berfungsi untuk membawa elektron dari PS II ke PS I dengan mereduksi plastosianin. Peristiwa ini juga menyebabkan terjadinya pompa H^+ dari stroma ke membran tilakoid. Fotosistem I (PS I) akan menyerap energi cahaya yang terpisah dari PS II. PS I berfungsi mengoksidasi plastosianin tereduksi dan memindahkan elektron ke ferredoksin. Selanjutnya elektron dari ferredoksin digunakan dalam tahap akhir pengangkutan elektron untuk mereduksi $NADP^+$ dan membentuk NADPH. Ion H^+ yang telah dipompa ke dalam membran tilakoid akan diterima oleh ATP sintase. ATP sintase akan bekerja mengubah ADP dan fosfat anorganik (Pi) menjadi ATP (Salisbury and Ross, 1992).

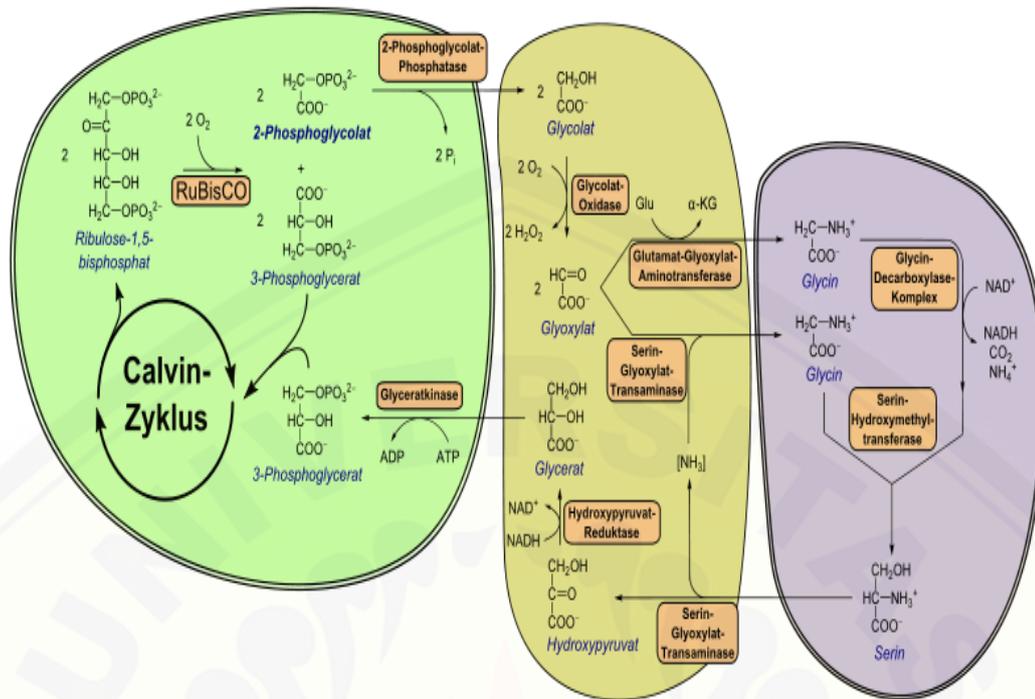
2. Tahap 2 (reaksi gelap / siklus Calvin)

Siklus Calvin atau reaksi gelap yang merupakan reaksi lanjutan dari reaksi terang dalam fotosintesis. Reaksi ini tidak membutuhkan cahaya. Bahan reaksi gelap adalah ATP dan NADPH yang dihasilkan dari reaksi terang, serta CO_2 yang berasal dari udara bebas. Secara umum, reaksi gelap dapat dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu fiksasi, reduksi, dan regenerasi. Menurut Wang *et al.* (2012), reaksi gelap dimulai dari fiksasi $6CO_2$ dan RuBP dengan bantuan enzim rubisco, sehingga 12 molekul fosfoglisarat 3 karbon, yaitu 3-fosfoglisarat(3-PGA). Kemudian 3-PGA direduksi menjadi 12 molekul gliseraldehid-3-fosfat (PGAL)

dengan energi ATP dan NADPH yang merupakan hasil dari reaksi terang. 2 PGAL akan digunakan untuk membentuk 1 molekul glukosa atau jenis gula lainnya, sedangkan 10 molekul lainnya difosforilasi oleh 6 ATP untuk kembali membentuk 6-ribulosa-1,5-bisfosfat (RuBP). Proses yang demikian disebut regenerasi.

Tanaman C_3 disebut demikian karena senyawa awal yang terbentuk berkarbon 3, yaitu asam fosfoglisarat (PGA). Ciri khas dari tanaman C_3 adalah memiliki efisiensi fotosintesis rendah. Mekanisme proses fotosintesis pada tanaman C_3 berbeda dengan C_4 , yaitu dalam cara masing-masing tanaman mengikat CO_2 dari atmosfer. Pada proses awal asimilasi tanaman C_3 , enzim rubisco akan menyatukan CO_2 dengan RuBP, namun pada saat yang bersamaan RuBP juga dapat berikatan dengan O_2 melalui bantuan enzim rubisco. Peristiwa tersebut mengakibatkan terjadinya fotorespirasi yang berdampak pada hasil bersih fotosintesisnya lebih rendah dari tanaman C_4 (Levitt, 1980).

Secara biokimia, proses fotorespirasi merupakan cabang dari jalur glikolat. Jika kadar CO_2 dalam sel rendah, RuBP akan dipecah oleh rubisco menjadi fosfoglikolat dan fosfoglisarat. Fosfoglisarat akan didefosforilasi oleh ADP sehingga membentuk ATP. Fosfoglikolat menuju peroksisom, lalu mitokondria, lalu kembali ke peroksisom untuk diubah menjadi serin, lalu gliserat. Gliserat masuk kembali ke kloroplas untuk diproses secara normal oleh siklus Calvin menjadi gliseraldehid-3-fosfat (PGAL) (Gambar 2.1). Fotorespirasi dianggap merugikan bagi tanaman karena merupakan proses yang menghabiskan energi. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi akan mengakibatkan penurunan kadar CO_2 , oleh karena itu tanaman C_3 sepanjang hidupnya memerlukan naungan (Salisbury and Ross, 1992).



Gambar 2.1 Peristiwa fotorespirasi

Sumber: Berg *et al.* (2002).

2.5 Naungan

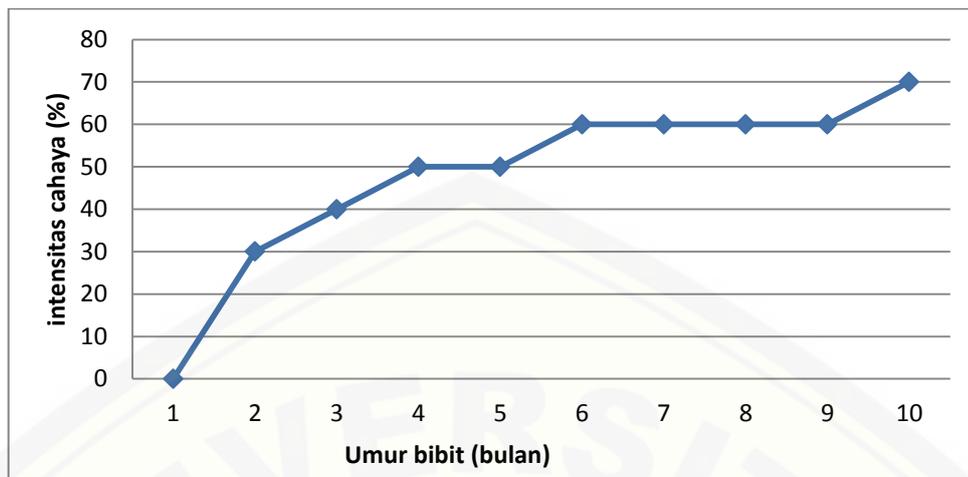
Naungan merupakan bahan atau tanaman penghalang masuknya sinar matahari secara langsung yang fungsi utamanya untuk menurunkan intensitas sinar matahari. Selain itu, naungan juga mempunyai fungsi untuk menghindarkan tanaman dari terpaan air hujan dan angin serta sebagai pengendali gulma. Naungan yang bisa dipakai dapat berupa naungan alami dan naungan buatan. Naungan alami merupakan naungan yang memanfaatkan tanaman sebagai penaung, sedangkan naungan buatan merupakan naungan yang terbuat dari bahan plastik dikenal dengan nama paranet. Paranet digunakan untuk mengurangi intensitas cahaya yang diterima tanaman, juga untuk mengurangi suhu udara disekitar tanaman (Kesumawati dkk., 2012). Swibawa dkk. (2010) juga menambahkan bahwa manipulasi cahaya yang menggunakan naungan buatan bertujuan untuk mempertahankan kadar air tanah tetap tinggi karena berkurangnya evaporasi dan evapotranspirasi.

Menurut Widiastuti dkk. (2004), semakin besar tingkat naungan (semakin kecil intensitas cahaya yang diterima tanaman) maka suhu udara rendah dan kelembaban udara semakin tinggi. Kelembaban udara yang terlalu rendah dan suhu udara yang terlalu tinggi akan menghambat pertumbuhan dan pembungaan tanaman. Kelembaban udara dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman karena dapat mempengaruhi proses fotosintesis. Laju fotosintesis meningkat dengan meningkatnya kelembaban udara sekitar tanaman.

2.6 Respon Tanaman terhadap Pemberian Naungan

Naungan akan mempengaruhi proses-proses yang ada di dalam tanaman. Hal ini karena naungan berhubungan erat dengan intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman, sedangkan intensitas cahaya berhubungan erat dengan proses fotosintesis dan aktivitas stomata tanaman (Nasarudin dkk., 2006). Adanya gangguan yang terjadi pada kedua hal tersebut akan mengakibatkan perubahan proses fisiologis dan hambatan pertumbuhan tanaman. 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).

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). Berikut merupakan grafik kebutuhan intensitas cahaya menurut umur bibit kopi.



Gambar 2.2 Kebutuhan cahaya berdasarkan umur bibit kopi

Sumber: Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (2012).

Jumlah dan kualitas sinar matahari akan berpengaruh terhadap proses fisiologis tanaman (Sobari dkk., 2012). Menurut pendapat Sakiroh dkk. (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. Pada kondisi tanpa naungan menyebabkan terjadinya fotorespirasi, menurunkan efisiensi fotosistem II dan konduktivitas stomata (Utomo, 2011). Pada kondisi naungan yang berlebihan, mengakibatkan asimilasi karbon menjadi lebih rendah sehingga pertumbuhan vegetatif menjadi lebih dominan ketimbang munculnya kuncup bunga dan kuncup bunga per cabang yang terbentuk lebih sedikit (Balizaet *al.*, 2012).

Berdasarkan penelitian Bote dan Struik (2011), pada tanaman kopi yang berada di bawah naungan dengan intensitas cahaya 557 memiliki laju fotosintesis lebih baik daripada tanaman kopi tanpa naungan dengan intensitas cahaya 1193. Laju fotosintesis pada tanaman kopi di bawah naungan adalah $3,51 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$, sedangkan laju fotosintesis pada tanaman kopi tanpa naungan adalah $2,45 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$. Penurunan laju fotosintesis tanaman sebagai akibat dari kondisi intensitas cahaya yang terlalu rendah atau terlalu tinggi mengakibatkan

penurunan hasil fotosintesis. Di daun, hasil fotosintesis dalam bentuk glukosa akan segera dikonversi menjadi pati untuk disimpan dan sukrosa yang akan ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman yang membutuhkan. Sukrosa adalah disakarida yang molekulnya terdiri dari alpha d-glukopiranosose dan beta d-fruktoforanosose. Pembentukan sukrosa terjadi pada reaksi gelap yang dimulai dari UTP dengan glukosa 1 phosphate dengan membentuk UDPG. Senyawa UDPG selanjutnya akan bereaksi dengan fruktosa 6 phosphate membentuk sukrosa phosphate. Sukrosa phosphate yang terbentuk akan dihidrolisis menjadi sukrosa oleh bantuan enzim SPS (*Sucrose Phosphate Synthase*) (Sapondie dan Trikoesoemaningtyas, 2011).

Naungan juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Menurut Pamuji dan Saleh (2010), keragaman intensitas naungan berpengaruh nyata terhadap variabel jumlah batang, jumlah daun, total luas daun, dan berat kering bagian atas. Pernyataan tersebut sependapat dengan penelitian Sobari dkk. (2012), pada tanaman kopi arabika berumur 9 bulan yang mendapat intensitas cahaya 34% memberikan hasil tinggi tanaman dan diameter batang yang terbaik, dimana hasil dari masing-masing variabel tersebut adalah 94,01 cm dan 17,74 mm. Respon tanaman terhadap naungan juga ditunjukkan oleh tanaman rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.). Penelitian Setyowati (2011) menunjukkan, hasil berbeda nyata antara bibit rosela yang ditanam di bawah naungan 25% dan 0%, dimana perlakuan cahaya penuh atau tanpa naungan (intensitas cahaya rata-rata 39300 lux) paling baik untuk pertumbuhan bibit rosela. Hal ini dapat dilihat pada semua parameter yang diamati, seperti pada parameter jumlah daun dimana pada naungan 0% jumlah daun bibit rosela mencapai 37,92 helai, sedangkan pada naungan 25% jumlah daun bibit rosela hanya 8,10 helai. Naungan juga tidak hanya berpengaruh terhadap tanaman kopi dan rosela, tetapi juga pada tanaman seledri. Penelitian Nurshanti (2011) menunjukkan bahwa, tingkat naungan 50% merupakan yang terbaik bagi tanaman seledri. Hal ini ditunjukkan dari hasil pengukuran berat berangkasan kering dan kandungan klorofil daun. Pada kondisi naungan 50%, berat berangkasan kering tanaman seledri mencapai 5,42 gram, sedangkan kandungan klorofil daun mencapai 41,31. Besarnya cahaya yang

tertangkap pada proses fotosintesis menunjukkan biomassa, sedangkan besarnya biomassa dalam jaringan tanaman mencerminkan bobot kering. Penurunan intensitas cahaya menyebabkan penurunan bobot kering tajuk pada tanaman, begitu pula pada peningkatan intensitas cahaya yang mengakibatkan respirasi tanaman meningkat, sehingga hasil fotosintesis bersih (biomassa) yang tersimpan dalam jaringan tanaman sedikit (Widiastuti dkk., 2004).

2.7 Hipotesis

1. Terdapat interaksi antara macam klon dan tingkat naungan terhadap karakter fisiologi dan pertumbuhan bibit kopi robusta.
2. Terdapat pengaruh tingkat naungan terhadap karakter fisiologi dan pertumbuhan bibit kopi robusta klon BP 358 dan BP 308.
3. Terdapat pengaruh macam klon terhadap karakter fisiologi dan pertumbuhan bibit kopi robusta.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari – April 2015 yang bertempat di Kelurahan Antirogo, Kecamatan Suubersari, Kabupaten Jember. Untuk kegiatan analisis karakter fisiologis bibit kopi dilakukan di laboratorium pemuliaan tanaman.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan antara lain: klon kopi BP 358 dan BP 308 berumur empat bulan, paranet hitam, tanah, pasir, pupuk kandang, nitrogen cair, buffer tris-HCl pH 7.5, larutan Bradford, NaOH 1 N, resolcinol, ethanol, HCl 30%, dan aquades.

Alat yang digunakan dalam penelitian kali ini terdiri dari polibag, mortal alu, sentrifuge, mikropipet, pisau, gelas ukur, tabung reaksi, endorff, *leaf porometer*, timbangan, spektrofotometer, jangka sorong, lux meter, termometer bola basah bola kering, penggaris, 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

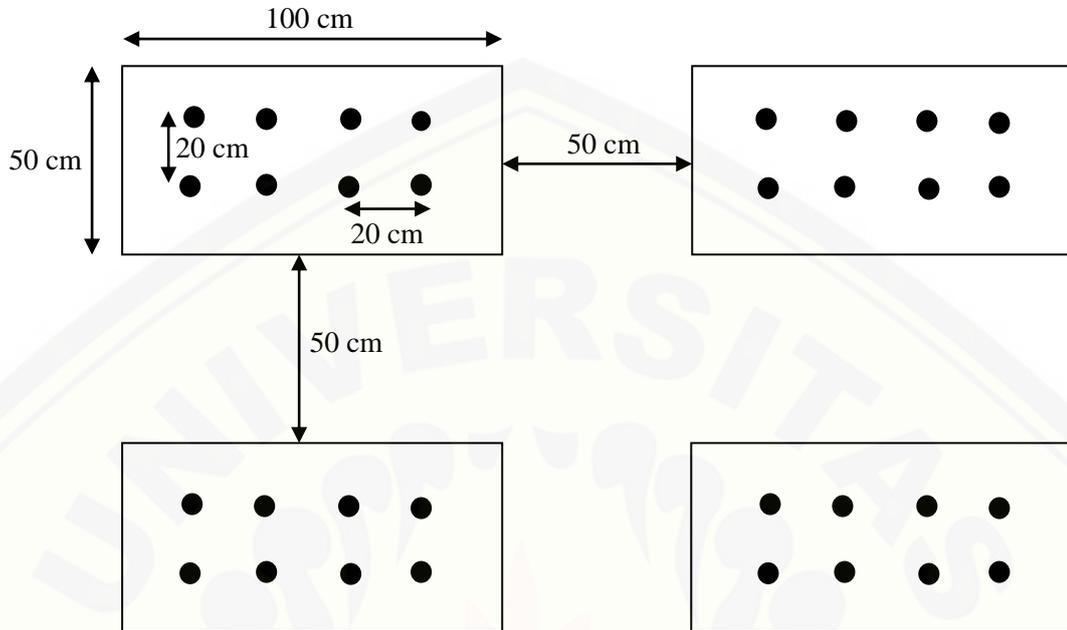
Faktor klon diberi simbol K terdiri atas dua klon, yaitu:

- a. K1 : Klon BP 358
- b. K2 : Klon BP 308

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

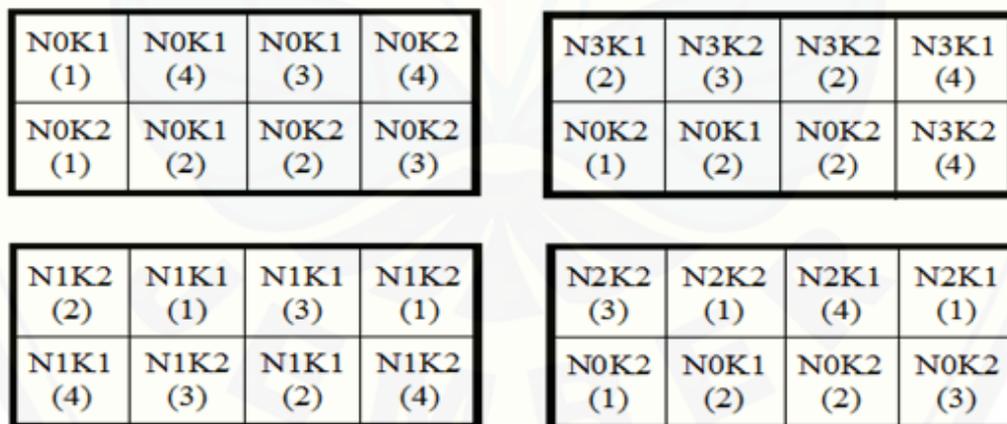
- a. N0K1 : bibit kopi diletakkan pada tempat tanpa naungan dan klon kopi BP 358.
- b. N0K2 : bibit kopi diletakkan pada tempat tanpa naungan dan klon kopi BP 308.
- c. N1K1 : bibit kopi diletakkan pada tempat dengan naungan paranet satu lapis dan klon kopi BP 358.
- d. N1K2 : bibit kopi diletakkan pada 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:



Gambar 3.2 Denah petak penelitian (Keterangan: □ = anak petak, ◻ = petak utama)

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

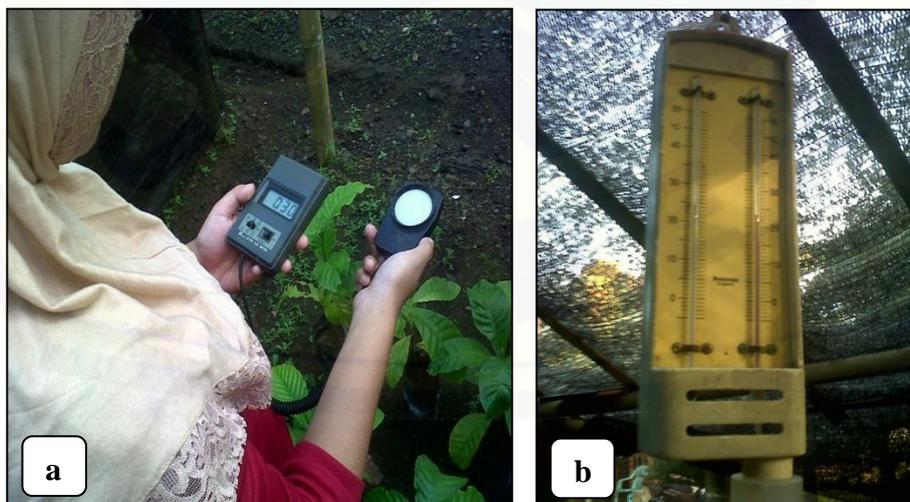
Tempat pembibitan berupa bangunan yang terbuat dari bambu dengan ukuran panjang 100 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 150 cm sebanyak empat petak. Pada bagian atap dan samping bangunan diberi naungan sesuai perlakuan. Naungan yang digunakan berupa paranet plastik berwarna hitam.



Gambar 3.3 Tempat pembibitan tampak depan (a), tampak belakang (b), tampak samping (c)

3.4.2 Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari, Suhu, dan Kelembaban Relatif

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



Gambar 3.4 Pengukuran intensitas cahaya (a) dan pengukuran suhu serta kelembaban relatif (b)

3.4.3 Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan meliputi pemupukan, penyiraman, penyiangan, dan pengendalian hama. Pemupukan dilakukan setiap dua minggu sekali selama pengamatan menggunakan pupuk urea 2 g/tanaman. Penyiraman dilaksanakan dengan menambahkan air pada media tanam bibit kopi sampai kapasitas lapang. 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 3.5 Hama kutu putih (a) dan aplikasi urea 2g/tanaman (b)

3.4.4 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan setelah perlakuan selama dua bulan dengan cara memetik daun kopi untuk dianalisis kandungan klorofil, sukrosa, dan protein terlarut. Sampel daun yang sudah dipetik selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik dan disimpan dalam termos es. Kemudian sampel dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

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 1 cm di atas pangkal batang. Pengukuran diameter batang dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pada awal dan akhir pengamatan.

3. Jumlah Daun (helai)

Pengukuran jumlah daun kopi dilakukan dengan menghitung daun kopi yang terbentuk. Pengukuran variabel pengamatan ini dilakukan setiap satu minggu sekali.

4. Kandungan Klorofil Daun (mg/g)

Sebanyak 0,1 g sampel daun kopi digerus menggunakan mortal alu dan ditambahkan nitrogen cair. Kemudian ditambah larutan H_3BO_3 10 mM sebanyak 0,5 ml ke dalam sampel yang telah halus. Masukkan suspensi tersebut ke dalam ependorf sebanyak 40 mikroliter, lalu masukkan ke dalam *freezer*. Ambil suspensi kemudian tambahkan ethanol sebanyak 960 mikroliter ke dalam masing-masing ependorf, lalu di vortex hingga homogen dan inkubasi di dalam kulkas ($4^\circ C$ selama 30 menit). Setelah itu, suspensi di sentrifus selama 10 menit dengan kecepatan 8000 rpm dan suhu $10^\circ C$. Ambil supernatan sebanyak 950 mikroliter, lalu ukur OD (*Optical Density*) menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 649 nm dan 665 nm. Hasil absorbansi dimasukkan ke dalam rumus di bawah ini :

a. Klorofil a = $(13,7 \times \text{Abs}_{665}) - (5,76 \times \text{Abs}_{649}) = \mu\text{g klorofil /g sampel}$

b. Klorofil b = $(25,8 \times \text{Abs}_{649}) - (7,60 \times \text{Abs}_{665}) = \mu\text{g klorofil /g sampel}$

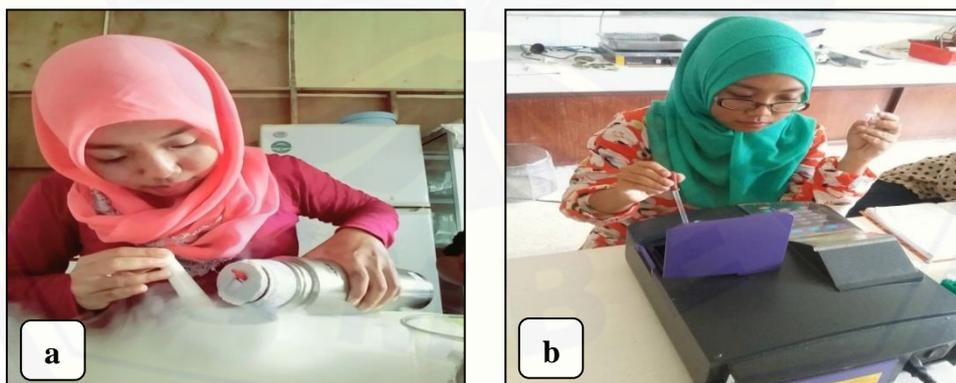
c. Klorofil total = Klorofil a + Klorofil b = $\mu\text{g klorofil /g sampel}$

5. Kandungan Sukrosa Daun (mg/g)

Tujuan dari pengukuran parameter ini adalah untuk mengetahui kandungan sukrosa daun bibit kopi. Analisis kandungan sukrosa menggunakan metode resolsinol. Sampel daun kopi sebanyak 250 μl ditambah NaOH 0,5 N 100 μl dan divortek, kemudian dipanaskan 100 $^{\circ}\text{C}$ selama 10 menit. Sampel dilakukan pewarnaan dengan menambahkan resolsinol sebanyak 250 μl dan HCl 30% 750 μl . Sampel diinkubasi selama 8 menit pada suhu 80 $^{\circ}\text{C}$. Setelah dingin, absorbansi diukur pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 520 nm.

6. Kandungan Protein Terlarut

Pengukuran kandungan protein terlarut diawali dengan ekstraksi protein. Sampel daun kopi sebanyak 0.5 gram digerus dengan menambahkan nitrogen cair dalam mortal alu, kemudian ditambahkan buffer ekstraksi dengan volume tiga kali berat sampel. Sampel dimasukkan ke dalam ependorf, lalu disentrifuge pada kecepatan 10.000 rpm suhu 25 $^{\circ}\text{C}$ selama 25 menit. Supernatan diambil untuk dilakukan analisis. Analisis kandungan protein terlarut mengacu pada metode Bradford (1976). Analisis ini dilakukan untuk mengetahui jumlah sampel yang digunakan pada proses elektroforesis. Sampel 10 μl ditambah larutan Bradford sebanyak 1 ml. Campuran tersebut kemudian divortek dan di inkubasi. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 595 nm dan standar yang digunakan adalah *Bovine Serum Albumin* (BSA).



Gambar 3.6 Ekstraksi sampel (a) dan pengukuran absorbansi (b)

7. Konduktivitas Stomata

Pengukuran parameter ini bertujuan untuk mengukur daya hantar stomata dari setiap perlakuan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *Leaf Porometer* SC-1. Pengukuran konduktivitas stomata dilakukan pukul 10.00-14.00 pada daun muda yang telah tumbuh maksimal pada ruas 2-3 dari pucuk. Nilai konduktivitas stomata dinyatakan dalam satuan $\text{mMol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{detik}^{-1}$.



Gambar 3.7 Pengukuran konduktivitas stomata daun

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 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Iklim Mikro

Iklim mikro tempat tumbuh tanaman secara langsung dapat mempengaruhi pertumbuhan dan proses metabolisme di dalam tubuh tanaman. Iklim yang sesuai akan mendukung pertumbuhan tanaman, sebaliknya kondisi iklim yang tidak sesuai dapat menyebabkan tanaman mengalami stres (cekaman) sehingga pertumbuhan terganggu. Pengamatan iklim mikro yang dilakukan dalam penelitian mengenai respon fisiologis dan pertumbuhan dua klon kopi robusta pada berbagai tingkat naungan meliputi intensitas cahaya matahari, suhu, dan kelembaban relatif (Tabel 4.1)

Tabel 4.1 Hasil pengukuran intensitas cahaya, suhu dan kelembaban udara di areal penelitian

Naungan (Lapis)	Intensitas Cahaya (Lux)	Intensitas Cahaya (%)	Suhu ($^{\circ}$ C)	Kelembaban Relatif (%)
0 Lapis (N0)	27217,63	100,00	25,59	80,00
1 Lapis (N1)	18727,78	68,81	25,13	81,08
2 Lapis (N2)	10255,85	37,68	24,88	82,75
3 Lapis (N3)	1897,87	6,98	24,47	83,83

Berdasarkan hasil pengamatan iklim mikro pada empat petak penelitian dengan berbagai tingkat naungan, dapat diketahui iklim mikro pada petak tanpa penaung (nol lapis naungan) memiliki nilai intensitas cahaya matahari sebesar 27217,63 lux atau setara dengan 100%, suhu 25,50 $^{\circ}$ C, dan kelembaban relatif 80,00%. Pada petak penelitian yang diatur dengan naungan paranet satu lapis, dapat diketahui nilai dari pengukuran intensitas cahaya matahari, suhu, dan kelembaban relatif secara berturut-turut adalah 18727,78 lux atau 68,81%, 25,13 $^{\circ}$ C, dan 81,08%. Untuk pengukuran pada petak penelitian dengan dua lapis naungan paranet, diperoleh hasil, yaitu intensitas cahaya matahari 10255,85 lux atau 37,68%, suhu 24,88 $^{\circ}$ C, dan kelembaban relatif sebesar 82,75%. Pada petak penelitian dengan perlakuan tiga lapis paranet sebagai penaung, diperoleh hasil pengamatan intensitas cahaya matahari sebesar 1897,87 lux atau 6,98%, suhu

24,47 °C, dan kelembaban relatif 83,83%. Kondisi demikian mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan intensitas cahaya matahari, suhu, dan kelembaban pada masing-masing petak dengan tingkat naungan yang berbeda-beda.

Hasil pengamatan terhadap iklim mikro yang telah dilaksanakan menunjukkan bahwa suhu udara rata-rata di masing-masing petak yang memiliki tingkat naungan berbeda, sesuai dengan syarat tumbuh tanaman kopi robusta, yaitu 24-30°C (Mawardi, 2004). Pada variabel pengamatan kelembaban relatif juga menunjukkan bahwa kondisi iklim mikro masing-masing petak dengan tingkat naungan yang berbeda sesuai dengan syarat tumbuh kopi robusta, yaitu 80-90%. Hal ini berarti, adanya perbedaan pertumbuhan dan karakter fisiologi pada bibit kopi yang mendapat perlakuan tingkat naungan berbeda disebabkan oleh perbedaan intensitas cahaya matahari di masing-masing petak.

Intensitas cahaya merupakan salah satu unsur radiasi matahari yang menentukan proses fotosintesis, respirasi, dan transpirasi pada tanaman. Pemberian tingkat naungan yang berbeda mempengaruhi intensitas cahaya matahari, suhu, dan kelembaban relatif lingkungan tumbuh tanaman. Tingkat naungan yang berbeda mempengaruhi ketersediaan energi cahaya yang akan diubah menjadi energi panas dan energi kimia. 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).

Pada proses fotosintesis tanaman kopi, kualitas dan kuantitas cahaya yang sampai pada tanaman sangat penting. Hal ini dikarenakan tanaman kopi adalah tanaman C₃ yang membutuhkan intensitas cahaya tidak penuh untuk dapat tumbuh optimal. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi menyebabkan laju fotosintesis menurun karena terjadi fotorespirasi dan kerusakan enzim, demikian pula dengan intensitas cahaya yang rendah juga dapat menurunkan laju fotosintesis. Pengurangan cahaya pada tanaman akan menyebabkan pengurangan pertumbuhan akar dan tanaman menunjukkan gejala etiolasi (Taiz and Zeiger, 2006)

4.2 Hasil

Penelitian respon karakter pertumbuhan dan fisiologi bibit kopi robusta klon BP 358 dan 308 pada berbagai tingkat naungan dilakukan dengan mengamati sembilan variabel pengamatan baik di lapang maupun di laboratorium. Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, konduktivitas stomata, kandungan klorofil a, kandungan klorofil b, kandungan klorofil total daun, kandungan sukrosa daun, dan kandungan protein terlarut. Hasil analisis ragam dari delapan variabel pengamatan (Tabel 4.2) menunjukkan bahwa interaksi antara faktor naungan dan klon berbeda nyata pada variabel pengamatan konduktivitas stomata. Perlakuan pemberian naungan (N) menunjukkan hasil berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, kandungan klorofil a, kandungan klorofil b, kandungan klorofil total daun, dan kandungan sukrosa daun, sedangkan perlakuan macam klon (K) menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada semua variabel pengamatan.

Tabel 4.2 Rangkuman nilai F-hitung dari beberapa variabel pengamatan

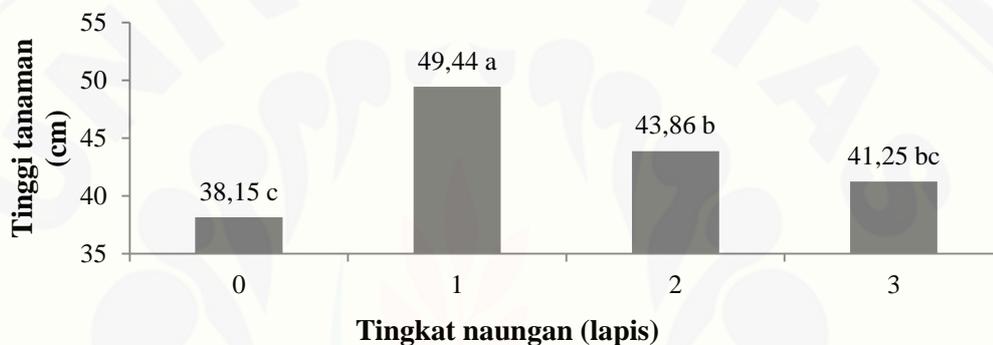
No	Variabel Pengamatan	F Hitung		
		Tingkat Naungan(N)	Macam Klon(K)	Interaksi N x K
1	Tinggi tanaman	20,25 **	1,42 tn	2,58 tn
2	Jumlah daun	17,00 **	4,59 tn	3,09 tn
3	Diameter batang	24,77 **	4,07 tn	0,24 tn
4	Konduktivitas stomata	3,21 tn	0,56 tn	5,47 *
5	Kandungan klorofil a	47,02 **	0,07 tn	0,65 tn
6	Kandungan klorofil b	36,54 **	0,92 tn	0,72 tn
7	Kandungan klorofil total daun	45,14 **	0,24 tn	0,68 tn
8	Kandungan sukrosa daun	19,49 **	0,06 tn	0,84 tn

Keterangan :

** = berbeda sangat nyata, * = berbeda nyata, tn = berbeda tidak nyata

4.2.1 Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 4.2) menunjukkan bahwa interaksi perlakuan tingkat naungan dan macam klon bibit kopi robusta berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan tinggi tanaman, namun faktor tunggal tingkat naungan menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap variabel pengamatan yang sama. Hasil pengamatan pengaruh faktor tunggal tingkat naungan terhadap tinggi tanaman, kemudian diuji lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% (Gambar 4.1). Untuk hasil pengamatan tinggi tanaman karena pengaruh faktor tunggal macam klon disajikan pada Gambar 4.3.



Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%.

Gambar 4.1 Pengaruh tingkat naungan terhadap tinggi bibit kopi robusta

Berdasarkan Gambar 4.1, dapat diketahui bahwa tinggi bibit kopi robusta terbaik terdapat pada perlakuan tingkat naungan satu lapis, yaitu 49,44 cm, dimana hasil dari perlakuan tersebut berbeda sangat nyata dengan perlakuan lainnya. Pada bibit kopi robusta di bawah naungan dua lapis paranet, memberikan hasil tinggi tanaman sebesar 43,86 cm. Hasil tersebut berbeda nyata dengan perlakuan bibit kopi robusta di bawah naungan tiga lapis paranet dan berbeda sangat nyata dengan bibit kopi robusta tanpa naungan. Rerata tinggi bibit kopi robusta di bawah naungan tiga lapis paranet adalah 41,25 cm, sedangkan rerata tinggi bibit kopi robusta tanpa naungan sebesar 38,15 cm.

Perlakuan bibit kopi robusta tanpa naungan (N0) memberikan hasil tinggi tanaman terendah diantara perlakuan lainnya. Pada tempat tanpa naungan mengakibatkan intensitas cahaya matahari meningkat, sehingga pertumbuhan bibit kopi robusta baik klon BP 358 dan BP 308 terhambat. Tingginya intensitas cahaya matahari yang diterima tanaman mengakibatkan air tanaman menjadi berkurang. Pada daun juga terjadi defisit air yang diikuti oleh penutupan stomata akibatnya laju fotosintesis menjadi berkurang sedangkan transpirasi tanaman tinggi. Kekurangan air pada tanaman karena transpirasi yang tinggi mengakibatkan pertumbuhan batang menjadi kerdil (Ferita dkk., 2009). Selain itu, menurut Gardner *et al.* (1991), intensitas radiasi yang terlalu tinggi dapat menekan kerja hormon auksin. Hormon auksin yang merupakan salah satu hormon yang berperan dalam pertumbuhan tanaman, yaitu dalam pemanjangan sel. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan kerja auksin menurun sehingga menghambat pembelahan sel. Hal ini dikarenakan hormon auksin merupakan hormon yang kerjanya dipengaruhi cahaya. Cahaya yang tinggi dapat menekan kerja auksin, sebaliknya auksin akan bekerja dengan cepat bila di tempat dengan intensitas cahaya rendah.

Bibit kopi robusta dengan perlakuan naungan dua lapis dan tiga lapis juga tidak memberikan respon tinggi tanaman yang baik. Hal ini disebabkan karena intensitas cahaya matahari yang diterima tanaman kurang atau terlalu rendah. Intensitas cahaya yang kurang dapat mengakibatkan laju fotosintesis tanaman rendah. Pernyataan ini sejalan dengan pendapat Ferita dkk. (2009), bahwa pada intensitas cahaya yang rendah akan menurunkan laju fotosintesis sampai pada taraf yang cukup besar. Menurunnya laju fotosintesis akan mengganggu metabolisme dalam tubuh tanaman yang akhirnya akan menurunkan laju pertumbuhan tanaman.

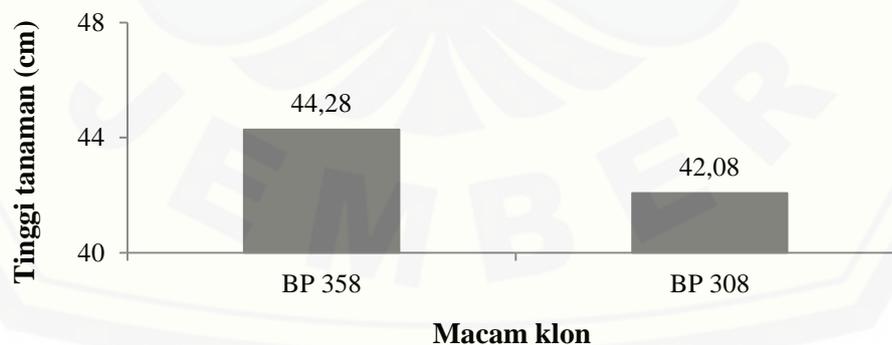
Tingkat naungan satu lapis dapat memberikan nilai tinggi tanaman terbaik pada bibit kopi robusta dalam penelitian ini (Gambar 4.2). Hal ini menunjukkan bahwa, lapisan paranet satu lapis mampu memberikan kondisi iklim mikro, khususnya intensitas cahaya yang sesuai untuk pertumbuhan bibit kopi robusta. DaMatta *et al.* (2008) menyatakan, pertumbuhan tinggi bibit dipengaruhi oleh

faktor lingkungan dan faktor genetik. Intensitas cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan yang secara langsung memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tinggi bibit. Intensitas cahaya yang optimal mendukung efisiensi proses fotosintesis tanaman, dimana hasil fotosintesis merupakan substrat bagi tanaman untuk pertumbuhan.



Gambar 4.2 Perbedaan tinggi bibit kopi robusta pada berbagai tingkat naungan

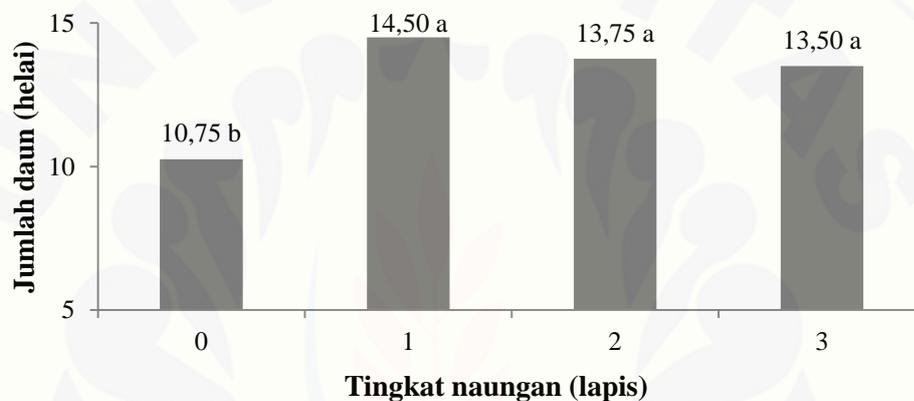
Berdasarkan Tabel 4.2, macam klon kopi berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan tinggi tanaman. Kedua klon kopi robusta memiliki tinggi tanaman yang tidak jauh berbeda (Gambar 4.3). Tinggi bibit kopi robusta klon BP 358 (44,28 cm) lebih tinggi 5,0% dibandingkan bibit kopi robusta klon BP 308 (42,08 cm). Walaupun perbedaan kedua klon kopi tidak signifikan, namun klon BP 358 memiliki kecenderungan lebih baik dibandingkan klon BP 308.



Gambar 4.3 Rerata tinggi tanaman pada klon yang berbeda

4.2.2 Jumlah Daun

Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 4.2) menunjukkan bahwa interaksi perlakuan tingkat naungan dan macam klon bibit kopi robusta berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan jumlah daun, namun faktor tunggal tingkat naungan menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap variabel pengamatan yang sama. Hasil pengamatan pengaruh faktor tunggal tingkat naungan terhadap jumlah daun, kemudian diuji lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% (Gambar 4.4). Untuk hasil pengamatan jumlah daun karena pengaruh faktor tunggal macam klon disajikan pada Gambar 4.5.



Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%.

Gambar 4.4 Pengaruh tingkat naungan terhadap jumlah daun bibit kopi robusta

Berdasarkan Gambar 4.4, dapat diketahui bahwa jumlah daun bibit kopi robusta di bawah naungan paranet satu, dua, dan tiga lapis tidak berbeda nyata, namun ketiga perlakuan tersebut berbeda sangat nyata dengan bibit kopi robusta pada petak tanpa naungan (nol lapis naungan). Hasil pengukuran jumlah daun tertinggi terdapat pada bibit kopi robusta di bawah naungan paranet satu lapis, yaitu 14,50 helai. Selanjutnya, hasil pengukuran variabel jumlah daun bibit kopi robusta dengan perlakuan dua dan tiga lapis naungan masing-masing adalah 13,75 helai dan 13,50 helai. Jumlah daun bibit kopi terendah terdapat pada perlakuan tanpa naungan, yaitu 10,75 helai.

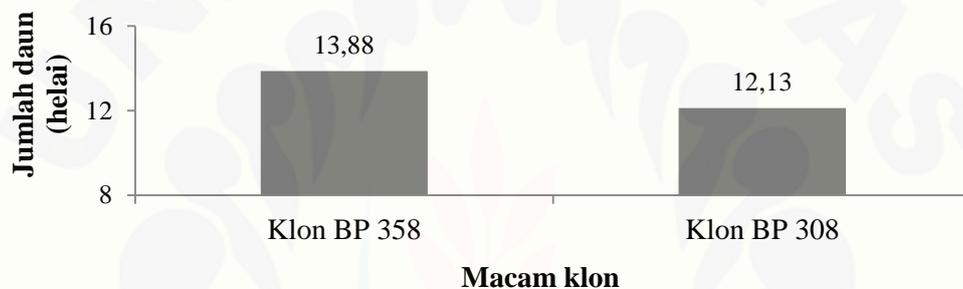
Hasil pengukuran variabel jumlah daun pada bibit kopi robusta dalam penelitian ini, menunjukkan bahwa intensitas cahaya mempengaruhi jumlah daun tanaman. Bibit kopi yang ditanam pada tempat dengan intensitas cahaya tinggi cenderung memiliki jumlah daun yang lebih sedikit daripada bibit kopi yang ditanam pada tempat yang ternaungi. Hal ini disebabkan intensitas cahaya yang tinggi 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).

Rendahnya jumlah daun pada bibit kopi tanpa naungan tidak hanya disebabkan karena adanya hambatan pertumbuhan, tetapi juga karena terjadinya kerontokan daun. Intensitas cahaya tinggi menyebabkan proses transpirasi meningkat, sehingga terjadi penurunan kandungan air dalam jaringan bibit. Penurunan kandungan air dalam jaringan bibit dapat memacu terbentuknya lapisan absisik pada tangkai daun, sehingga berakibat merontokkan daun. Pada proses penuaan daun tanaman dimulai dengan peningkatan kandungan asam absisik (ABA) pada tangkai daun. ABA merupakan jenis hormon yang banyak terlibat dalam proses penuaan organ tanaman (Cruzz, 1997). Lebih lanjut Marjenah (2001) menegaskan bahwa, tingkat kesegaran bibit berkaitan dengan keseimbangan hormonal. Hormon ABA mudah terbentuk pada kondisi status air menurun dan akan meningkat apabila potensial air semakin rendah.

Pada perlakuan tingkat naungan satu, dua, dan tiga lapis, tidak menunjukkan hasil yang berbeda nyata terhadap variabel pengamatan jumlah daun. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi iklim mikro di bawah naungan paranet mendukung dalam pembentukan daun baru dan mempertahankan daun dari kerontokan akibat iklim mikro yang tidak sesuai. Pada penelitian ini, penggunaan naungan paranet untuk bibit kopi robusta memberikan manfaat dalam mengatur intensitas penyinaran matahari, tinggi rendahnya suhu, kelembaban udara dan menahan angin. Pada siang hari keberadaan naungan berperan untuk mengurangi tingginya suhu maksimum dengan cara menahan cahaya matahari yang diterima tanaman dan pada malam hari naungan mengurangi turunnya suhu

minimum dengan cara menghambat radiasi panas dari bumi ke atmosfer (Nurshanti, 2011).

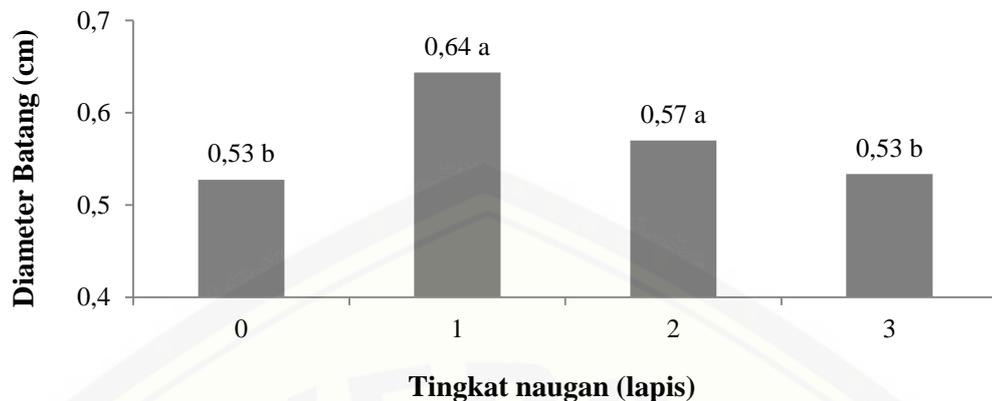
Berdasarkan Tabel 4.2, macam klon kopi berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan jumlah daun. Kedua klon kopi robusta memiliki rerata jumlah daun yang tidak jauh berbeda (Gambar 4.5). Jumlah daun bibit kopi robusta klon BP 358 adalah 13,88 helai, sedangkan pada bibit kopi robusta klon BP 308 sebanyak 12,13 helai. Jumlah daun bibit kopi robusta klon BP 358 lebih tinggi 12,6% dibandingkan bibit kopi robusta klon BP 308. Walaupun perbedaan kedua klon kopi tidak signifikan, namun ditinjau dari variabel pengamatan jumlah daun, klon BP 358 memiliki kecenderungan lebih baik dibandingkan klon BP 308.



Gambar 4.5 Rerata jumlah daun pada klon yang berbeda

4.2.3 Diameter Batang

Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 4.2) menunjukkan bahwa interaksi perlakuan tingkat naungan dan macam klon bibit kopi robusta berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan diameter batang, namun faktor tunggal tingkat naungan menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap variabel pengamatan yang sama. Hasil pengamatan pengaruh faktor tunggal tingkat naungan terhadap diameter batang, kemudian diuji lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% (Gambar 4.6). Untuk hasil pengamatan diameter batang karena pengaruh faktor tunggal macam klon disajikan pada Gambar 4.7.



Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%.

Gambar 4.6 Pengaruh tingkat naungan terhadap diameter batang bibit kopi robusta

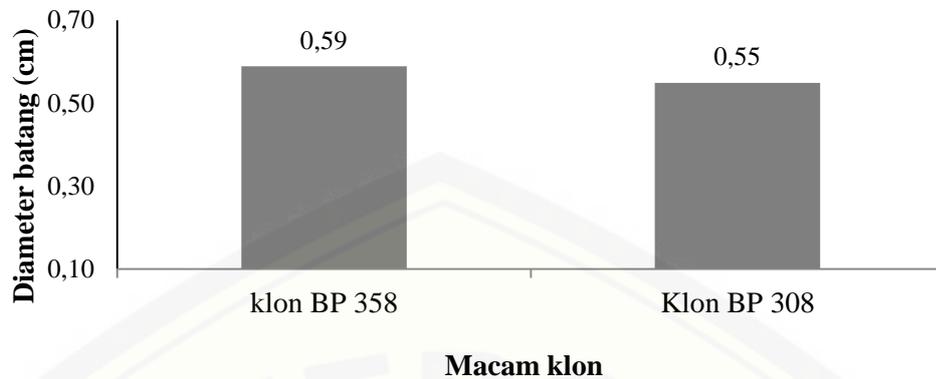
Berdasarkan Gambar 4.6, dapat diketahui bahwa diameter batang bibit kopi robusta di bawah naungan paranet satu dan dua lapis menunjukkan hasil tidak berbeda nyata, namun keduanya berbeda sangat nyata dengan bibit kopi robusta pada petak tanpa naungan (nol lapis naungan) dan tiga lapis naungan. Hasil pengukuran diameter batang terbaik terdapat pada bibit kopi robusta di bawah naungan paranet satu lapis, yaitu 0,64 cm. Selanjutnya, hasil pengukuran variabel diameter batang bibit kopi robusta dengan perlakuan dua lapis naungan paranet sebesar 0,57 cm. Pada bibit kopi robusta yang mendapat perlakuan 0 lapis dan tiga lapis naungan memberikan hasil diameter batang terendah, yaitu sebesar 0,53 cm.

Pertumbuhan diameter batang bibit kopi robusta dibawah naungan paranet satu dan dua lapis merupakan yang terbaik. Kondisi ini menunjukkan bahwa adanya naungan mampu mendukung pertumbuhan tanaman. Hal tersebut erat kaitannya dengan intensitas cahaya yang diterima bibit kopi. Naungan satu dan dua lapis memberikan intensitas cahaya optimal bagi bibit kopi yang merupakan titik keseimbangan antara kebutuhan cahaya dan besarnya transpirasi sehingga menghasilkan pertumbuhan terbaik. Dewi dan Sumarjan (2011) menjelaskan bahwa, pertumbuhan diameter tanaman berhubungan erat dengan laju fotosintesis yang akan sebanding dengan jumlah intensitas cahaya matahari yang diterima tanaman.

Pada bibit kopi robusta dengan perlakuan tanpa naungan memberikan hasil terendah terhadap variabel diameter batang. Hal ini disebabkan karena tingginya intensitas cahaya yang diterima tanaman. Kondisi tersebut merupakan titik jenuh tanaman terhadap cahaya, dimana tanaman tidak mampu menambah hasil fotosintesis walaupun jumlah cahaya bertambah (Ariany dkk., 2013). Selain itu, rendahnya diameter batang bibit kopi perlakuan tanpa naungan disebabkan karena intensitas cahaya yang tinggi mengakibatkan laju transpirasi meningkat. Apabila kondisi tersebut berlangsung cukup lama dapat menyebabkan keseimbangan air tanaman terganggu dan dapat menurunkan pertumbuhan tanaman termasuk diameter batang tanaman.

Pada intensitas cahaya rendah juga dapat menghambat pertumbuhan diameter batang tanaman. Hal ini dapat dilihat dari bibit kopi dalam penelitian yang mendapat perlakuan tiga lapis naungan. Bibit kopi yang ditanam di bawah naungan tiga lapis mengalami kekurangan cahaya, sehingga pertumbuhan diameter batangnya terhambat. Kondisi intensitas cahaya rendah mengakibatkan proses fotosintesis tanaman tidak optimal, sehingga fotosintat yang dihasilkan dalam jumlah sedikit. Rendahnya intensitas cahaya dan fotosintat yang dihasilkan tanaman menjadi faktor pembatas aktivitas hormon dalam proses pembentukan sel meristematik ke arah diameter batang. Tanaman mengalami hambatan pertumbuhan di tempat yang karena terhambatnya aktivitas hormon giberelin yang berfungsi dalam pembelahan sel (Sudomo, 2009).

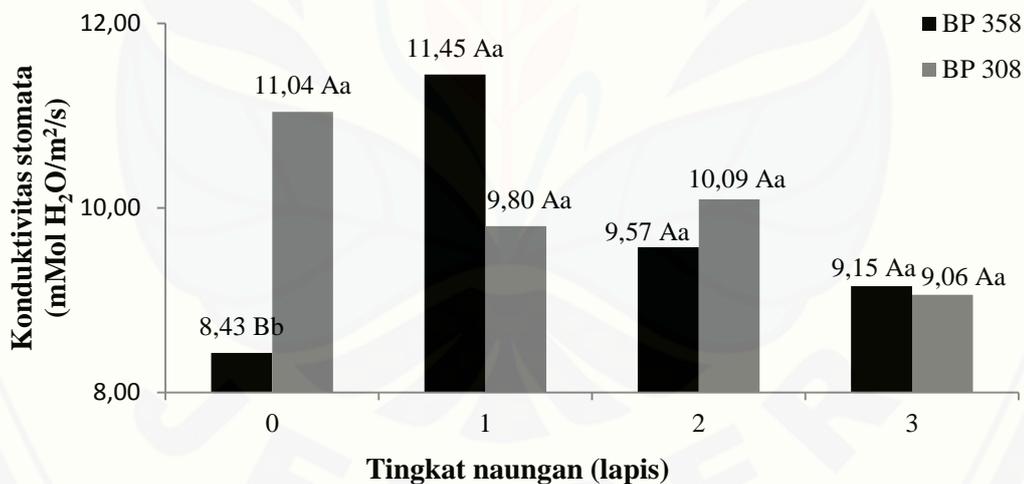
Berdasarkan Tabel 4.2, macam klon kopi berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan diameter batang. Kedua klon kopi robusta memiliki rerata diameter batang yang tidak jauh berbeda (Gambar 4.7). Diameter batang bibit kopi robusta klon BP 358 adalah 13,88 helai, sedangkan pada bibit kopi robusta klon BP 308 sebanyak 12,13 helai. Jumlah daun bibit kopi robusta klon BP 358 lebih tinggi 12,6% dibandingkan bibit kopi robusta klon BP 308. Walaupun perbedaan kedua klon kopi tidak signifikan, namun ditinjau dari variabel pengamatan jumlah daun, klon BP 358 memiliki kecenderungan lebih baik dibandingkan klon BP 308.



Gambar 4.7 Rerata diameter batang pada klon yang berbeda

4.2.4 Konduktivitas Stomata

Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 4.2) menunjukkan bahwa interaksi perlakuan tingkat naungan dan macam klon bibit kopi robusta berpengaruh nyata terhadap variabel pengamatan konduktivitas stomata. Hasil tersebut telah diuji lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% (Gambar 4.8).



Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%. Huruf kapital membandingkan tingkat naungan pada klon yang sama. Huruf kecil membandingkan macam klon dengan tingkat naungan yang sama

Gambar 4.8 Pengaruh interaksi antara tingkat naungan dan macam klon bibit kopi robusta terhadap konduktivitas stomata

Berdasarkan Gambar 4.8, dapat diketahui bahwa nilai konduktivitas stomata terbaik terdapat pada interaksi perlakuan tingkat naungan satu lapis dan bibit kopi robusta klon BP 358, yaitu sebesar $11,45 \text{ mMol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}$, namun hasil tersebut berbeda tidak nyata dengan semua kombinasi perlakuan kecuali dengan kombinasi perlakuan tanpa naungan dan bibit kopi robusta klon BP 358. Interaksi perlakuan satu lapis naungan dan klon BP 358 berbeda nyata dengan interaksi perlakuan tanpa naungan dan klon BP 358. Pada interaksi perlakuan tanpa naungan dan bibit kopi klon BP 358 menunjukkan nilai pengukuran konduktivitas stomata terendah, yaitu sebesar $8,43 \text{ mMol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}$.

Perbedaan intensitas cahaya juga mempengaruhi konduktivitas stomata, dimana konduktivitas stomata adalah kemampuan stomata dalam melakukan pertukaran gas di daun. Intensitas cahaya yang optimal akan mempengaruhi aktivitas stomata untuk menyerap CO_2 , semakin tinggi intensitas cahaya matahari yang diterima oleh permukaan daun tanaman pada batas tertentu, mengakibatkan jumlah absorpsi CO_2 relatif makin tinggi (Hale and Orcutt, 1987). Hal ini yang terjadi pada interaksi perlakuan tingkat naungan satu lapis dan bibit kopi robusta klon BP 358. Tingkat naungan satu lapis paranet memungkinkan nilai daya hantar stomata yang lebih baik dibandingkan dengan kombinasi perlakuan lainnya. Pada kondisi intensitas cahaya yang terlalu tinggi secara terus-menerus pada bibit kopi robusta tanpa naungan menyebabkan stomata menutup untuk mencegah kehilangan air pada saat persediaan air terbatas. Menutupnya stomata akan menyebabkan tidak adanya pertukaran gas CO_2 , O_2 , dan H_2O .

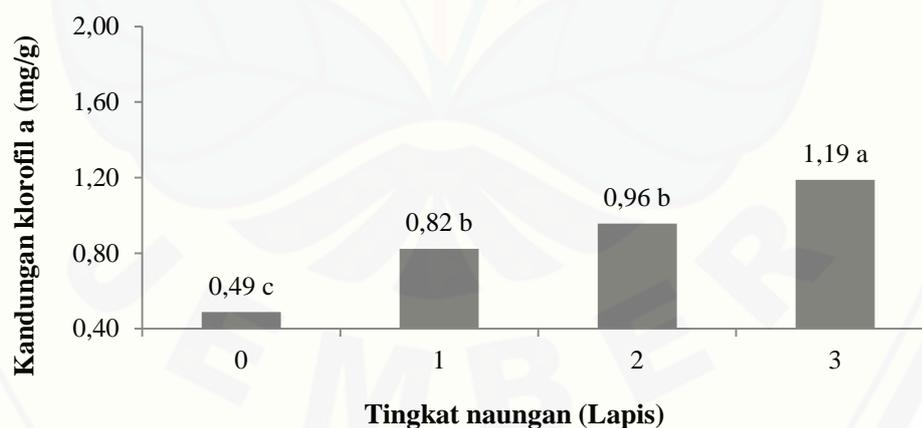
Selain itu, pada penelitian ini juga diketahui bahwa bibit kopi robusta klon BP 358 di bawah naungan paranet satu lapis memberikan nilai konduktivitas stomata yang terbaik, sedangkan yang diletakkan tempat tidak ternaungi memberikan hasil yang terburuk. Hal ini menunjukkan bahwa, bibit kopi robusta klon BP 358 hanya mampu tumbuh dengan baik pada kondisi lingkungan yang sesuai.

4.2.5 Kandungan Klorofil Daun

Fotosintesis pada tanaman kopi robusta sangat dipengaruhi oleh kandungan klorofil yang terdapat pada daun. Klorofil berfungsi sebagai penangkap cahaya yang sangat dibutuhkan untuk berlangsungnya fotosintesis. Terdapat dua macam klorofil pada tanaman yaitu klorofil a dan klorofil b. Menurut Ai dan Banyo, (2011), terdapat beberapa karakter fisiologi yang dapat dijadikan penciri untuk adaptasi terhadap naungan yaitu kandungan klorofil a, b, dan total serta rasio klorofil a/b.

4.2.5.1 Kandungan Klorofil A

Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 4.2) menunjukkan bahwa interaksi perlakuan tingkat naungan dan macam klon bibit kopi robusta berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan kandungan klorofil a daun, namun faktor tunggal tingkat naungan menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap variabel pengamatan yang sama. Hasil pengamatan pengaruh faktor tunggal tingkat naungan terhadap kandungan klorofil a, kemudian diuji lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% (Gambar 4.9). Untuk hasil pengamatan kandungan klorofil a karena pengaruh faktor tunggal macam klon disajikan pada Gambar 4.10.



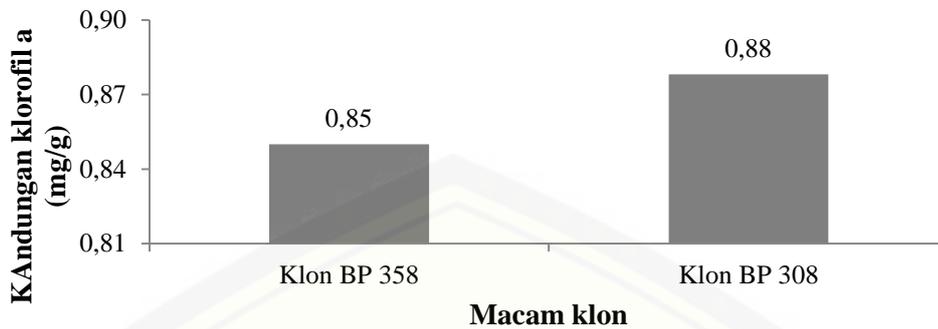
Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%.

Gambar 4.9 Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil a daun bibit kopi robusta

Data pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil a daun kopi robusta yang diteliti, menunjukkan bahwa tingkat naungan tiga lapis paranet memberikan hasil yang terbaik, yaitu 1,19 mg/g. Hasil tersebut berbeda sangat nyata dengan perlakuan bibit kopi robusta di bawah naungan paranet dua lapis, satu lapis, dan tanpa naungan. Pada perlakuan bibit kopi robusta di bawah naungan satu lapis dan dua lapis paranet menunjukkan hasil berbeda tidak nyata, masing-masing memberikan hasil kandungan klorofil a sebesar 0,82 mg/g dan 0,96 mg/g. Kedua perlakuan tersebut berbeda sangat nyata dengan kandungan klorofil a pada bibit kopi robusta di tempat tidak ternaungi, dimana pada perlakuan ini memberikan hasil terendah, yaitu 0,49 mg/g.

Klorofil a berperan secara langsung dalam reaksi perubahan energi radiasi menjadi energi kimia serta menyerap dan mengangkut energi ke pusat reaksi molekul (Fitter and Hay, 1992). Hasil analisis kandungan klorofil a pada penelitian ini menunjukkan bahwa daun kopi robusta yang dinaungi memiliki nilai lebih tinggi daripada yang tidak dinaungi. Kondisi tersebut disebabkan daun yang ternaung lebih banyak menggunakan energi untuk menghasilkan pigmen pemanen cahaya yang memungkinkannya mampu menggunakan semua cahaya dalam jumlah terbatas yang mengenainya (Salisbury and Ross, 1995).

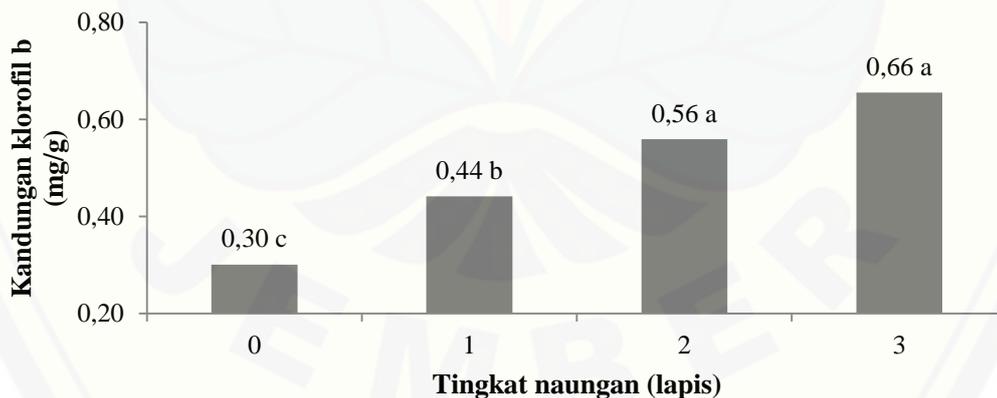
Berdasarkan Tabel 4.2, macam klon kopi berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan kandungan klorofil a. Kedua klon kopi robusta memiliki kandungan klorofil a yang tidak jauh berbeda (Gambar 4.10). Kandungan klorofil a bibit kopi robusta klon BP 358 adalah 0,85 mg/g, sedangkan pada bibit kopi robusta klon BP 308 sebanyak 0,88 mg/g. Kandungan klorofil a bibit kopi robusta klon BP 308 lebih tinggi 3,4% dibandingkan bibit kopi robusta klon BP 358. Walaupun perbedaan kedua klon kopi tidak signifikan, namun ditinjau dari variabel pengamatan kandungan klorofil a, klon BP 308 memiliki kecenderungan lebih baik dibandingkan klon BP 358.



Gambar 4.10 Rerata kandungan klorofil a pada klon yang berbeda

4.2.5.2 Kandungan Klorofil B

Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 4.2) menunjukkan bahwa interaksi perlakuan tingkat naungan dan macam klon bibit kopi robusta berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan kandungan klorofil b daun, namun faktor tunggal tingkat naungan menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap variabel pengamatan yang sama. Hasil pengamatan pengaruh faktor tunggal tingkat naungan terhadap kandungan klorofil b, kemudian diuji lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% (Gambar 4.11). Untuk hasil pengamatan kandungan klorofil b karena pengaruh faktor tunggal macam klon disajikan pada Gambar 4.12.



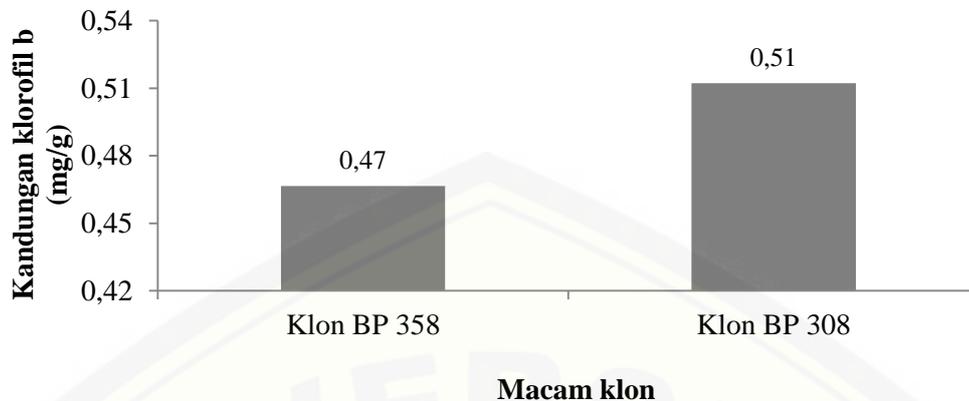
Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%.

Gambar 4.11 Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil b daun bibit kopi robusta.

Hasil analisis kandungan klorofil b pada bibit kopi robusta dengan berbagai tingkat naungan menunjukkan bahwa, kandungan klorofil b pada perlakuan tiga lapis naungan merupakan yang tertinggi dengan nilai sebesar 0,66 mg/g. Hasil tersebut berbeda tidak nyata dengan perlakuan bibit kopi di bawah dua lapis naungan paranet, dimana menunjukkan hasil kandungan klorofil b sebesar 0,56 mg/g. Kedua perlakuan tersebut berbeda sangat nyata dengan perlakuan bibit kopi robusta di bawah naungan satu lapis paranet dan tanpa naungan. Bibit kopi robusta di bawah satu lapis naungan paranet memberikan hasil kandungan klorofil b sebesar 0,44 mg/g. Perlakuan tersebut berbeda sangat nyata dengan perlakuan bibit kopi tanpa naungan yang hasilnya menunjukkan kandungan klorofil b sebesar 0,30 mg/g.

Klorofil b berfungsi sebagai antena fotosintetik yang mengumpulkan cahaya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat naungan, maka kandungan klorofil b juga semakin besar. Hal ini merupakan salah satu respon fisiologi tanaman terhadap intensitas cahaya rendah. Meningkatnya klorofil b berdampak positif terhadap efektivitas penyerapan energi radiasi pada kondisi yang ternaungi. Peningkatan kandungan klorofil b yang pada kondisi ternaungi berkaitan dengan peningkatan protein klorofil sehingga akan meningkatkan efisiensi fungsi antena fotosintetik pada *Light Harvesting Complex II* (LHC II). Penyesuaian tanaman terhadap radiasi yang rendah juga dicirikan dengan membesarnya antena untuk fotosistem II. Membesarnya antena untuk fotosistem II akan meningkatkan efisiensi pemanenan cahaya (Gardner *et al.*, 1991).

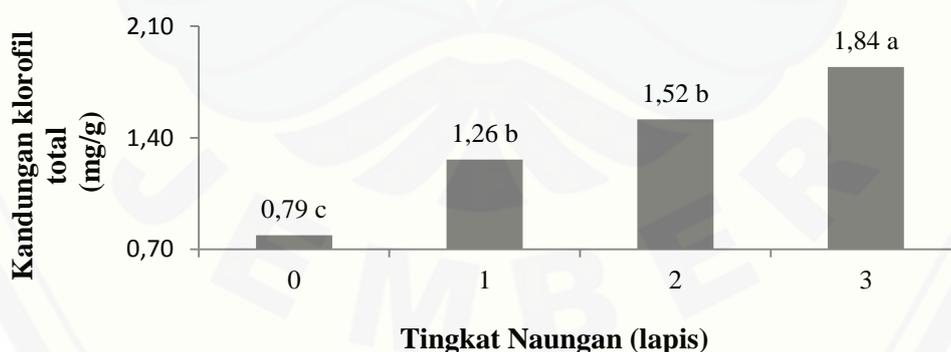
Berdasarkan Tabel 4.2, macam klon kopi berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan kandungan klorofil b. Kedua klon kopi robusta memiliki kandungan klorofil b yang tidak jauh berbeda (Gambar 4.12). Kandungan klorofil b bibit kopi robusta klon BP 308 (0,51 mg/g) lebih tinggi 7,8% dibandingkan bibit kopi robusta klon BP 358 (0,47 mg/g). Walaupun perbedaan kedua klon kopi tidak signifikan, namun klon BP 308 memiliki kecenderungan lebih baik dibandingkan klon BP 358.



Gambar 4.12 Rerata kandungan klorofil b pada klon yang berbeda

4.2.5.3 Kandungan Klorofil Total

Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 4.2) menunjukkan bahwa interaksi perlakuan tingkat naungan dan macam klon bibit kopi robusta berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan kandungan klorofil total daun, namun faktor tunggal tingkat naungan menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap variabel pengamatan yang sama. Hasil pengamatan pengaruh faktor tunggal tingkat naungan terhadap kandungan klorofil total, kemudian diuji lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% (Gambar 4.13). Untuk hasil pengamatan kandungan klorofil total karena pengaruh faktor tunggal macam klon disajikan pada Gambar 4.15).

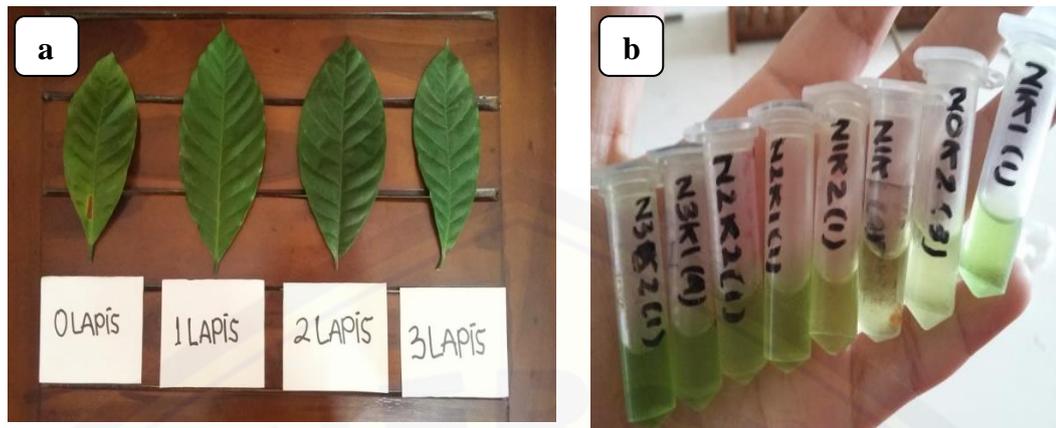


Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%.

Gambar 4.13 Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan klorofil total daun bibit kopi robusta

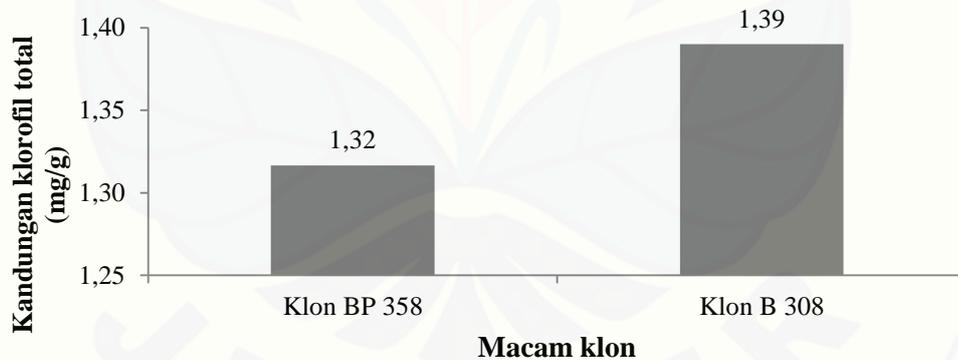
Berdasarkan Gambar 4.13, dapat diketahui bahwa kandungan total klorofil daun bibit kopi robusta yang tertinggi pada perlakuan tiga lapis naungan paranet, yaitu sebesar 1,84 mg/g. Perlakuan tersebut berbeda sangat nyata dengan bibit kopi robusta di bawah naungan satu lapis paranet, dua lapis paranet, dan tanpa naungan. Bibit kopi robusta perlakuan tingkat naungan satu lapis paranet memberikan hasil kandungan klorofil total daun yang tidak berbeda nyata dengan bibit kopi robusta di bawah naungan dua lapis paranet. Kandungan total klorofil daun bibit kopi robusta di bawah naungan paranet satu lapis adalah 1,26 mg/g, sedangkan kandungan total klorofil daun bibit kopi robusta di bawah naungan paranet dua lapis adalah 1,52 mg/g. Bibit kopi robusta yang mendapat perlakuan tanpa naungan memberikan hasil kandungan klorofil total terendah, yaitu 0,79 mg/g.

Sintesis klorofil pada daun kopi salah satunya dipengaruhi oleh faktor lingkungan, yaitu cahaya. Faktor cahaya sangat berperan penting dalam pembentukan klorofil. Radiasi cahaya yang diterima oleh tanaman dalam fotosintesis diabsorpsi oleh klorofil dan pigmen tambahan yang merupakan kompleks protein klorofil. Selanjutnya energi radiasi akan ditransfer ke pusat reaksi fotosistem I dan II yang merupakan tempat terjadinya perubahan energi cahaya menjadi energi kimia (Li *et al.*, 2006). Kondisi tersebut berkaitan erat dengan perbedaan tingkat penaung yang digunakan sehingga intensitas cahaya yang diterima berbeda. Intensitas cahaya yang tidak terlalu tinggi dengan penaung memungkinkan dan memacu pembentukan klorofil lebih baik daripada tanaman kopi di tempat yang tidak ternaungi. Intensitas cahaya yang tinggi yaitu pada bibit kopi tanpa naungan, memberikan pengaruh buruk pada klorofil karena terkena sinar terus menerus sehingga larutan klorofil berkurang hijaunya (Gambar 4.14). Hal ini sesuai dengan pernyataan Hale and Orcutt (1987), bahwa daun yang ternaungi memiliki kandungan klorofil total lebih tinggi daripada daun yang tidak ternaungi. Kondisi tersebut merupakan respon atau mekanisme adaptasi fisiologis agar daun tetap mampu menyerap radiasi bergelombang panjang oleh klorofil b yang lebih banyak untuk fotosintesis.



Gambar 4.14 Warna daun (a) dan absorbansi daun kopi robusta pada analisis kandungan klorofil (b) di bawah tingkat naungan yang berbeda

Berdasarkan Tabel 4.2, macam klon kopi berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan kandungan klorofil total. Kedua klon kopi robusta memiliki kandungan klorofil total yang tidak jauh berbeda (Gambar 4.15). Kandungan klorofil total bibit kopi robusta klon BP 308 (1,39 mg/g) lebih tinggi 5,0% dibandingkan bibit kopi robusta klon BP 358 (1,32 mg/g). Walaupun perbedaan kedua klon kopi tidak signifikan, namun klon BP 308 memiliki kecenderungan lebih baik dibandingkan klon BP 358.

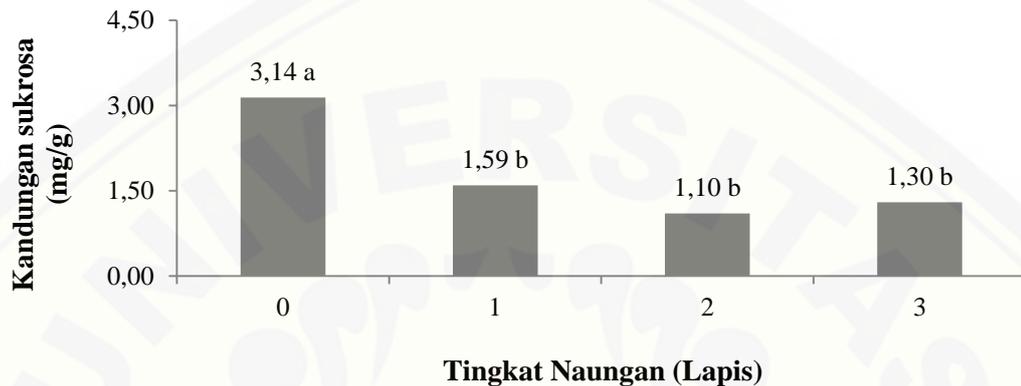


Gambar 4.15 Rerata kandungan klorofil total pada klon yang berbeda

4.2.6 Kandungan Sukrosa Daun

Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 4.2) menunjukkan bahwa interaksi perlakuan tingkat naungan dan macam klon bibit kopi robusta berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan kandungan sukrosa daun, namun faktor tunggal tingkat naungan menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap variabel

pengamatan yang sama. Hasil pengamatan pengaruh faktor tunggal tingkat naungan terhadap kandungan sukrosa daun, kemudian diuji lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% (Gambar 4.16). Untuk hasil pengamatan kandungan sukrosa karena pengaruh faktor tunggal macam klon disajikan pada Gambar 4.17).



Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%.

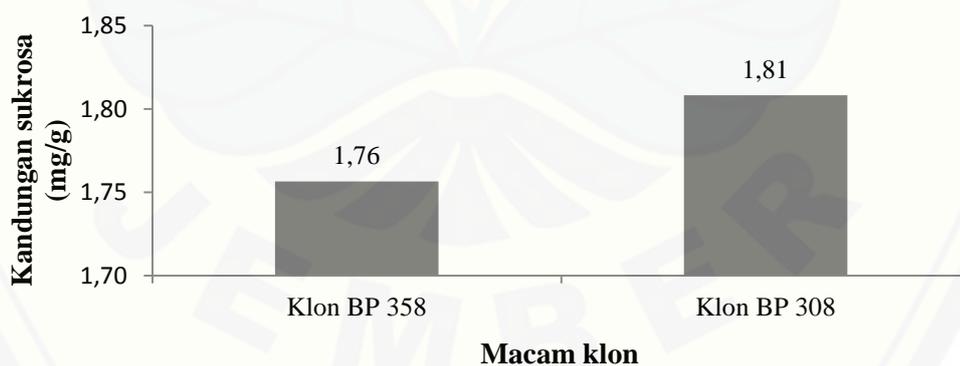
Gambar 4.16 Pengaruh tingkat naungan terhadap kandungan sukrosa daun bibit kopi robusta

Berdasarkan Gambar 4.16, dapat diketahui bahwa kandungan sukrosa tertinggi adalah pada bibit kopi robusta dengan perlakuan tanpa naungan, yaitu sebesar 3,14 mg/g. Hasil tersebut berbeda sangat nyata dengan bibit kopi robusta di bawah naungan paranet 1, 2, dan tiga lapis, dimana kandungan sukrosa daun masing-masing perlakuan tersebut, yaitu 1,59 mg/g, 1,10 mg/g, 1,30 mg/g. Kandungan sukrosa daun bibit kopi di bawah naungan satu lapis tidak berbeda nyata dengan kandungan sukrosa daun bibit kopi robusta di bawah naungan paranet dua lapis dan tiga lapis.

Kandungan sukrosa pada bibit kopi tanpa naungan memberikan hasil yang tertinggi. Hal ini karena proses fotosintesis pada tanaman tetap berjalan dan menghasilkan fotosintat, namun kondisi lingkungan yang tidak mendukung mengakibatkan sukrosa sedikit yang ditransfer pada bagian tanaman lain, sehingga terakumulasi pada daun tanaman. Aktivitas transport sukrosa merupakan

hal penting, karena besarnya sukrosa yang dapat diakumulasikan pada organ penyimpanan selain ditentukan oleh tingkat sintesisnya juga ditentukan oleh proses transportasi dari *source* ke *sink*. Transportasi sukrosa dari *source* ke *sink* terjadi secara apoplasmik dan simplasmik (Lalonde *et al.*, 2003). Sukrosa yang disintesis di sitosol akan bergerak secara apoplasmik melalui *sucrose transporter*. Sedangkan simplasmik merupakan translokasi sukrosa dari sel ke sel melalui plasmodesmata, yang terjadi pada jaringan meristem dan organ tanaman yang masih muda. Proses transportasi sukrosa dari *source* ke *sink* dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan ketersediaan air. Ketika intensitas cahaya terlalu tinggi mengakibatkan laju transpirasi meningkat, sehingga kadar air di dalam tanaman menurun. Penurunan kadar air akan menghambat transportasi sukrosa karena air berperan sebagai media transportasi (Salisbury and Ross, 1992).

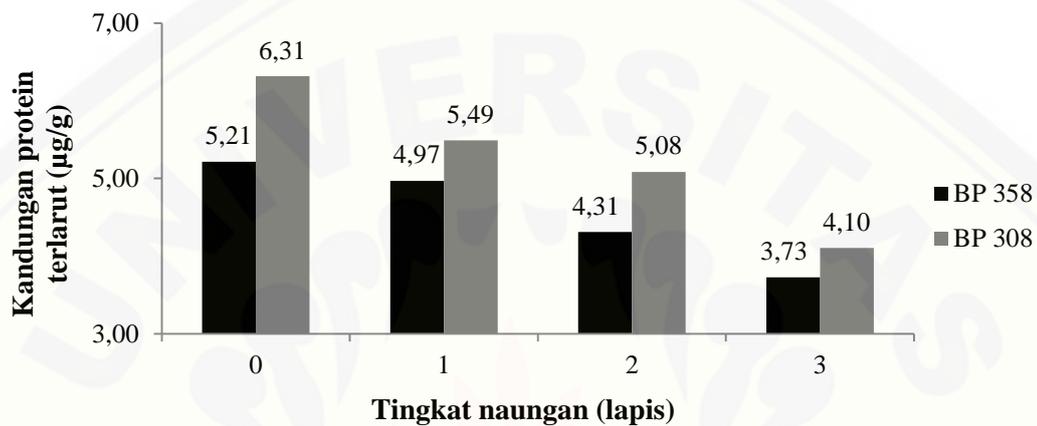
Berdasarkan Tabel 4.2, macam klon kopi berpengaruh tidak nyata terhadap variabel pengamatan kandungan sukrosa daun. Kedua klon kopi robusta memiliki kandungan sukrosa yang tidak jauh berbeda (Gambar 4.17). Kandungan klorofil total bibit kopi robusta klon BP 308 (1,81 mg/g) lebih tinggi 2,8% dibandingkan bibit kopi robusta klon BP 358 (1,76 mg/g). Walaupun perbedaan kedua klon kopi tidak signifikan, namun klon BP 308 memiliki kecenderungan lebih baik dibandingkan klon BP 358.



Gambar 4.17 Rerata kandungan sukrosa daun pada klon yang berbeda

4.2.7 Kandungan Protein Terlarut

Pada penelitian ini, analisis kandungan protein terlarut menggunakan metode Bradford. Sampel yang digunakan dalam analisis ini merupakan sampel komposit, sehingga data yang diperoleh tidak di analisis varian (ANOVA). Berikut grafik kandungan protein terlarut 2 klon bibit kopi pada berbagai tingkat naungan (Gambar 4.18).



Gambar 4.18 Kandungan protein terlarut 2 klon kopi pada berbagai tingkat naungan

Bibit kopi klon BP 308 pada kondisi tanpa naungan, memiliki kandungan protein terlarut tertinggi, yaitu sebesar 6,31 µg/g. Selanjutnya, kandungan protein terlarut mengalami penurunan seiring dengan kenaikan tingkat naungan. Hasil tersebut dapat dilihat dari bibit kopi robusta klon BP 308 di bawah satu lapis naungan paranet yang memiliki kandungan protein terlarut sebesar 5,49 µg/g. Kandungan protein terlarut bibit kopi robusta klon BP 308 di bawah naungan dua lapis paranet sebesar 5,08 µg/g, sedangkan kandungan protein terlarut bibit kopi robusta klon BP 308 di bawah naungan tiga lapis paranet sebesar 4,10 µg/g.

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil analisis kandungan protein terlarut pada bibit kopi robusta Klon BP 358 pada berbagai tingkat naungan dapat diketahui, bahwa kandungan protein terlarut tertinggi terdapat pada perlakuan tanpa naungan dengan hasil sebesar 5,21 µg/g. Selanjutnya, kandungan protein terlarut semakin menurun seiring dengan peningkatan lapisan paranet sebagai naungan. Hal ini dapat dari bibit kopi robusta klon BP 358 di bawah naungan

paranet satu lapis, dua lapis, dan tiga lapis yang memberikan hasil kandungan protein terlarut berturut-turut sebesar 4,97 $\mu\text{g/g}$, 4,31 $\mu\text{g/g}$, dan 3,73 $\mu\text{g/g}$.

Hasil analisis kandungan protein terlarut, menunjukkan bahwa bibit kopi robusta klon BP 308 memiliki kandungan protein terlarut yang lebih tinggi daripada bibit kopi robusta klon BP 358 pada berbagai tingkat naungan. Kondisi ini tidak terlepas dari pengaruh genetik masing-masing klon yang memiliki respon berbeda-beda terhadap lingkungan tumbuhnya. Bibit kopi robusta klon BP 308 diketahui memiliki sifat unggul, yaitu tahan pada kondisi kekeringan. Intensitas cahaya yang tinggi merupakan salah satu faktor yang menyebabkan tanaman kehilangan sejumlah air akibat dari tingginya laju transpirasi, sehingga bibit kopi robusta klon BP 308 memberikan respon yang sama terhadap kondisi lingkungan dengan intensitas cahaya tinggi. Sedangkan bibit kopi robusta klon BP 358 samapai saat ini masih belum diketahui sifat ketahanannya terhadap cekaman abiotik, baik cekaman kekeringan maupun cekaman cahaya, namun dapat diketahui bahwa sifat ketahanan terhadap cekaman intensitas cahaya bibit kopi robusta klon BP 308 lebih baik daripada bibit kopi robusta klon BP 358.

Pada umumnya salah satu respon fisiologis tanaman yang tahan terhadap cekaman abiotik ditunjukkan dengan meningkatkan kandungan protein tertentu. Menurut Ashraf and Foolad (2007), pengaruh cekaman abiotik dapat diketahui dengan melihat kandungan dan jenis protein tanaman pada kondisi tercekam dan normal. Senyawa tersebut berperan dalam penyesuaian osmotik dan perlindungan struktur sel pada tanaman tercekam. Hal ini juga sesuai dengan penelitian Utomo (2011), dimana kandungan glisin daun kopi di bawah penaung lamtoro lebih besar daripada di bawah penanung sengon. Kandungan glisin dapat dijadikan indikator terjadinya laju fotorespirasi yang lebih tinggi dari pada laju fotosintesis.

4.3 Pembahasan

Tanaman kopi merupakan tanaman C_3 yang pada dasarnya memerlukan naungan sepanjang hidupnya. Naungan diperlukan untuk mengurangi intensitas cahaya yang sampai pada tanaman. Pada fase pembibitan, tanaman kopi membutuhkan intensitas cahaya yang lebih rendah daripada pada fase dewasa,

sehingga membutuhkan tingkat naungan yang lebih tinggi. Kebutuhan intensitas cahaya saat fase pembibitan menjadi sangat penting diperhatikan untuk mempersiapkan bahan tanam yang berkualitas. Hal ini karena intensitas cahaya merupakan salah satu unsur iklim yang pengaruhnya langsung terhadap tanaman. Tingkat naungan yang berbeda tentunya juga dapat menyebabkan perbedaan respon fisiologi dan pertumbuhan pada bibit kopi robusta.

Menurut Direktorat Jendral Perkebunan (2012), tentang pertumbuhan bibit kopi robusta yang baik dan siap pindah lapang adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Kriteria Bibit Kopi Robusta Siap Pindah Lapang

No	Kriteria	Standar Mutu
1	Umur bibit (bulan)	6
2	Tinggi bibit (cm)	45 – 50
3	Jumlah daun (pasang)	≥ 6
4	Diameter batang (cm)	$\geq 0,6$

Berdasarkan data kriteria bibit kopi robusta siap pindah lapang (Tabel 4.3), dapat diketahui bahwa umur semua bibit kopi robusta yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi syarat, yaitu enam bulan. Pada variabel tinggi tanaman, bibit kopi robusta yang memenuhi kriteria pindah lapang adalah bibit pada perlakuan tingkat naungan satu lapis, sedangkan perlakuan yang lainnya tidak memenuhi kriteria tinggi bibit minimal. Pada variabel pengamatan jumlah daun, bibit kopi robusta di bawah perlakuan naungan paranet satu, dua, dan, tiga lapis memenuhi kriteria bibit kopi robusta siap pindah lapang. Pengaruh tingkat naungan satu lapis paranet diketahui dapat mendukung pertumbuhan diameter batang bibit sehingga memenuhi kriteria minimal bibit kopi robusta siap pindah lapang. Analisis ini menginformasikan, bahwa bibit kopi robusta yang diletakkan di bawah naungan paranet satu lapis dapat memenuhi kriteria bibit kopi siap pindah lapang sebesar 100%. Bibit kopi robusta yang di letakkan pada tempat dengan naungan dua dan tiga lapis dapat memenuhi kriteria bibit kopi robusta siap pindah lapang sebesar 50%. Pada bibit kopi robusta di tempat tidak ternaungi dapat memenuhi kriteria bibit siap pindah lapang sebesar 25%.

Kenampakan tanaman dari luar tidak terlepas dari pengaruh aktivitas fisiologi dari dalam tubuh tanaman. Sejalan dengan pendapat Levitt (1980), yang menggolongkan adaptasi tanaman terhadap naungan melalui dua mekanisme, yaitu mekanisme penghindaran (*avoidance*) dan mekanisme toleransi (*tolerance*). Mekanisme penghindaran berkaitan dengan perubahan anatomi dan morfologi daun untuk memaksimalkan penangkapan cahaya dan fotosintesis yang efisien, seperti peningkatan luas daun dan kandungan klorofil b, serta penurunan tebal daun, rasio klorofil a/b, jumlah kutikula, lilin, bulu daun, dan pigmen antosianin. Mekanisme toleransi (*tolerance*) berkaitan dengan penurunan titik kompensasi cahaya serta respirasi yang efisien.

Pada intensitas cahaya tinggi, yaitu pada bibit kopi robusta di tempat tidak ternaungi mengakibatkan tanaman merespon dengan jalan menutup stomata untuk menghindari kehilangan air yang lebih besar akibat tingginya transpirasi. Penutupan stomata ini mengakibatkan CO₂ yang akan masuk ke dalam tanaman sebagai bahan untuk fotosintesis menjadi terhalang, sehingga konduktivitas stomata juga mengalami penurunan. Respon penutupan stomata oleh bibit kopi robusta pada tempat tidak ternaungi mengakibatkan laju fotosintesis rendah karena kurangnya bahan dalam proses tersebut. Hal ini mengakibatkan rendahnya fotosintat yang dihasilkan oleh tanaman. Fotosintat yang rendah mengakibatkan tanaman kekurangan energi untuk pertumbuhannya yang ditunjukkan dengan rendahnya variabel tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Selain itu, rendahnya fotosintat pada bibit kopi robusta tanpa naungan disebabkan efisiensi fotosintesis yang rendah karena jumlah klorofil yang sedikit. Pada kondisi tanpa naungan mengakibatkan tanaman kehilangan energi yang cukup besar untuk mensintesis klorofil daun, akibatnya aktivitas enzim yang berperan dalam sintesis klorofil menjadi rendah. Jumlah klorofil daun yang terbatas akan membatasi tanaman untuk menangkap cahaya matahari (Wawo dan Utami, 2012).

Pada bibit kopi robusta tanpa naungan juga diketahui bahwa, walaupun kandungan klorofil daun rendah, tetapi kandungan sukrosa daun tinggi. Sukrosa merupakan produk utama fotosintesis yang dihasilkan dari proses asimilasi karbon di daun yang selanjutnya digunakan sebagai sumber karbon serta sumber energi

untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman, dan juga ditransport ke organ penyimpanan (*sink*) (Lakitan, 2010). Tingginya kandungan sukrosa di daun bibit kopi robusta disebabkan karena terhambatnya translokasi dari organ daun ke organ tanaman yang membutuhkan sukrosa sebagai sumber energi pertumbuhan. Kondisi tersebut yang mengakibatkan pertumbuhan bibit kopi robusta rendah. Selain itu, diketahui bahwa kandungan protein terlarut pada bibit kopi robusta tanpa naungan lebih tinggi daripada bibit kopi robusta di bawah naungan. Hal ini merupakan salah respon tanaman terhadap intensitas cahaya matahari tinggi sehingga menyebabkan tanaman meningkatkan kandungan dan mensintesis protein tertentu. Salah satunya dari proses fotorespirasi, dimana tanaman menyerap CO_2 yang kemudian bergabung dengan enzim rubisco untuk membentuk 2-fosfoglikolat dan 3-fosfoglisarat. 2-Fosfoglikolat selanjutnya menuju peroksisom untuk mensintesis glisin, lalu menuju mitokondria, dan kembali ke peroksisom lagi untuk mensintesis serin. Menurut penelitian Utomo (2011), kopi robusta yang mendapat intensitas cahaya sebesar 35298 lux (82,58%) memiliki kandungan glisin tertinggi, yaitu 4,995 ppm. Tingginya kandungan serin dan glisin di dalam tubuh tanaman yang mengindikasikan tanaman mengalami fotorespirasi (Habibi, 2009).

Bibit kopi robusta di bawah naungan paranet satu lapis memberikan hasil terbaik pada beberapa variabel pengamatan, antara lain tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, dan konduktivitas stomata. Hal ini mengindikasikan bahwa intensitas cahaya sebesar 18727,78 lux atau 68,81% mampu mendukung pertumbuhan dan proses fisiologi dalam tanaman. Menurut penelitian Utomo (2011), bibit kopi robusta di bawah intensitas cahaya 198474 lux (46,50%) memiliki laju fotosintesis terbaik, yaitu $0,756 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Pada kondisi intensitas cahaya yang sesuai akan merangsang bukaan stomata karena meningkatnya pencahayaan (dalam batas tertentu). Selanjutnya, stomata yang membuka akan memacu penyerapan CO_2 ke dalam mesofil daun. Serapan CO_2 yang optimal akan mendukung efisiensi fotosintesis (Pamuji dan Shaleh, 2010).

Pada bibit kopi robusta di bawah naungan paranet dua dan tiga lapis juga mengalami hambatan pertumbuhan pada tinggi tanaman dan diameter batang. Kedua variabel pengamatan tersebut tidak memenuhi kriteria bibit pindah lapang. Hal tersebut dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima tanaman. Jumlah cahaya yang diterima bibit kopi dirasa kurang mendukung efisiensi fotosintesis, sehingga fotosintat yang dihasilkan dalam jumlah sedikit. Rendahnya hasil fotosintesis menyebabkan tanaman kekurangan energi untuk pertumbuhannya, terlebih lagi energi yang ada lebih banyak digunakan dalam sintesis klorofil untuk memaksimalkan penyerapan cahaya. Selain itu, dampak dari rendahnya fotosintat yang dihasilkan, menyebabkan aktivitas hormon dalam tubuh tanaman menurun.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Tidak terdapat pengaruh interaksi antara tingkat naungan dan macam klon terhadap semua variabel pengamatan kecuali pada konduktivitas stomata.
2. Penggunaan satu lapis naungan paranet mampu menghasilkan sifat kopi robusta yang memenuhi standar mutu bibit.
3. Klon BP 308 memiliki kandungan protein terlarut cenderung lebih tinggi dibanding klon BP 358 pada berbagai tingkat naungan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, pengaturan iklim mikro di lokasi pembibitan dan pemilihan klon kopi untuk pembibitan dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam kegiatan budidaya tanaman kopi. Kombinasi perlakuan N1K1 (tingkat naungan satu lapis dan bibit kopi robusta klon BP 358) dapat memenuhi standar mutu bibit kopi robusta siap pindah lapang. Kombinasi perlakuan tersebut juga 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

- Ai, N.S., dan Y. Banyo. 2011. Konsentrasi Klorofil Daun sebagai Indikator Kekurangan Air pada tanaman. *Ilmiah Sains*, (11) 2 : 166 - 173
- Ariany, S.P., N. Sahiri, dan A. Syukur. 2013. Pengaruh Kuantitas Cahaya terhadap Pertumbuhan dan Kadar Antosianin Daun Dewa. *Agrotekbis*, 1 (5) : 413 – 420.
- Ashraf, M. and M. R. Foolad. 2007. Role of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resis-tance. *Environmental and Experimental Botany*, 59 (2): 206-216.
- BALITTRI. 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, and 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.
- Berg, J.M., J.L. Tymoczko, and L. Stryer. 2002. Chapter 19 The Light Reactions of Photosynthesis. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>. Diakses pada 22 Januari 2015.
- Bote, A.D., and 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.
- BPS. 2014. Produksi Perkebunan Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.
- Cunningham S.C., and Read J 2002 Comparison of Temperate and Tropical Rainforest Tree Species: Photosynthetic Responses to Growth Temperature. *Oecologia* 7 (1) : 112–119.
- 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.
- DaMatta, F.M., C.P. Ronchi, M. Maestri, and 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.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2012. *Peningkatan Produksi, Produktivitas dan Mutu Tanaman Rempah dan Penyegar: Pedoman Teknis Pengembangan Tanaman Kopi 2013*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Dirjen Perkebunan Kementerian Pertanian. 2012. *Kopi Berkelanjutan*. Jakarta: Direktorat Pasca Panen dan Pembinaan Usaha.
- 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.
- Gardner, F.P., Perace, R.B., and Mitchell, R.L. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Penerjemah: Susilo, H. Jakarta: UI Press.
- Habibi, P. 2009. Kajian Fotorespirasi pada Kopi Robusta dengan Naungan Berbeda. Tesis Pasca Sarjana. Jember: Universitas Jember.
- Hale, M.G., and D.M Orcutt. 1987. *The Physiology of Plants Under Stress*. New York: John Wiley and Sons.
- Hulupi, R. 1999. Bahan Tanam Kopi yang Sesuai untuk Agroklimat di Indonesia. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 15 (1): 64-81.
- Kesumawati, E., E. Hayati, dan M. Thamrin. 2012. Pengaruh Naungan dan Varietas terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Stroberi (*Fragaria* sp.) di Dataran Rendah. *Agrista*, 16 (1) : 14 – 21.
- Lakitan, B. 2010. *Dasar – Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Lalonde, M., M. Tegeder, W. Throne-holst, B. Frommer, and J. W. Patrick. 2003. Phloem Loading and Unloading of Sugars and Amino Acids. *Plant Cell and Environment*, (26):37–56.
- Levitt, J. 1980. *Responses of Plant to Environmental Stresses, Volume II: Water, Radiation, Salt, and Other Stresses*. New York: Academic Press.
- Li, R., P. Guo, M. Baum, S. Grando, and S. Ceccarelli. 2006. Evaluation of Chlorophyll Content and Fluorescence Parameters as Indicators of Drought Tolerance in Barley. *Agricultural Sciences in China*, 5 (10): 751-757.

- 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*. Jakarta: Pusat Penelitian Kopi dan KakaoIndonesia.
- Mayoli, R.N., and Gitau K.M. 2012. The Effect of Shade Trees on Physiology of Arabica Coffee. *Hort. Sci.*, 2012 (6) : 35 – 42.
- Najiyati dan Danarti. 2004. *Budidaya Tanaman Kopi dan Penanganan Pasca Panen*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Nasruddin, Y. Musa, dan M.A. Kuruseng. 2006. Aktivitas Beberapa Proses Fisiologi Tanaman Kakao Muda di Lapang pada Berbagai Naungan Buatan. *Agrisistem*, 2 (1) : 25 – 33.
- 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.
- 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.
- Panggabean, E. 2011. *Buku Pintar Kopi*. Jakarta. PT. Agromedia Pustaka.
- Prastowo, B., E., Karmawati, Rubijo, Siswanto, C. Indrawanto, dan S. J., Munarso. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kopi*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- 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 Data dan Statistik Pertanian. 2006. *Statistik Perkebunan*. Departemen Pertanian.

- Rahardjo, P. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ramadhani, F., L.A.P. Putri, dan H. Hasyim. 2013. Evaluasi Karakteristik Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine max* L.Merill) Hasil Mutasi Kolkisin M2 pada Kondisi Naungan. *Agroteknologi*, 1 (3) : 453 – 466.
- Rolland, F., B. Moore, and J. Sheen. 2002. *Sugar Sensing and Signaling*. Department of Molecular Biology, Massachusetts General Hospital and Department of Genetics, Harvard Medical School, Boston, Massachusetts.
- Rubiyo, B. Martono, dan Dani. 2012. Perakitan Teknologi untuk Peningkatan Produksi dan Mutu Hasil Perkebunan Kopi Rakyat. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Sakiroh, I. Sobari, dan M. Herman. 2011. Pertumbuhan, Produksi, dan Cita Rasa Kopi pada Berbagai Tanaman Penaung. Sukabumi: Balai Penelitian Tanaman dan Penyegar.
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. *Plant Physiology* 4rd Ed. California: Wadsworth Publishing Company.
- Sobari, I., Sakiroh, dan E.H. Purwanto. 2012. Pengaruh Jenis Tanaman Penaung terhadap Pertumbuhan dan Presentase Tanaman Berbuah pada Kopi Arabika Varietas Kartika 1. *Ristri*, 3 (3) ; 217 – 222.
- Sopandie, D., dan Trikoesoemaningtyas. 2011. Pengembangan Tanaman Sela di Bawah Tegakan Tanaman Tahunan. *IPTEK Tanaman Pangan*, 6 (2) : 168 – 182.
- Setyowati, N. 2011. Pengaruh Intensitas Cahaya dan Media Tanam terhadap Pertumbuhan Bibit Rosella. *Agrivigor*, 10 (2) : 218 – 227.
- 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.
- Swibawa, I.G., D. Putra, F.X. Susilo, K. Hairiah, dan D. Suprayogo. 2010. Manipulasi Cahaya untuk Menurunkan Kelimpahan Nematoda Parasit Tumbuhan pada Pembibitan Kopi. *HPT Tropika*, 10 (1) : 20 – 28.

- 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.
- Tim Karya Tani Mandiri. 2010. *Pedoman Budidaya Tanaman Kopi*. Bandung: Nuansa Aulia.
- 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>. [29 November 2014].
- Wachjar, A., Y. Setiadi, dan L.W. Mardhikanto. 2002. Pengaruh Pupuk Organik dan Intensitas Naungan terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner). *Bul. Agron.*, 30 (1) : 6 – 11.
- Wang C., Guo L., Li Y., and Wang Z. 2012. Systemic Comparison of C₃ and C₄ Plants Based on Metabolic Network Analysis. <http://openi.nlm.nih.gov>. Diakses pada 19 Januari 2015.
- Wawo, A.H., dan Utami, N.W. 2012. Tanggap Pertumbuhan Semai Dua Spesies Gaharu terhadap Intensitas Cahaya dan Media Tanam. *Litro*, 23 (1) : 21 – 33.
- 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.
- Wijaya, K. 2008. *Biologi dan Ekologi Tanaman Kopi*. Yogyakarta: Kanisius.

LAMPIRAN

**Lampiran 1. Data Pengamatan dan Analisis Sidik Ragam Semua Variabel
Pengamatan**

1a. Data pengamatan tinggi tanaman (cm)

Naungan	Klon	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		F5%	F1%
Petak Utama							
Replikasi	3	64,68	21,56	2,38	ns	3,49	5,95
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	ns	4,75	9,33
Faktor NxK	3	211,51	70,50	2,58	ns	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	Klon	Ulangan				Total	Rata-rata
		1	2	3	4		
N0	K1	10,00	13,00	4,00	9,00	36,00	9,00
	K2	13,00	11,00	10,00	12,00	46,00	11,50
N1	K1	17,00	16,00	14,00	16,00	63,00	15,75
	K2	14,00	14,00	13,00	12,00	53,00	13,25
N2	K1	14,00	16,00	18,00	14,00	62,00	15,50
	K2	14,00	13,00	9,00	12,00	48,00	12,00
N3	K1	16,00	15,00	11,00	19,00	61,00	15,25
	K2	14,00	12,00	11,00	10,00	47,00	11,75
Total		112,00	110,00	90,00	104,00	416,00	

2b. Sidik ragam jumlah daun (helai)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit		F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	85,00	28,33	17,00	**	3,49	5,95
Error N	12	20,00	1,67				
Anak Petak							
Faktor K	1	24,50	24,50	4,59	ns	4,75	9,33
Faktor NxK	3	49,50	16,50	3,09	ns	3,49	5,95
Error K	12	64,00	5,33				
Total	31	280,00					

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

3a. Data pengamatan diameter batang (cm)

Naungan	Klon	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	

3b. Sidik ragam diameter batang (cm)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit		F5%	F1%
Petak Utama							
Replikasi	3	0,00	0,001625	1,76	ns	3,49	5,95
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	ns	4,75	9,33
Faktor NxK	3	0,00	0,00	0,24	ns	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.

4a. Data pengamatan konduktivitas stomata (mMol H₂O/m²/s)

Naungan	Klon	Ulangan				Total	Rata-rata
		1	2	3	4		
N0	K1	8,32	7,47	9,49	8,43	33,71	8,43
	K2	10,08	10,52	11,38	12,19	44,18	11,04
N1	K1	11,89	11,73	12,44	9,72	45,78	11,45
	K2	9,15	8,69	11,10	10,26	39,21	9,80
N2	K1	8,38	10,77	8,16	10,98	38,30	9,57
	K2	10,98	9,58	10,08	9,72	40,37	10,09
N3	K1	8,05	10,73	9,72	8,11	36,61	9,15
	K2	9,53	9,15	10,08	7,47	36,24	9,06
Total		76,39	78,66	82,47	76,88	314,40	

4b. Sidik ragam konduktivitas stomata (mMol H₂O/m²/s)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit	F5%	F1%	
Petak Utama							
Faktor N	3	9,31	3,10	3,00	*	3,49	5,95
Error N	12	12,41	1,03				
Anak Petak							
Faktor K	1	0,98	0,98	0,83	ns	4,75	9,33
Faktor NxK	3	18,67	6,22	5,26	*	3,49	5,95
Error K	12	14,19	1,18				
Total	31	58,40					

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

5a. Data pengamatan kandungan klorofil a (mg/g)

Naungan	Klon	Ulangan				Total	Rata-rata
		1	2	3	4		
N0	K1	0,47	0,59	0,28	0,67	2,01	0,50
	K2	0,51	0,39	0,50	0,50	1,90	0,48
N1	K1	0,98	0,82	0,73	0,42	2,95	0,74
	K2	0,86	0,91	0,88	0,98	3,63	0,91
N2	K1	0,93	0,97	1,36	0,94	4,20	1,05
	K2	0,96	0,99	0,79	0,71	3,45	0,86
N3	K1	0,91	0,91	1,44	1,18	4,44	1,11
	K2	1,70	1,66	0,86	0,85	5,07	1,27
Total		7,32	7,24	6,84	6,25	27,65	

5b. Sidik ragam kandungan klorofil a (mg/g)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit		F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	2,05	0,68	47,02	**	3,49	5,95
Error N	12	0,17	0,01				
Anak Petak							
Faktor K	1	0,01	0,01	0,07	ns	4,75	9,33
Faktor NxK	3	0,17	0,06	0,65	ns	3,49	5,95
Error K	12	1,07	0,09				
Total	31	3,56					

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

6a. Data pengamatan kandungan klorofil b (mg/g)

Naungan	Klon	Ulangan				Total	Rata-rata
		1	2	3	4		
N0	K1	0,27	0,31	0,18	0,35	1,13	0,28
	K2	0,30	0,39	0,26	0,33	1,28	0,32
N1	K1	0,55	0,44	0,39	0,25	1,62	0,41
	K2	0,45	0,51	0,47	0,47	1,91	0,48
N2	K1	0,52	0,54	0,69	0,60	2,36	0,59
	K2	0,55	0,53	0,58	0,45	2,12	0,53
N3	K1	0,47	0,50	0,72	0,67	2,36	0,59
	K2	0,88	0,94	0,60	0,46	2,89	0,72
Total		4,01	4,17	3,90	3,58	15,66	

6b. Sidik ragam kandungan klorofil b (mg/g)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit		F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	0,56	0,19	36,54	**	3,49	5,95
Error N	12	0,06	0,01				
Anak Petak							
Faktor K	1	0,02	0,02	0,92	ns	4,75	9,33
Faktor NxK	3	0,04	0,01	0,72	ns	3,49	5,95
Error K	12	0,22	0,02				
Total	31	0,92					

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

7a. Data pengamatan kandungan klorofil total (mg/g)

Naungan	Klon	Ulangan				Total	Rata-rata
		1	2	3	4		
N0	K1	0,75	0,90	0,47	1,02	3,14	0,79
	K2	0,81	0,78	0,76	0,83	3,17	0,79
N1	K1	1,53	1,25	1,12	0,66	4,57	1,14
	K2	1,31	1,42	1,35	1,45	5,54	1,39
N2	K1	1,45	1,51	2,05	1,54	6,56	1,64
	K2	1,52	1,52	1,37	1,16	5,57	1,39
N3	K1	1,38	1,41	2,16	1,85	6,79	1,70
	K2	2,58	2,61	1,46	1,31	7,95	1,99
Total		11,34	11,41	10,74	9,82	43,31	

7b. Sidik ragam kandungan klorofil total (mg/g)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit		F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	4,74	1,58	45,14	**	3,49	5,95
Error N	12	0,42	0,04				
Anak Petak							
Faktor K	1	0,04	0,04	0,24	ns	4,75	9,33
Faktor NxK	3	0,37	0,12	0,68	ns	3,49	5,95
Error K	12	2,17	0,18				
Total	31	7,95					

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

8a. Data pengamatan kandungan sukrosa daun (mg/g)

Naungan	Klon	Replikasi				Total	Rata-rata
		1	2	3	4		
N0	K1	3,389	3,383	2,734	1,989	11,495	2,87
	K2	3,704	3,306	2,522	4,102	13,634	3,41
N1	K1	2,31	1,88	1,327	1,648	7,165	1,79
	K2	1,88	1,693	1,481	0,531	5,585	1,40
N2	K1	0,627	0,948	1,308	1,584	4,467	1,12
	K2	0,91	0,12	1,642	1,642	4,314	1,08
N3	K1	1,462	0,955	1,886	0,672	4,975	1,24
	K2	0,595	1,128	1,469	2,207	5,399	1,35
Total		14,877	13,413	14,369	14,375	57,034	

8b. Sidik ragam kandungan sukrosa daun (mg/g)

Sidik Ragam	db	JK	KT	F-Hit		F5%	F1%
Petak Utama							
Faktor N	3	20,69	6,90	19,49	**	3,49	5,95
Error N	12	4,25	0,35				
Anak Petak							
Faktor K	1	0,02	0,02	0,06	ns	4,75	9,33
Faktor NxK	3	0,89	0,30	0,84	ns	3,49	5,95
Error K	12	4,24	0,35				
Total	31	30,23					

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

Keterangan:

DB = Derajat Bebas

JK = Jumlah Kuadrat

KT = Kuadrat Tengah

Fhit = F Hitung

FT = F Tabel

Lampiran 2. Data Pengamatan Iklim Mikro

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

Minggu ke-	N0				N1				N2				N3			
	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	N0				N1				N2				N3				
	ke-	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	N2			ICH	N3			ICH	
	ke	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	

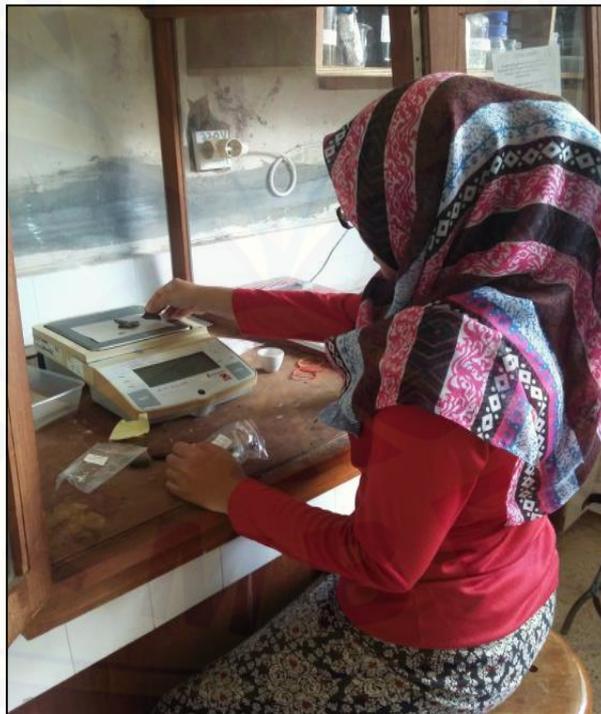
Keterangan:

- 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 3. Dokumentasi Kegiatan



Pengukuran diameter batang (a) dan tinggi tanaman (b)



Penimbangan sampel di laboratorium



Ekstraksi sampel



Kunjungan dosen di lokasi penelitian