



**KARAKTER FISIOLOGIS BIBIT KOPI ROBUSTA (*Coffea canephora*)  
KLON BP 409 DAN BP 936 PADA PERSENTASE  
KAPASITAS LAPANG YANG BERBEDA**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Tirto Wahyu Widodo**  
**NIM 111510501099**

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



**KARAKTER FISILOGIS BIBIT KOPI ROBUSTA (*Coffea canephora*)  
KLON BP 409 DAN BP 936 PADA PERSENTASE  
KAPASITAS LAPANG YANG BERBEDA**

**SKRIPSI**

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

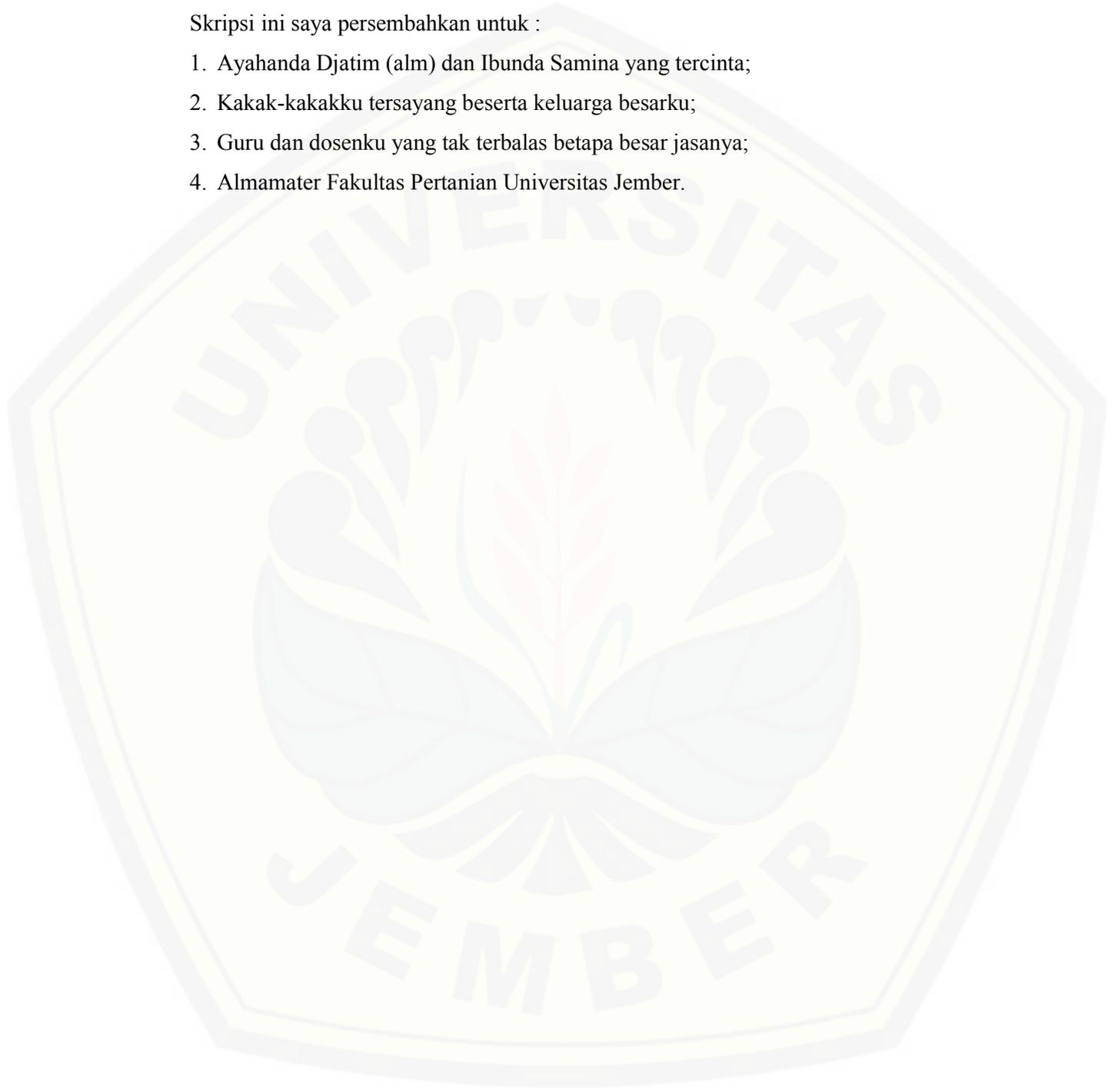
Oleh  
**Tirto Wahyu Widodo**  
**NIM 111510501099**

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

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ayahanda Djatim (alm) dan Ibunda Samina yang tercinta;
2. Kakak-kakakku tersayang beserta keluarga besarku;
3. Guru dan dosenku yang tak terbalas betapa besar jasanya;
4. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember.



**MOTTO**

“Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. Dan apabila Allah menghendaki keburukan terhadap sesuatu kaum, maka tak ada yang dapat menolaknya; dan sekali-kali tak ada pelindung bagi mereka selain Dia”.

(Terjemahan QS. Ar-Ra’du :11)

“Sesungguhnya setelah kesulitan ada kemudahan, maka apabila telah selesai dengan suatu urusan, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain”.

(Terjemahan QS. Al-Insyirah : 6 - 7)

“Orang-orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi, namun mereka menjadi terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyia-nyiakan waktu untuk menunggu inspirasi”.

(Martin Vanbee)

“Kecerdasan bukanlah tolak ukur kesuksesan, tetapi dengan menjadi cerdas kita bisa menggapai kesuksesan”.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Tirto Wahyu Widodo

NIM : 111510501099

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Karakter Fisiologis Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Klon BP 409 dan BP 936 pada Persentase Kapasitas Lapang yang Berbeda” 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, Juni 2015

Yang menyatakan,

**Tirto Wahyu Widodo**

NIM 111510501099

**SKRIPSI**

**KARAKTER FISILOGIS BIBIT KOPI ROBUSTA (*Coffea canephora*)  
KLON BP 409 DAN BP 936 PADA PERSENTASE  
KAPASITAS LAPANG YANG BERBEDA**

Oleh

Tirto Wahyu Widodo

NIM 111510501099

**Pembimbing**

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

NIP : 19600409 198802 2 001

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Miswar, M.Si.

NIP : 19641019 199002 1 002

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Karakter Fisiologis Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Klon BP 409 dan BP 936 pada Persentase Kapasitas Lapang yang Berbeda” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Kamis, 11 Juni 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. Miswar, M.Si.**

NIP. 19641019 199002 1 002

Dosen Penguji,

**Dr. Ir. Moh. Setyo Poerwoko, MS.**

NIP. 19550704 198203 1 001

Mengesahkan,  
Dekan,

**Dr. Ir. Jani Januar, MT.**

NIP. 19590102 198803 1 002

## RINGKASAN

**Karakter Fisiologis Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Klon BP 409 dan BP 936 pada Persentase Kapasitas Lapang yang Berbeda;** Tirta Wahyu Widodo, 111510501099; Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Kopi (*Coffea sp*) merupakan komoditas perkebunan unggulan yang berkontribusi besar terhadap perekonomian Indonesia. Produksi kopi nasional tahun 2013 mengalami penurunan sebesar 7,73 ribu ton dibandingkan tahun 2012, sedangkan konsumsi kopi di Indonesia diprediksi meningkat 20% setiap tahun. Budidaya kopi umumnya hanya mengandalkan curah hujan sebagai sumber pengairan bagi tanaman. Musim kemarau yang panjang dan perubahan iklim yang ekstrim berdampak negatif terhadap budidaya tanaman, contohnya kekeringan. Kekeringan ditandai oleh rendahnya tingkat kapasitas lapang media tanam. Hal ini dapat mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman, khususnya proses fisiologis tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan karakter fisiologis dua klon kopi robusta pada persentase kapasitas lapang media yang berbeda. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Sumber Jeruk, Kecamatan Kalisat, Kabupaten Jember, dan untuk analisis fisiologis tanaman dilakukan di Laboratorium Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jember mulai Januari hingga Mei 2015. Rancangan percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 2x4 dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah macam klon kopi yakni klon BP 409 dan BP 936, sedangkan faktor kedua adalah persentase kapasitas lapang dengan 4 taraf. Variabel pengamatan meliputi: 1) konduktivitas stomata, 2) kandungan total klorofil, 3) kandungan klorofil a, 4) kandungan klorofil b, 5) kandungan sukrosa daun, 6) kandungan gula reduksi, 7) kandungan protein terlarut, 8) tinggi tanaman, dan 9) laju pertumbuhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara macam klon kopi dan tingkat kapasitas lapang media. Klon BP 409 memiliki kandungan klorofil a, protein terlarut, dan tinggi tanaman lebih tinggi daripada klon BP 936. Kondisi 25% kapasitas lapang mengakibatkan konduktivitas stomata paling rendah, namun

kandungan gula reduksi paling tinggi. Kondisi 25% dan 50% kapasitas lapang juga mengakibatkan tinggi tanaman dan laju pertumbuhan paling rendah.



## SUMMARY

**Physiological Character of Coffe Robusta (*Coffea canephora*) Clones BP 409 and BP 936 in Different of Field Capacity Percentage;** Tirto Wahyu Widodo, 111510501099; Agrotechnology Study Program; Faculty of Agriculture; University of Jember.

Coffee (*Coffea* sp) is an important commodity which contributes greatly to the economy of Indonesia. Indonesia's coffee production in 2013 decreased by 7.73 thousand tons compared to production in 2012, while Indonesia's coffee consumption is predicted to increase by 20% every year. Generally, coffee cultivation only relies on rainfall-based irrigation. Long period of drought and extreme climate change could lead to crop's stress condition, such as drought stress. Drought stress is characterized by a low water field capacity of growing media. Drought stress could affect the growth and physiological processes of plant. This study aims to identify differences in the physiological characteristics of two clones of robusta coffee at a different level of media field capacity. This research was conducted in Sumber Jeruk Village, Jember. Analysis of physiological characteristics was conducted at the Laboratory of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Jember from January to May 2015. The experimental design used was factorial complete randomized design (CRD) with 2x4 factorial design and 3 replications. The first factor was the variety of coffee clones which were BP 409 and BP 936, while the second factor was the percentage of water field capacity which were 25 %, 50 %, 75 %, and 100 %. Variable measured include: 1) stomatal conductance, 2) total chlorophyll content, 3) chlorophyll a content, 4) chlorophyll b content, 5) leaf sucrose content, 6) leaf reducing sugar content, 7) leaf total soluble protein, 8) plant height, and 9) plant growth rate. The results showed that there was no interaction between clones variety and the level of media field capacity. Under drought stress, chlorophyll content, soluble protein, and plant height of BP 409 was higher than BP 936. Media field capacity at 25% resulted in the lowest stomatal conductance and the

highest reducing sugar content. Furthermore, media field capacity at 25% and 50% resulted in the lowest plant height and growth rate.



## 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 terselesaikan dan tersusunnya skripsi yang berjudul “Karakter Fisiologis Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Klon BP 409 dan BP 936 pada Persentase Kapasitas Lapang yang Berbeda”. 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. Dr. Ir. Jani Januar, M.T., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember;
2. Ir. Raden Soedrajad, M.T., selaku Ketua Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jember;
3. Ir. Hari Purnomo, M.Si., Ph.D, DIC., selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember;
4. Dr. Ir. Denna Eriani Munandar, M.P., selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr. Ir. Miswar, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota, dan Dr. Ir. Moh. Setyo Poerwoko, M.S, selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Ir. Sigit Soepardjono, M.P., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
6. Semua dosen Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah senantiasa berbagi ilmu dan memberikan dorongan, semangat, serta do'a kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
7. Orangtuaku tercinta, Ayahanda Djatim (alm) dan Ibunda Samina yang tak henti-hentinya memberikan dorongan, semangat, serta do'a demi terselesaikannya skripsi ini;

8. Dewi Puspa dan Fajri Wildana, sebagai rekan kerja dalam penelitian ini yang selalu membantu dan memberikan semangat;
9. Teman-teman yang senantiasa memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis; Saadatul Huriyah, Dwita Anggraeni, Fatmawati Ningtias, dan Widiyanti Sharah.
10. Rekan-rekan asisten Laboratorium Fisiologi Tumbuhan yang telah memberikan semangat kepada penulis; Fandi Ahmad, Yustina Ratnasari, Vidda Ryend, Amir Muayyad, Cindy Priscilla, Intan Prasasti, Savira Arikha, Haris Wijaya, dan Lailatul Khomariyah,
11. Teman-teman seangkatan 2011 Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah banyak membantu penulis selama studi.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang memberikan bantuan dan dorongan selama mengikuti studi dan penulisan skripsi ini.

Penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga diharapkan adanya saran dan kritik untuk perbaikan selanjutnya. Harapan penulis semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca sebagai sumber informasi.

Jember, Juni 2015

Penulis

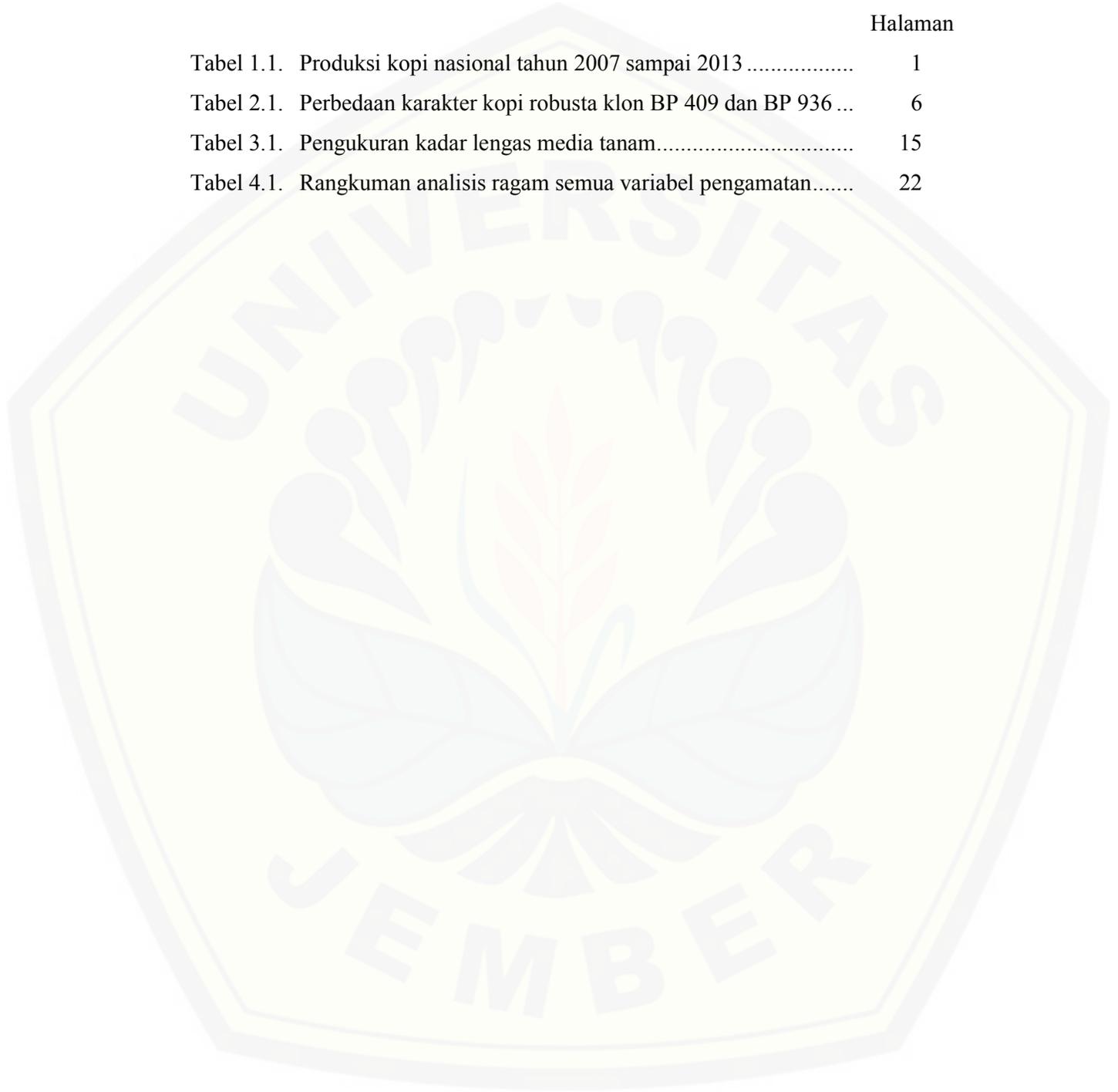
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN .....	v
HALAMAN PENGESAHAN .....	vi
RINGKASAN .....	vii
SUMMARY .....	ix
PRAKATA .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat .....	4
1.3.1 Tujuan .....	4
1.3.2 Manfaat .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Tanaman Kopi ( <i>Coffea sp</i> ) .....	5
2.2 Kopi Robusta ( <i>Coffea canephora</i> ) .....	6
2.3 Kapasitas Lapang .....	7
2.4 Tanggapan Fisiologis Tanaman Kopi pada Kondisi Kapasitas Lapang .....	8
2.5 Hipotesis .....	9
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	11
3.1 Waktu dan Tempat .....	11

3.2 Bahan dan Alat .....	11
3.3 Rancangan Penelitian .....	11
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	13
3.4.1 Persiapan Media Tanam.....	13
3.4.1 Penetapan Kadar Lugas Media Tanam .....	13
3.4.1 Penanaman .....	14
3.4.1 Pemeliharaan .....	15
3.4.1 Pengambilan Sampel .....	17
3.5 Variabel Pengamatan .....	17
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>22</b>
4.1 Hasil .....	22
4.1.1 Konduktivitas Stomata.....	18
4.1.2 Klorofil a .....	26
4.1.3 Klorofil b.....	30
4.1.4 Klorofil Total .....	31
4.1.5 Sukrosa Daun .....	33
4.1.6 Gula Reduksi .....	34
4.1.7 Protein Terlarut .....	37
4.1.8 Tinggi Tanaman .....	39
4.1.9 Laju Pertumbuhan .....	43
4.2 Pembahasan .....	45
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>50</b>
5.1 Kesimpulan .....	50
5.2 Saran.....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>58</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 1.1. Produksi kopi nasional tahun 2007 sampai 2013 .....	1
Tabel 2.1. Perbedaan karakter kopi robusta klon BP 409 dan BP 936 ...	6
Tabel 3.1. Pengukuran kadar lengas media tanam.....	15
Tabel 4.1. Rangkuman analisis ragam semua variabel pengamatan.....	22



**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 3.1. Persiapan media tanam.....	13
Gambar 3.2. Penetapan kadar lengas media tanam.....	14
Gambar 3.3. Penanaman bibit kopi.....	14
Gambar 3.4. Penyiraman bibit kopi.....	15
Gambar 3.5. Pemupukan bibit kopi.....	16
Gambar 3.6. Pengendalian hama kutu putih.....	16
Gambar 3.7. Hama kutu putih.....	16
Gambar 3.8. Pengambilan sampel daun.....	17
Gambar 3.9. Pengukuran konduktivitas stomata.....	17
Gambar 3.10. Ekstraksi daun kopi.....	18
Gambar 3.11. Pengukuran kandungan protein terlarut.....	19
Gambar 3.12. Pengukuran kandungan gula reduksi dan sukrosa daun.....	20
Gambar 3.13. Pengukuran tinggi tanaman.....	20
Gambar 4.1. Rata-rata konduktivitas stomata pada persentase kapasitas lapang media yang berbeda.....	23
Gambar 4.2. Rata-rata konduktivitas stomata pada macam klon yang berbeda.....	25
Gambar 4.3. Rata-rata kandungan klorofil a pada macam klon yang berbeda.....	26
Gambar 4.4. Rata-rata kandungan klorofil a pada persentase Kapasitas lapang media yang berbeda.....	29
Gambar 4.5. Rata-rata kandungan klorofil b pada persentase Kapasitas lapang media yang berbeda.....	30
Gambar 4.6. Rata-rata kandungan klorofil b pada macam klon yang berbeda.....	31
Gambar 4.7. Rata-rata kandungan klorofil total pada persentase kapasitas lapang media yang berbeda.....	31
Gambar 4.8. Sampel untuk pengukuran kandungan klorofil daun Klon BP 409 (a) dan BP 936 (b).....	32

Gambar 4.9. Rata-rata kandungan klorofil total pada macam klon yang berbeda.....	32
Gambar 4.10. Rata-rata kandungan sukrosa daun pada persentase kapasitas lapang media yang berbeda .....	33
Gambar 4.11. Rata-rata kandungan sukrosa daun pada macam klon yang berbeda .....	33
Gambar 4.12. Rata-rata kandungan gula reduksi pada persentase kapasitas lapang media yang berbeda .....	34
Gambar 4.13. Rata-rata kandungan gula reduksi pada macam klon yang berbeda .....	37
Gambar 4.14. Kandungan protein terlarut 2 klon kopi pada berbagai Persentase kapasitas lapang.....	38
Gambar 4.15. Rata-rata tinggi tanaman kopi pada macam klon yang berbeda.....	40
Gambar 4.16. Tinggi bibit kopi klon BP 409 dan BP 936 .....	40
Gambar 4.17. Rata-rata tinggi tanaman kopi pada kapasitas Lapang yang berbeda .....	41
Gambar 4.18. Tinggi bibit kopi klon BP 409 pada beberapa kapasitas lapang .....	42
Gambar 4.19. Tinggi bibit kopi klon BP 936 pada beberapa kapasitas lapang .....	42
Gambar 4.20. Rata-rata laju pertumbuhan bibit kopi pada kapasitas lapang media yang berbeda .....	44

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran 1. Denah Percobaan .....	58
Lampiran 2. Hasil Analisis Ragam Seluruh Variabel Percobaan.....	59
Lampiran 3. Hasil Uji Jarak Berganda Duncan dengan tingkat Kepercayaan 95% pada Beberapa variabel Percobaan .....	62
Lampiran 4. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian.....	64

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kopi (*Coffea sp*) merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan di Indonesia. Menurut Dirjen Perkebunan (2006), kopi memberikan kontribusi yang nyata terhadap perekonomian Indonesia karena berperan sebagai penghasil devisa, sumber pendapatan petani, penghasil bahan baku industri, penciptaan lapangan kerja, dan pengembangan wilayah. Kopi juga memberikan kontribusi besar terhadap pengentasan kemiskinan dan pembangunan ekonomi nasional (Chemura *et al.*, 2014). Menurut Badan Pusat Statistik (2014), nilai ekspor kopi Indonesia pada tahun 2010 hingga 2011 cukup fluktuatif. Pada tahun 2011 sebesar US\$ 1,064 miliar, tahun 2012 sebesar US\$ 1,566 miliar, dan tahun 2013 sebesar US\$ 1,468 miliar. Selain itu, konsumsi kopi rakyat Indonesia meningkat tiap tahunnya. Konsumsi kopi pada tahun 2011 sebesar 0,87 kg/kapita/tahun, tahun 2012 sebesar 0,94 kg/kapita/tahun, dan tahun 2013 mencapai 1,00 kg/kapita/ tahun. Nilai ekspor dan konsumsi kopi yang meningkat setiap tahun menjadi dasar pentingnya pengembangan tanaman kopi di Indonesia.

Kopi robusta (*Coffea canephora* Pierre) merupakan jenis kopi yang mendominasi perkebunan kopi di Indonesia. Tabel 1.1 menunjukkan produksi, konsumsi, dan ekspor kopi Indonesia tahun 2010 sampai 2013. Produksi kopi Indonesia cukup fluktuatif. Pada tahun 2013, produksi kopi nasional mengalami penurunan sebesar 7,73 ribu ton (sekitar 1,1%) dibandingkan tahun 2012, di sisi lain, konsumsi kopi di Indonesia diprediksi meningkat 20% setiap tahun (Rubiyo dkk., 2012).

**Tabel 1.1** Produksi, konsumsi dan ekspor kopi Indonesia tahun 2010 sampai 2013

<b>Tahun</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Produksi (ribu ton)</b>	686,90	638,60	698,89	691,16
<b>Konsumsi (kg/kapita/tahun)</b>	0,80	0,87	0,94	1,00
<b>Ekspor (miliar rupiah)</b>	845,542	1.064	1.566	1.468

Sumber : Badan Pusat Statistik (2014)

Kopi robusta adalah jenis kopi terbanyak yang dibudidayakan di Indonesia. Budidaya kopi robusta dilakukan oleh perkebunan negara, swasta, maupun rakyat. Beberapa klon kopi robusta yang cukup banyak dibudidayakan adalah klon BP 409 dan BP 936 karena memiliki potensi hasil di atas 2.000 kg/ha/th.

Budidaya kopi di Indonesia umumnya hanya mengandalkan curah hujan sebagai sumber air bagi tanaman. Musim kemarau yang panjang dan perubahan iklim yang ekstrim memberikan dampak negatif terhadap budidaya tanaman, yakni kekeringan (Farooq *et al.*, 2009). Kekeringan erat kaitannya dengan ketersediaan air di dalam media tanam. Kekeringan yang terjadi pada musim kemarau menjadi salah satu faktor penyebab kekurangan air bagi tanaman. Media tanam dengan tingkat kapasitas lapang yang rendah mengakibatkan tanaman mengalami cekaman kekeringan, sehingga mempengaruhi semua aspek pertumbuhan tanaman, yang meliputi proses fisiologis, biokimia, anatomi, dan morfologi (Ai dan Banyo, 2011). Kekeringan menjadi penghambat pertumbuhan, kehilangan hasil, bahkan kematian tanaman, sehingga berdampak besar terhadap produksi kopi (Farooq *et al.*, 2009). Menurut David (2008), kekeringan mengakibatkan daun tanaman kakao gugur, ranting menjadi kering, produksi hilang sebesar 20-50%, dan kematian tanaman. Tanaman kopi juga diperkirakan mengalami dampak yang sama ketika kandungan air media tanam berada pada tingkat kapasitas lapang yang rendah.

Klon-klon kopi yang tahan terhadap cekaman kekeringan biasanya mengembangkan beberapa mekanisme ketahanan, diantaranya dengan membentuk senyawa tertentu guna melindungi sel dan jaringan dari kerusakan yang diakibatkan oleh cekaman kekeringan. Dilihat dari morfologi tanaman, cekaman kekeringan mengakibatkan rambut akar rusak akibat rusaknya sel-sel pada rambut akar tersebut. Kerusakan rambut akar mengakibatkan serapan air dan hara akan terhambat. Tanaman memberikan respon terhadap defisit air tersebut dengan menurunkan konduktivitas stomata. Respon tersebut dilakukan tanaman guna menekan kehilangan air yang berlebihan akibat transpirasi.

Kekurangan air mengakibatkan penurunan konduktivitas stomata, sehingga pertukaran gas akan terhambat dan akhirnya menurunkan fiksasi CO<sub>2</sub>. Penurunan

fiksasi CO<sub>2</sub> akan menurunkan laju fotosintesis, sehingga glukosa yang dihasilkan rendah. Laju fotosintesis tergantung dari substrat yang tersedia (CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O) serta cahaya dan klorofil. Fiksasi CO<sub>2</sub> dan serapan H<sub>2</sub>O yang rendah akibat cekaman kekeringan berpengaruh langsung terhadap penurunan laju fotosintesis. Salisbury and Ross (1995) menyatakan bahwa kekurangan air mengakibatkan sebagian stomata daun akan menutup, sehingga terjadi hambatan masuknya karbondioksida dan menurunkan aktivitas fotosintesis.

Penurunan laju fotosintesis berpengaruh langsung terhadap jumlah fotosintat yang dihasilkan. Glukosa yang dihasilkan dari proses fotosintesis akan segera diubah menjadi sukrosa untuk ditransfer ke seluruh bagian tanaman. Rendahnya sukrosa yang ditransfer oleh daun sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, hal tersebut mengakibatkan klon-klon kopi yang tidak tahan cekaman kekeringan akan mengalami hambatan pertumbuhan. Menurut Kurniasari dkk. (2010), tanaman yang mengalami kekurangan air biasanya memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan tanaman yang tumbuh normal. Perubahan pertumbuhan tanaman disebabkan oleh perubahan metabolisme yang berkaitan dengan fisiologis tanaman. Karakter fisiologis tanaman yang penting diidentifikasi ketika terjadi cekaman kekeringan yaitu: konduktivitas stomata, kandungan klorofil a, klorofil b, dan total klorofil, kandungan protein terlarut, kandungan sukrosa daun, dan kandungan gula reduksi daun.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka perlu diteliti karakter fisiologis beberapa klon kopi pada kondisi tingkat kapasitas lapang yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh beberapa kondisi tingkat kapasitas lapang media terhadap karakter fisiologis kopi robusta klon BP 409 dan BP 936. Harapan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan klon kopi unggul yang tahan terhadap kekeringan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah berdasarkan uraian di atas yaitu :

1. Apakah terdapat interaksi antara macam klon kopi dan tingkat kapasitas lapang media terhadap karakter fisiologis bibit kopi robusta ?

2. Apakah tingkat kapasitas lapang media yang berbeda memberikan pengaruh berbeda terhadap karakter fisiologis bibit kopi robusta ?
3. Apakah kopi robusta klon BP 409 dan BP 936 memiliki respon fisiologis yang berbeda pada kondisi tingkat kapasitas lapang media yang berbeda ?

## **1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

### **1.3.1 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui interaksi antara macam klon kopi dan tingkat kapasitas lapang media terhadap karakter fisiologis bibit kopi robusta.
2. Mengidentifikasi pengaruh tingkat kapasitas lapang media terhadap karakter fisiologis bibit kopi robusta.
3. Mengidentifikasi perbedaan respon fisiologis bibit kopi robusta klon BP 409 dan BP 936 pada kondisi tingkat kapasitas lapang media yang berbeda.

### **1.3.2 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna dalam usaha pengembangan budidaya kopi, khususnya pada penyediaan bibit unggul tahan terhadap cekaman kekeringan (kondisi tingkat kapasitas lapang media rendah). Informasi tersebut juga berguna bagi para peneliti untuk mengembangkan penelitian di masa yang akan datang.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Kopi (*Coffea sp*)

Kopi termasuk famili *Rubiaceae* dan genus *Coffeae*. Genus tersebut terdiri atas 4 seksi yang meliputi 66 spesies, yakni 24 spesies *Eucoffaeae*, 18 spesies *Mascarocoffeae*, 13 spesies *Paracoffeae*, dan 13 spesies *Agrocoffaeae*. Dari keempat seksi tersebut, *Eucoffaeae* merupakan seksi yang memiliki nilai komersial cukup tinggi. Berikut adalah taksonomi tanaman kopi menurut Rahardjo (2012) :

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

Kopi merupakan tanaman yang berbentuk pohon yang termasuk famili *Rubiaceae*. Tanaman kopi tumbuh tegak dan bercabang, bahkan dapat mencapai 12 meter. Secara morfologis, daun kopi berbentuk bulat telur dengan ujung agak runcing. Pertumbuhan daun tersebut dapat berhadapan dengan batang, cabang, ataupun ranting (Najiyati dan Danarti, 1991).

Kopi adalah salah satu tanaman perkebunan yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia (Meihana dan Purjiyanto, 2014). Tanaman kopi umumnya dapat tumbuh optimum di daerah dengan curah hujan antara 2.000-3.000 mm/tahun. Curah hujan berpengaruh terhadap ketersediaan air bagi tanaman. Tanaman kopi membutuhkan intensitas penyinaran rendah guna menghindari evapotranspirasi yang pada akhirnya akan mengganggu keseimbangan proses fotosintesis, sehingga tanaman kopi menghendaki adanya naungan (Najiyati dan Danarti, 1991).

## 2.2 Kopi Robusta (*Coffea canephora*)

Kopi robusta bukan nama spesies karena kopi ini merupakan keturunan dari beberapa spesies kopi terutama *Coffea canephora* (Najiyati dan Danarti, 1991). Jenis kopi robusta berasal dari Afrika, dari pantai barat sampai Uganda. Kopi robusta umumnya banyak dipergunakan untuk tujuan perdagangan sehingga banyak dibudidayakan (Aak, 1980).

Kopi robusta ditemukan sekitar tahun 1895 dan saat ini telah banyak dibudidayakan di Afrika Barat dan Asia Tenggara. Di Indonesia, kopi robusta adalah jenis kopi yang banyak tumbuh di Pulau Sumatra dan Jawa khususnya daerah Jember. Kopi robusta tumbuh optimal di ketinggian 400-700 m dpl dengan temperatur 21-24° C dan bulan kering 3-4 bulan secara berturut-turut (Nasir, 1977). Yahmadi (2007) menambahkan bahwa musim kering dengan suhu yang tinggi diperlukan tanaman kopi untuk menginisiasi pembungaan dan pembentukan buah, namun ketika bunga mekar menghendaki curah hujan yang cukup.

Kopi robusta terdiri atas banyak klon dan setiap klon tersebut memiliki sifat-sifat agronomis yang berbeda. Tabel 2.1 menunjukkan ciri-ciri klon kopi robusta BP 409 dan BP 936.

**Tabel 2.1** Perbedaan karakter kopi robusta klon BP 409 dan BP 936

<b>Karakter Tanaman</b>	<b>Klon BP 409</b>	<b>Klon BP 936</b>
Perawakan	Besar dan kokoh	Sedang – besar
Percabangan	Kokoh, kuat, ruas agak panjang	Rapat, kaku, mendatar teratur, rimbun
Bentuk dan warna daun	Membulat, besar, hijau gelap, helai daun seperti belulang, bergelombang tegas, pupus hijau muda	Bulat telur, lebar memanjang, ujung membulat tumpul agak lebar, pupus hijau coklat muda, menelungkup ke bawah
Buah	Agak besar, buah muda beralur, masak merah hati	Membulat besar, permukaan halus, buah muda hijau bersih, masak seragam, letak buah tersembunyi di balik cabang daun
Biji	Sedang – besar	Sedang – besar
Produktivitas	1.000 - 2.300 kg/ha/th	1.800 - 2.800 kg/ha/th

Sumber : Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (2009)

## 2.3 Kandungan Air dalam Media Tanam

Air merupakan faktor terpenting dalam kehidupan tanaman karena berperan dalam proses fisiologi tanaman. Menurut Ai dan Banyo (2011), air menjadi bagian utama protoplasma dan menyusun 85-90% dari berat keseluruhan jaringan tanaman. Selain itu, air berperan sebagai substrat dalam reaksi fotosintesis serta dalam reaksi-reaksi hidrolisis. Air juga berperan sebagai pelarut garam-garam, gas-gas, dan zat-zat lain yang diangkut antar sel dalam jaringan tanaman. Fungsi lain air adalah berkaitan dengan membuka dan menutupnya stomata daun. Oleh sebab itu, ketersediaan air menjadi sangat penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Kandungan air di dalam media tanam menentukan besarnya tingkat kapasitas lapang media tanam tersebut. Air terdapat di dalam tanah karena ditahan oleh massa tanah dan lapisan kedap air. Air dapat meresap atau ditahan oleh tanah karena adanya gaya adhesi, kohesi, dan gravitasi (Hardjowigeno, 1992). Kapasitas lapang merupakan kondisi ketika air hanya berada dalam pori-pori mikro tanah dan disebut sebagai air tersedia, sedangkan pori-pori makro tanah terisi oleh udara (Najiyati dan Danarti, 1998). Menurut Baskoro dan Tarigan (2007), kapasitas lapang adalah kadar lengas tanah pada saat air gravitasi berhenti atau hampir berhenti mengalir setelah sebelumnya tanah tersebut jenuh sempurna.

Kapasitas lapang tercapai setelah air diberikan ke dalam media tanam hingga jenuh, kemudian kelebihan airnya dibuang, sehingga pada kondisi ini semua pori terisi air (Sutanto, 2005). Air di dalam media tanam kemudian akan terus berkurang karena terjadi penguapan dan digunakan oleh tanaman. Jika kehilangan air dibiarkan terus berlangsung, maka suatu saat kandungan air media tanam sangat rendah, sehingga mengakibatkan tanaman tidak mampu menyerap air dan kemudian menjadi layu.

Persentase kapasitas lapang media tanam yang rendah mengakibatkan terjadinya cekaman kekeringan pada tanaman. Kekeringan mengakibatkan tanaman mengalami kekurangan air akibat keterbatasan air dari lingkungan tumbuhnya (Ai, 2011). Menurut Lakitan (1996), cekaman kekeringan disebabkan oleh menurunnya suplai air di daerah rhizosfer, sedangkan kebutuhan air di bagian

pucuk tanaman berlebihan akibat laju transpirasi yang melebihi laju absorpsi air. Oleh sebab itu, serapan air oleh akar tanaman sangat dipengaruhi oleh laju transpirasi, sistem perakaran, dan ketersediaan air tanah.

Berdasarkan hasil penelitian David (2008), bobot kering bibit kakao menunjukkan perbedaan tidak nyata pada kondisi kadar lengas 75% kapasitas lapang dibandingkan kontrol (100% kapasitas lapang) karena laju penurunan bobot kering bibit sangat kecil (sekitar 3%). Akan tetapi, bobot kering bibit pada kadar lengas 50% kapasitas lapang berbeda sangat nyata dengan kontrol. Maka dari itu, pada kadar lengas 50% terjadi penurunan pertumbuhan yang sangat signifikan.

## **2.4 Tanggapan Fisiologis Tanaman Kopi terhadap Kandungan Air Media**

### **Tanam**

Air merupakan bahan yang penting bagi metabolisme tanaman. Menurut Pugnaire and Pardos (1999), air berpengaruh terhadap semua proses metabolisme dalam tanaman, sehingga defisit air yang akan mengakibatkan pertumbuhan terganggu. Gardner *et al.* (1991) menambahkan bahwa air seringkali membatasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang ditunjukkan pada perubahan aktivitas metabolismenya.

Tingkat kapasitas lapang media tanam menentukan jumlah air yang terkandung di dalam media tanam tersebut, sehingga berpengaruh langsung terhadap jumlah air yang dapat diserap tanaman. Semakin rendah tingkat kapasitas lapang media tanam, semakin sulit tanaman menyerap air karena meningkatnya gaya adhesi. Gaya adhesi yang besar mengakibatkan tanaman mengalami kekurangan air. Kekurangan air terjadi akibat ketersediaan air dalam media tanam kurang dan transpirasi yang berlebihan. Di lapangan, tanaman dapat mengalami kekurangan air yang disebabkan kecepatan absorpsi tidak dapat mengimbangi laju transpirasi (Islami dan Utomo, 1995). Jumin (1992) juga menyatakan bahwa kekurangan air mempengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman yang disebabkan oleh hilangnya turgiditas. Turgiditas rendah akan menghentikan pertumbuhan sel, baik penggandaan maupun pembesaran sel.

Kehilangan air yang disebabkan penguapan secara terus-menerus akan mengakibatkan tanaman mengalami kekurangan air. Tanaman akan melakukan dua macam respon guna memperbaiki status air di dalam tubuhnya ketika mengalami defisit air. Respon tersebut yakni perubahan asimilat lebih banyak untuk mendukung pertumbuhan akar dengan mengorbankan pucuk atau pengaturan bukaan stomata untuk menekan kehilangan air yang berlebihan (Mansfield and Akinson, 1990).

Kekurangan air berpengaruh terhadap semua metabolisme di dalam tubuh tanaman, terutama laju fotosintesis. Menurut Campostrini and Maestri (1998), berkaitan dengan sifat fisiologis tanaman khususnya fotosintesis, klon kopi yang berbeda mempunyai kandungan klorofil yang juga berbeda, sehingga berpengaruh terhadap aktivitas fotosintesis dan produksi akhir. Berdasarkan hasil penelitian Munandar dkk. (2010), kopi robusta klon BP 358 memiliki aktivitas fotosintesis yang lebih baik dibandingkan klon BP 409, sehingga memungkinkan hasil fotosintesis lebih tinggi.

Kekurangan air juga mengakibatkan menurunnya konduktivitas stomata. Konduktivitas stomata pada daun secara tidak langsung berpengaruh terhadap fotosintesis tanaman karena berhubungan dengan keluar masuknya CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> yang merupakan bahan utama dan produk yang dihasilkan selama proses fotosintesis (Salisbury dan Ross, 1995). Hasil akhir proses fotosintesis yang diakumulasi di daun tanaman adalah sukrosa. Sukrosa adalah hasil akhir dari proses fotosintesis yang ditranslokasikan dari daun (*source*) ke organ-organ tanaman yang membutuhkan (*sink*), seperti akar, batang, bunga, buah, dan jaringan meristem (Ward, 2000).

## 2.5 Hipotesis

Adapun hipotesis yang dapat diambil adalah sebagai berikut ini:

1. Terdapat interaksi antara macam klon kopi dan tingkat kapasitas lapang media terhadap karakter fisiologis bibit kopi robusta.
2. Tingkat kapasitas lapang media yang berbeda memberikan pengaruh berbeda terhadap karakter fisiologis bibit kopi robusta.

3. Terdapat perbedaan respon fisiologis antara bibit kopi robusta klon BP 409 dan BP 936 pada kondisi tingkat kapasitas lapang yang berbeda.



## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Januari sampai April 2015 bertempat di rumah plastik Desa Sumberjeruk, Kecamatan Kalisat, Kabupaten Jember. Tempat penelitian berada pada ketinggian dengan suhu udara 26,29 °C, kelembapan udara 84,25%, dan intensitas cahaya 608,88 lux (45,29%). Analisis fisiologis tanaman dilakukan di Laboratorium Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

### 3.2 Bahan dan Alat

#### 3.2.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan antara lain yakni klon kopi BP 409 dan BP 936, tanah, pasir, pupuk kandang, nitrogen cair, Buffer ekstraksi protein terlarut (0,1 M Tris-HCl pH 7,5, 20 mM EDTA pH 8, dan 7µl β-Mercaptoethanol), larutan Bradford, 0,5 N NaOH, Resolsinol, larutan DNS, ethanol, HCl 30%, dan aquades.

#### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan polibag, cetok, penggaris, mortal alu, gelas ukur, tabung reaksi, spektrofotometer, *ependorf*, *freezer*, *sentrifuge*, *micropipet*, dan *leaf porometer*.

### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 2 faktor dengan faktor pertama macam klon kopi (2 klon) dan faktor kedua persentase kapasitas lapang (4 taraf), sehingga terdapat 8 kombinasi perlakuan dengan 3 ulangan.

Faktor pertama adalah macam klon kopi robusta yang diberi simbol K terdiri atas 2 klon, yakni :

a. K1 : Klon BP 409

b. K2 : Klon BP 936

Faktor kedua adalah persentase kapasitas lapang yang diberi simbol C, terdiri dari 4 taraf yaitu :

a. C0 (kontrol) : Penyiraman 100% kapasitas lapang

b. C1 : Penyiraman 75% kapasitas lapang

c. C2 : Penyiraman 50% kapasitas lapang

d. C3 : Penyiraman 25% kapasitas lapang

Adapun kombinasi antara macam klon kopi dan persentase kapasitas lapang, yaitu :

a. K1C0 : Klon kopi BP 409 dan penyiraman 100% kapasitas lapang

b. K1C1 : Klon kopi BP 409 dan penyiraman 75% kapasitas lapang

c. K1C2 : Klon kopi BP 409 dan penyiraman 50% kapasitas lapang

d. K1C3 : Klon kopi BP 409 dan penyiraman 25% kapasitas lapang

e. K2C0 : Klon kopi BP 936 dan penyiraman 100% kapasitas lapang

f. K2C1 : Klon kopi BP 936 dan penyiraman 75% kapasitas lapang

g. K2C2 : Klon kopi BP 936 dan penyiraman 50% kapasitas lapang

h. K2C3 : Klon kopi BP 936 dan penyiraman 25% kapasitas lapang

Sedangkan denah percobaan yang digunakan adalah sebagai berikut ini:

K2C3 (1)	K2C1 (3)	K1C1 (1)	K2C2 (3)
K1C2 (1)	K1C3 (1)	K1C0 (1)	K2C3 (3)
K1C0 (2)	K1C1 (3)	K2C0 (2)	K2C2 (1)
K2C0 (1)	K2C3 (2)	K2C2 (2)	K1C1 (2)
K1C2 (4)	K2C1 (1)	K1C3 (3)	K1C2 (2)
K2C0 (3)	K1C0 (3)	K2C1 (2)	K1C2 (3)

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah kering angin, pasir, dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1:1 (Gambar 3.1). Tanah yang digunakan diayak terlebih dahulu, kemudian dicampur dengan pasir dan pupuk

kandang sampai rata. Setelah siap digunakan, masukkan media tanam ke dalam polibag berukuran 12 x 25 cm dengan berat 1,5 kg.



**Gambar 3.1** Campuran media tanam

### 3.4.2 Penetapan Kadar Lengas Media Tanam

Kadar lengas media tanam ditentukan dengan menjenuhkan salah satu media dalam polibag (Gambar 3.2), kemudian dibiarkan selama 12 jam sampai tidak ada air yang menetes. Volume air yang terjerap dalam media tanam merupakan selisih antara volume air yang dituang dan volume air yang ditampung (x ml). Volume air yang terjerap tersebut dianggap sebagai 100% kapasitas lapang, sedangkan untuk 75%, 50%, dan 25% kapasitas lapang dikonversi dari volume air yang digunakan pada 100% kapasitas lapang.



**Gambar 3.2** Penetapan kadar lengas media tanam

### 3.4.3 Penanaman

Bibit kopi yang digunakan dalam penelitian berumur 3 bulan dan ditanam pada media tanam campuran tanah, pasir, dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1:1.



Gambar 3.3 Penanaman bibit kopi

### 3.4.4 Pemeliharaan

Pemeliharaan bibit kopi yang dilakukan meliputi penyiraman, pemupukan dan pengendalian hama.

#### a. Penyiraman

Penyiraman dilakukan setiap terjadi penurunan kadar lengas >10%, sehingga kadar lengas masing-masing kombinasi perlakuan kembali ke kondisi awal. Tabel 3.1 merupakan percobaan pendahuluan pengukuran kehilangan air dari media tanam yang digunakan sebagai dasar waktu penyiraman. Berdasarkan Tabel 3.1, penambahan air ke dalam media tanam dilakukan setiap hari. Tingkat kapasitas lapang setiap kombinasi perlakuan diperhatahankan selama 2 bulan.

Tabel 3.1 Persentase kehilangan air dari media tanam

Kapasitas Lapang (%)	Berat Air Hari ke-1		Berat Air Hari ke-2		Kehilangan Air	
	BP 409 (g)	BP 936 (g)	BP 409 (g)	BP 936 (g)	BP 409 (%)	BP 936 (%)
100	290,00	286,67	250,00	253,33	13,8	11,6
75	206,67	213,00	186,67	193,33	9,7	9,2
50	123,33	120,00	110,00	106,67	10,8	11,1
25	76,67	73,33	66,67	66,67	13,04	9,1

Keterangan : % kehilangan air diukur dengan rumus  $\frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$

## b. Pemupukan

Pemupukan dilakukan setiap dua minggu sejak awal tanam menggunakan pupuk Urea 2 g/tanaman. Pemupukan ini sesuai dengan standar pemupukan bibit kopi robusta yang dilakukan oleh Pusat Penelitian Kopi Kakao Indonesia.



**Gambar 3.5** Pemupukan bibit kopi

## c. Pengendalian Hama

Pengendalian OPT diutamakan secara preventif dengan melakukan pembersihan gulma secara berkala yakni setiap seminggu sekali. Pengendalian hama terutama kutu putih dilakukan secara kimiawi menggunakan insektisida.



**Gambar 3.6** Hama kutu putih



**Gambar 3.7** Pengendalian hama kutu putih

## 3.4.5 Pengambilan Sampel Daun

Sampel daun yang diambil digunakan untuk analisis fisiologis tanaman. Analisis fisiologis tanaman terdiri atas kandungan sukrosa daun, kandungan gula reduksi daun, kandungan klorofil, dan kandungan protein terlarut. Pengambilan sampel dilakukan setelah 2 bulan perlakuan. Sampel dimasukkan ke dalam plastik, kemudian dimasukkan ke dalam termos yang telah berisi es. Sampel disimpan dalam *freezer*  $-20^{\circ}\text{C}$  sampai dilakukan analisis.



**Gambar 3.8** Pengambilan sampel daun

## 3.5 Variabel Pengamatan

### 1. Konduktivitas stomata

Pengukuran konduktivitas stomata dilakukan dengan menggunakan alat *Leaf Porometer* SC-1. Pengukuran dilakukan dengan menjepitkan daun pada posisi yang telah ditentukan dengan alat pendeteksi. Lalu menekan tombol start, sehingga alat akan membaca daya hantar stomata pada daun yang selanjutnya hasilnya akan muncul pada layar *Leaf Porometer*. Nilai konduktivitas stomata dinyatakan dalam satuan  $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{detik}^{-1}$ .



**Gambar 3.9** Pengukuran konduktivitas stomata

## 2. Kandungan klorofil daun

Sampel daun kopi sebanyak 0,1 g digerus menggunakan mortal alu setelah dibekukan dengan nitrogen cair sampai menjadi tepung. Tepung sampel disuspensikan dengan 0,5 ml 10 mM  $H_3BO_3$ . Suspensi sebanyak 40  $\mu$ l ditambahkan ethanol sebanyak 960  $\mu$ l, lalu divortek hingga homogen dan inkubasi di dalam kulkas (4°C selama 30 menit). Setelah itu, suspensi disentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 8000 rpm dan suhu 10°C. Supernatan diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 649 nm dan 665 nm. Konsentrasi klorofil a dan b dapat dihitung berdasarkan rumus berikut :

- Klorofil a =  $(13,7 \times \text{Abs}_{665}) - (5,76 \times \text{Abs}_{649}) = \mu\text{g klorofil /g sampel}$
- Klorofil b =  $(25,8 \times \text{Abs}_{649}) - (7,60 \times \text{Abs}_{665}) = \mu\text{g klorofil /g sampel}$
- Klorofil total = Klorofil a + Klorofil b =  $\mu\text{g klorofil /g sampel}$



**Gambar 3.10** Ekstraksi daun kopi

## 3. Kandungan protein terlarut

Kandungan protein terlarut ditentukan berdasarkan metode Bradford (1976). Sampel daun kopi sebanyak 0,5 g digerus menggunakan mortal alu setelah dibekukan dengan nitrogen cair sampai menjadi tepung. Tepung sampel disuspensikan dengan larutan buffer ekstraksi (50 ml 0,1 M Tris-HCl pH 7,5, 0,5 ml 20 mM EDTA pH 8, dan 7  $\mu$ l  $\beta$ -Mercaptoethanol) sebanyak 1,5 ml. Suspensi disentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm dan suhu 25°C selama 25 menit.

Supernatan diambil untuk dianalisis. Sebanyak 10 $\mu$ l supernatan ditambah dengan 1 ml larutan Bradford. Campuran tersebut kemudian divortek dan diinkubasi. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 595 nm dan standar yang digunakan adalah *Bovine Serum Albumin* (BSA).



**Gambar 3.11** Pengukuran kandungan protein terlarut

#### 4. Kandungan sukrosa dan gula reduksi daun

Sukrosa dan gula reduksi daun kopi diekstraksi menggunakan aquades. Sampel daun kopi sebanyak 0,5 g digerus menggunakan mortal alu setelah dibekukan dengan nitrogen cair sampai menjadi tepung. Tepung sampel disuspensikan dengan aquades sebanyak 5 ml. Suspensi direbus pada penangas air selama 10 menit, lalu disentrifugasi pada kecepatan 3250 rpm selama 10 menit. Supernatan diambil, sedangkan pelet yang tersisa disuspensikan kembali menggunakan aquades sebanyak 5 ml. Langkah kerja tersebut dilakukan hingga 4 kali. Supernatan ditampung dalam satu tempat, kemudian digunakan untuk analisis kandungan sukrosa dan gula reduksi.

Analisis kandungan sukrosa menggunakan metode resolsinol. Sampel daun kopi sebanyak 250  $\mu$ l ditambah NaOH 0,5 N 100  $\mu$ l dan divortek, kemudian dipanaskan 100°C selama 10 menit. Sampel dilakukan pewarnaan dengan menambahkan resolsinol sebanyak 250  $\mu$ l dan HCl 30% 750  $\mu$ l. Sampel

diinkubasi selama 8 menit pada suhu 80°C. Setelah dingin, absorbansi diukur pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 520 nm.

Kandungan gula reduksi diukur dengan menggunakan metode yang dilakukan oleh Miswar (2001). 500 µL sampel ditambah 500 µL reagen DNS, kemudian dipanaskan 100°C selama 10 menit. Setelah dingin, absorbansi diukur pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 560 nm.



**Gambar 3.12** Pengukuran kandungan gula reduksi dan sukrosa daun

## 5. Tinggi Tanaman

Pengukuran tinggi tanaman bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan tinggi bibit kopi. Pengukuran dilakukan dari pangkal batang sampai titik tumbuh pada awal dan akhir pengamatan menggunakan penggaris.



**Gambar 3.13** Pengukuran tinggi tanaman

## 6. Laju Pertumbuhan

Pengukuran laju pertumbuhan tanaman bertujuan untuk mengetahui kecepatan pertumbuhan tanaman per satuan waktu. Laju pertumbuhan tanaman dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Laju Pertumbuhan (mm/hari)} = \frac{H_t - H_0}{T_t - T_0}$$

Keterangan : H<sub>0</sub> = Tinggi tanaman pada awal perlakuan (cm)  
H<sub>t</sub> = Tinggi tanaman pada akhir perlakuan (cm)  
T<sub>0</sub> = Waktu pengukuran pada awal perlakuan (0 hst)  
T<sub>t</sub> = Waktu pengukuran pada akhir perlakuan (60 hst)

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis varian. Apabila antar perlakuan berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%. Kandungan protein terlarut tidak dianalisis menggunakan analisis varian karena sampel daun yang digunakan komposit.

**BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Hasil**

Hasil F-hitung dari tujuh variabel pengamatan (Tabel 4.1) menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara macam klon kopi (K) dengan persentase kapasitas lapang (C). Faktor perbedaan tingkat kapasitas lapang (C) media berpengaruh sangat nyata terhadap konduktivitas stomata, kandungan gula reduksi, tinggi tanaman, dan laju pertumbuhan, sedangkan perlakuan macam klon (K) berpengaruh nyata terhadap kandungan klorofil a dan berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman.

**Tabel 4.1** Rangkuman analisis ragam semua variabel pengamatan

No	Variabel Pengamatan	F Hitung		
		Macam Klon (K)	Persentase Kapasitas Lapang (C)	Interaksi K x C
1	Konduktivitas Stomata	0,10 tn	6,28 **	1,14 tn
2	Klorofil a	5,21 *	3,22 tn	1,02 tn
3	Klorofil b	2,91 tn	2,80 tn	0,45 tn
4	Klorofil Total	4,38 tn	3,14 tn	0,78 tn
5	Sukrosa Daun	0,03 tn	0,90 tn	0,14 tn
6	Gula Reduksi	0,89 tn	10,74 **	0,94 tn
7	Tinggi Tanaman	28,31 **	15,37 **	2,09 tn
8	Laju Pertumbuhan	1,97 tn	15,99 **	2,83 tn

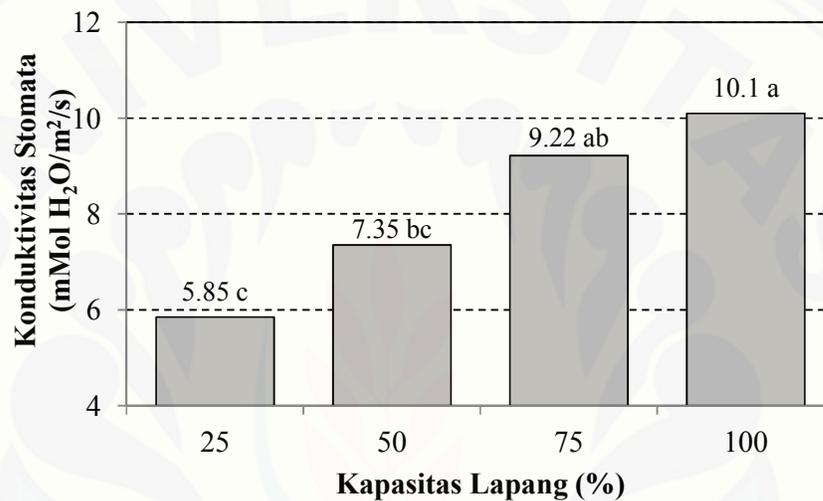
Keterangan :

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

**4.1.1 Konduktivitas Stomata**

Berdasarkan Tabel 4.1, persentase kapasitas lapang berpengaruh sangat nyata terhadap konduktivitas stomata. Hasil tersebut dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil uji jarak berganda Duncan dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Berdasarkan Gambar 4.1, persentase kapasitas lapang media yang berbeda berpengaruh nyata terhadap konduktivitas stomata bibit kopi robusta. Konduktivitas stomata pada 100% kapasitas lapang menunjukkan berbeda nyata dibandingkan 50% dan 25% kapasitas lapang, sedangkan jika dibandingkan dengan 75% kapasitas lapang menunjukkan perbedaan yang tidak nyata. Perlakuan terbaik pada 100% dan 75% kapasitas lapang karena memiliki nilai konduktivitas stomata tertinggi, yakni 10,1 dan 9,22 mMol H<sub>2</sub>O/m<sup>2</sup>/s.



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** Rata-rata konduktivitas stomata pada persentase kapasitas lapang media yang berbeda

Pengukuran konduktivitas stomata pada percobaan ini dilakukan pukul 09.00-11.30 dengan rata-rata suhu udara sebesar 33,75°C. Konduktivitas stomata akan meningkat seiring meningkatnya suhu lingkungan hingga batas tertentu yakni ketika laju serapan air tidak mampu mengimbangi laju transpirasi. Menurut Maryani (2012), peningkatan suhu lingkungan mengakibatkan peningkatan laju evapotranspirasi dan serapan air oleh akar. Laju fotosintesis tanaman juga akan meningkat seiring meningkatnya suhu.

Konduktivitas stomata dipengaruhi oleh ketersediaan air di daerah perakaran tanaman. Menurut Haryanti dan Meirina (2009), tumbuhan akan menyerap air jika berada antara kapasitas lapang dan titik layu permanen, namun penyerapan air akan terhambat bila kondisi media tanam berada di atas kapasitas lapang. Berdasarkan Gambar 4.1, kadar air 25% kapasitas lapang menyebabkan bibit kopi robusta tercekam kekeringan yang ditunjukkan dengan serapan air rendah dan konduktivitas stomata juga rendah.

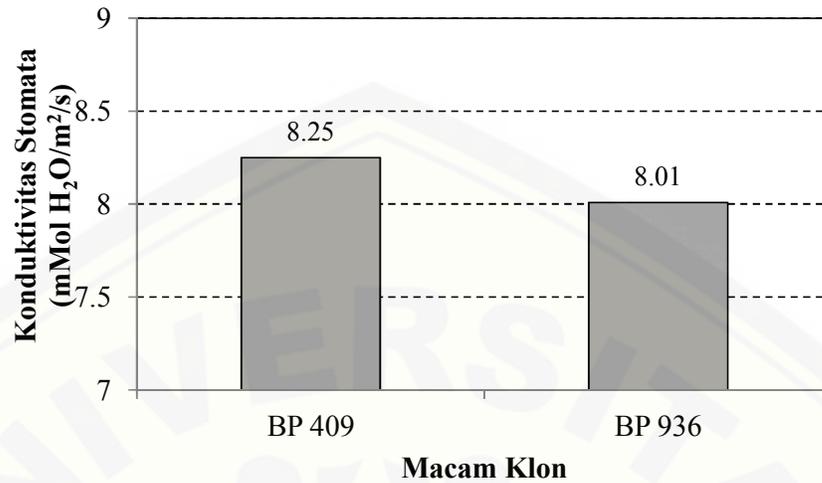
Tanaman kopi mampu menyerap air dengan baik pada kondisi 100% dan 75% kapasitas lapang. Hal ini disebabkan oleh tegangan air yang kecil, sehingga gaya adhesi dan kohesi melemah. Pada kondisi ini, air tidak terikat oleh partikel tanah, sehingga mudah diserap oleh tanaman. Semakin rendah kadar air di dalam media tanam, semakin kuat gaya adhesi dan kohesi, sehingga air terikat pada partikel tanah dengan kuat dan tidak dapat diserap oleh tanaman. Perlakuan 25% dan 50% kapasitas lapang menunjukkan bahwa tanaman mengalami hambatan serapan air yang ditunjukkan dengan nilai konduktivitas stomata yang rendah. Penurunan laju serapan air akan menurunkan laju transpirasi tanaman dan berpengaruh terhadap konduktivitas stomata.

Konduktivitas stomata adalah kemampuan stomata menyalurkan  $H_2O$  atau  $CO_2$  per satuan waktu. Nilai konduktivitas stomata dapat diketahui dari jumlah air yang dilepaskan tanaman ke atmosfer melalui stomata daun tiap satuan luas dan waktu. Jumlah air yang keluar (transpirasi) juga diikuti dengan jumlah  $CO_2$  yang masuk ke dalam tanaman.  $CO_2$  tersebut kemudian digunakan tanaman untuk melakukan fotosintesis (Uni-giessen dalam Harsanti, 2011). Semakin tinggi konduktivitas stomata, semakin cepat pertukaran gas, sehingga diasumsikan fiksasi  $CO_2$  akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan pernyataan Cowan (1982) yakni peningkatan laju konduktivitas stomata akan meningkatkan laju fiksasi  $CO_2$ . Pada kondisi lingkungan yang sama, perlakuan kadar air 100% kapasitas lapang menunjukkan konduktivitas stomata lebih tinggi (42%) dibandingkan perlakuan kadar air 25% kapasitas lapang, sehingga fiksasi  $CO_2$  juga akan lebih tinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai konduktivitas tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan, tetapi dipengaruhi oleh perlakuan.

Nilai konduktivitas stomata menunjukkan aktivitas serapan  $\text{CO}_2$  dan pelepasan  $\text{H}_2\text{O}$  melalui stomata daun sebagai hasil dari fotosintesis. Laju fotosintesis yang semakin meningkat akan selalu diikuti oleh peningkatan laju transpirasi tanaman sebagai hukum pertukaran gas di permukaan daun sampai batas tertentu (Cowan, 1982). Transpirasi ditentukan oleh jumlah serapan air oleh tanaman. Tingkat serapan air yang rendah akibat menurunnya ketersediaan air menyebabkan penurunan laju fotosintesis. Hal ini sesuai dengan pernyataan Purwanto dan Agustono (2010) bahwa laju fotosintesis menurun seiring penurunan kadar air media tanam. Salisbury dan Ross (1992) juga menyatakan bahwa ketika tanaman kekurangan air, sebagian stomatanya menutup sehingga terjadi hambatan masuknya  $\text{CO}_2$  dan menurunkan aktivitas fotosintesis.

Kandungan air 25% kapasitas lapang menunjukkan nilai konduktivitas stomata terendah ( $5,85 \text{ mMol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}$ ). Kandungan air yang rendah pada media tanam mengakibatkan potensial air semakin rendah, sehingga serapan air oleh tanaman semakin sedikit. Tanaman merespon kondisi tersebut dengan menutup stomata daun. Penutupan stomata berkaitan dengan keberadaan hormon asam absisat (ABA) dan ion kalium ( $\text{K}^+$ ). Tanaman yang mengalami kekurangan air akan meningkatkan sintesis ABA yang berperan sebagai pembawa sinyal ke daun. ABA berperan secara tidak langsung dalam mengusir  $\text{K}^+$  dari sel penjaga. Pengusiran  $\text{K}^+$  dari sel penjaga mengakibatkan peningkatan potensial air di dalam sel penjaga tersebut, sehingga mengakibatkan tekanan turgor menurun. Penurunan tekanan turgor mengakibatkan stomata menutup dan pada akhirnya akan menurunkan konduktivitas stomata daun.

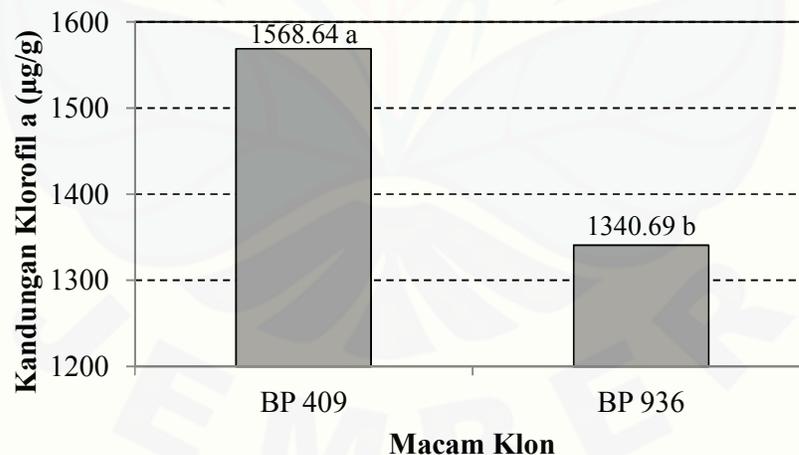
Berdasarkan Tabel 4.1, macam klon kopi berpengaruh tidak nyata terhadap konduktivitas stomata. Kedua klon kopi memiliki nilai konduktivitas stomata yang tidak jauh berbeda (Gambar 4.2). Konduktivitas stomata klon BP 409 ( $8,25 \text{ mMol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}$ ) lebih tinggi 2,9% dibandingkan klon BP 936 ( $8,01 \text{ mMol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}$ ). Walaupun perbedaan kedua klon kopi tidak signifikan, namun klon BP 409 memiliki kecenderungan lebih baik dibandingkan klon BP 936.



**Gambar 4.2** Rata-rata konduktivitas stomata pada macam klon yang berbeda

#### 4.1.2 Kandungan Klorofil a

Berdasarkan Tabel 4.1, macam klon kopi berpengaruh nyata terhadap kandungan klorofil a. Hasil tersebut dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil uji jarak berganda Duncan dapat dilihat 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 4.3** Rata-rata kandungan klorofil a pada macam klon yang berbeda

Berdasarkan Gambar 4.3, macam klon kopi berpengaruh nyata terhadap kandungan klorofil a. Klon BP 409 menunjukkan kandungan klorofil a (1.568,64  $\mu\text{g/g}$ ) lebih tinggi 14,5% dibandingkan klon BP 936 (1.340,69  $\mu\text{g/g}$ ). Perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan sifat masing-masing klon. Hal ini sesuai dengan pernyataan Biber (2007) bahwa perbedaan kandungan klorofil disebabkan oleh perbedaan proses metabolisme tanaman yang berkaitan dengan umur tanaman, umur daun, morfologi tanaman, dan faktor genetik. Pada ketersediaan air 25% kapasitas lapang, klon BP 409 lebih tahan dibandingkan klon BP 936 karena mampu mensintesis klorofil a lebih banyak.

Sintesis klorofil tanaman kopi pada percobaan ini lebih dipengaruhi oleh air dan faktor genetik, sedangkan faktor lainnya adalah sama. Kekurangan air akan menurunkan sintesis klorofil. Menurut Li *et al.* (2006), pengukuran karakter fisiologi seperti kandungan klorofil merupakan salah satu pendekatan untuk mempelajari pengaruh kekurangan air terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman karena berkaitan erat dengan laju fotosintesis. Salisbury dan Ross (1992) menyatakan bahwa salah satu aspek fotosintesis yang sangat rentan terhadap kekurangan air adalah biosintesis klorofil dan pembentukan protoklorofil pada potensial air di bawah 0 atm menjadi terhambat. Menurut Ai dan Banyo (2011), kandungan klorofil digunakan sebagai indikator terpercaya untuk mengevaluasi ketidakseimbangan metabolisme antara fotosintesis dan hasil produksi ketika tanaman kekurangan air.

Percobaan ini menunjukkan bahwa perbedaan kapasitas lapang media tanam berpengaruh tidak nyata terhadap kandungan total klorofil, klorofil a, dan klorofil b. Hasil ini berbeda dengan penelitian Prihastanti (2010) yang menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil b pada semai kakao dengan perlakuan air tanah 50% lebih rendah dibandingkan perlakuan air tanah 70% selama 2 bulan. Hasil penelitian Mescht *et al.* (1999) menunjukkan bahwa kandungan klorofil a, klorofil b, dan total klorofil kentang yang mengalami kekurangan air selama 4 minggu lebih rendah dibandingkan dengan tanaman kentang yang diberi air cukup.

Kekurangan air dapat merusak klorofil dan menghambat sintesisnya (Lessani and Mojtahedi, 2002). Kekurangan air secara signifikan mengurangi

klorofil a, klorofil b, total klorofil dan laju fotosintesis tanaman lili (Zhang *et al.*, 2004) dan tiga kultivar padi (Chutia and Borah, 2012). Cekaman kekeringan selama fase vegetatif buncis dapat menurunkan kandungan klorofil a, klorofil b, dan total klorofil secara signifikan (Mafakheri *et al.*, 2010). Varietas gandum yang tahan kekeringan (Sardari, Kavir, dan Varinac) memiliki kandungan klorofil yang berbeda nyata dibandingkan varietas yang rentan kekeringan (Marvdasht, Tajan dan Ghods). Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh penelitian Beeflink *et al.* (1985) yang melaporkan bahwa cekaman kekeringan mengakibatkan peningkatan klorofil daun bawang.

Kandungan klorofil yang berbeda tidak nyata pada berbagai kapasitas lapang media tanam disebabkan oleh sampel daun yang digunakan berdasarkan satuan berat. Hasil penelitian Banyo dkk. (2013) menunjukkan bahwa sampel daun dengan berat basah yang sama untuk perlakuan PEG 0 MPa mempunyai jumlah sel yang lebih sedikit daripada sampel daun dari perlakuan PEG -0,5 dan -1 MPa. Hal ini yang menyebabkan peningkatan konsentrasi total klorofil, klorofil a, dan klorofil b pada kedua perlakuan tersebut. Oleh sebab itu, pengukuran konsentrasi klorofil daun pada tanaman yang mengalami kekurangan air seharusnya menggunakan satuan luas jaringan daun bukan berdasarkan berat basah.

Air merupakan faktor penting dalam sintesis klorofil, sehingga kekurangan air akan menurunkan sintesis klorofil. Air berperan dalam transpor unsur hara terutama unsur N dan Mg yang merupakan komponen klorofil. Pengukuran klorofil sebaiknya menggunakan satuan luas daun karena hasilnya lebih valid. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ai dan Banyo (2011) bahwa kekurangan air mengakibatkan perubahan di tingkat seluler yang kemudian terjadi penurunan luas daun dan penebalan daun.

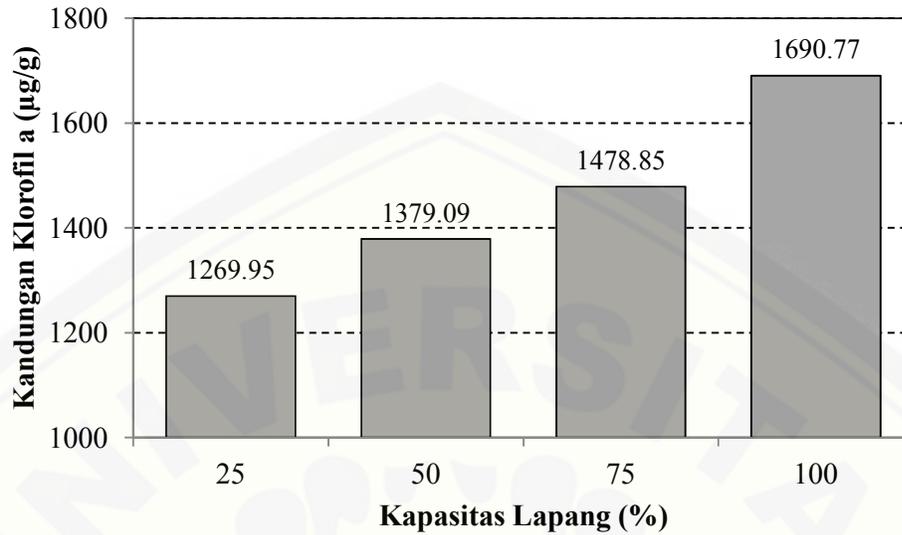
Percobaan ini menunjukkan bahwa kandungan klorofil a berbeda nyata pada macam klon yang berbeda. Klon BP 409 memiliki kandungan klorofil a yang lebih tinggi dibandingkan klon BP 936. Perbedaan kandungan klorofil a tersebut karena perbedaan sifat genetik kedua klon kopi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Biber (2007) bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi kandungan klorofil

daun adalah faktor genetik. Klon kopi yang berbeda memiliki kandungan klorofil yang berbeda pula pada kondisi lingkungan yang sama. Oleh karena itu, perbedaan kandungan klorofil pada percobaan ini dipengaruhi oleh macam klon bukan lingkungan ataupun faktor lainnya.

Kandungan klorofil merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kapasitas fotosintesis (Arjenaki *et al.*, 2012). Kandungan klorofil daun dapat dijadikan indikator kemampuan fotosintesis jaringan tanaman (Wright *et al.* dalam Arjenaki *et al.*, 2012). Berkaitan dengan sifat fisiologis khususnya fotosintesis, klon kopi yang berbeda memiliki kandungan klorofil yang berbeda, sehingga aktifitas fotosintesis berbeda pula dan berpengaruh terhadap produksi akhir (Campostrini and Maestri, 1998).

Fotosintesis pada tanaman kopi robusta sangat dipengaruhi oleh kandungan klorofil daun. Klorofil berfungsi sebagai penangkap cahaya yang dibutuhkan tanaman untuk berfotosintesis. Kandungan klorofil yang tinggi merupakan indikator jumlah fotosintat yang disintesis oleh tanaman. Klorofil pada tanaman terdiri dari 2 macam, yaitu klorofil a dan klorofil b (Dwidjoseputro, 1980). Berdasarkan hasil penelitian Munandar dkk. (2010), kopi robusta klon BP 409 memiliki laju fotosintesis  $6,05 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{detik}^{-1}$  pada intensitas cahaya 80%. Laju fotosintesis tersebut erat kaitannya dengan kandungan klorofil daun. Kopi robusta klon BP 409 memiliki kandungan klorofil a yang lebih tinggi dibandingkan kopi klon BP 358 (Ristiawan, 2011).

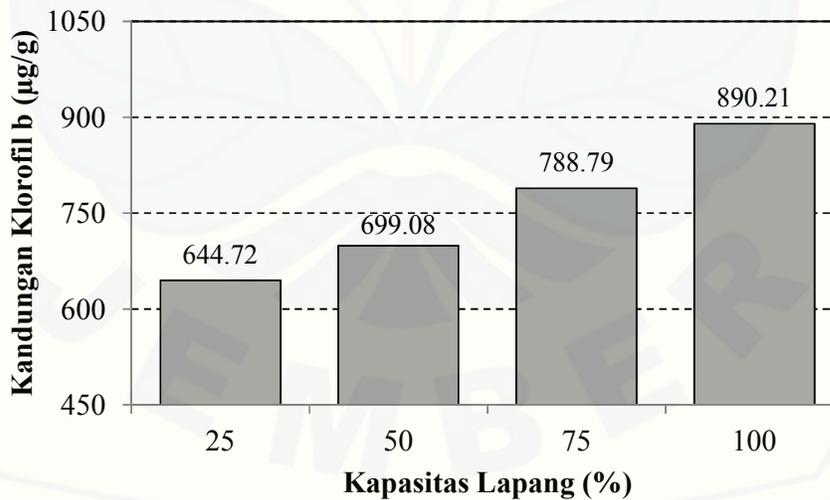
Berdasarkan Tabel 4.1, faktor tingkat kapasitas lapang media berpengaruh tidak nyata terhadap kandungan klorofil a. Kandungan klorofil a pada berbagai kondisi kapasitas lapang media dapat dilihat pada Gambar 4.4. Berdasarkan Gambar 4.4, kandungan klorofil a pada kondisi 100% kapasitas lapang (1.690,77  $\mu\text{g/g}$ ) lebih tinggi 24,9% dibandingkan kondisi 25% kapasitas lapang (1.269,95  $\mu\text{g/g}$ ), sehingga memiliki kecenderungan lebih baik dalam mensintesis klorofil a.



**Gambar 4.4** Rata-rata kandungan klorofil a pada persentase kapasitas lapang media yang berbeda

#### 4.1.3 Kandungan Klorofil b

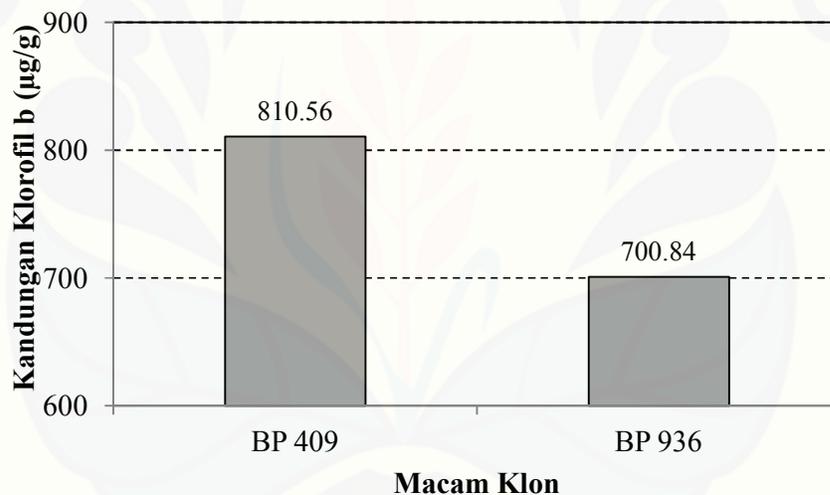
Berdasarkan Tabel 4.1, persentase kapasitas lapang yang berbeda berpengaruh tidak nyata terhadap kandungan klorofil b. Rata-rata kandungan klorofil b dapat dilihat pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Rata-rata kandungan klorofil b pada persentase kapasitas lapang yang berbeda

Berdasarkan Gambar 4.5, kandungan klorofil b menurun seiring penurunan kapasitas lapang media tanam, namun penurunannya tidak signifikan. Walaupun kandungan klorofil b berbeda tidak nyata, namun pada kondisi 100% kapasitas lapang memiliki kecenderungan lebih baik dalam mensintesis klorofil b. Hal ini dikarenakan kandungan klorofil b pada 100% kapasitas lapang (890,21  $\mu\text{g/g}$ ) lebih tinggi 27,6% dibandingkan pada 25% kapasitas lapang (644,72  $\mu\text{g/g}$ ).

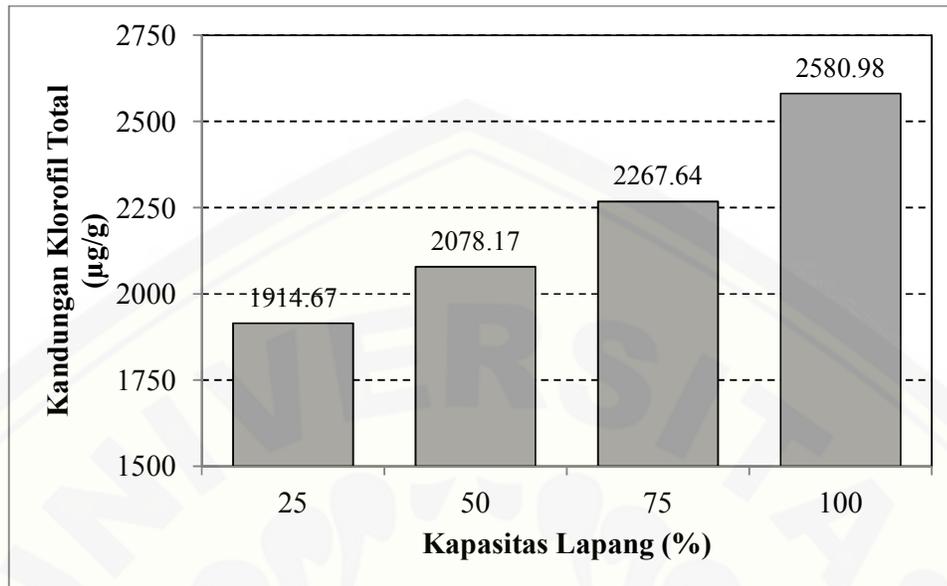
Macam klon kopi juga berpengaruh tidak nyata terhadap kandungan klorofil b (Tabel 4.1). Rata-rata kandungan klorofil b kedua klon dapat dilihat pada Gambar 4.6. Berdasarkan Gambar 4.6, klon BP 409 memiliki kandungan klorofil b (810,56  $\mu\text{g/g}$ ) lebih tinggi 13,5% dibandingkan klon BP 936 (700,84  $\mu\text{g/g}$ ), namun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Walaupun demikian, klon BP 409 memiliki kecenderungan lebih baik dalam mensintesis klorofil b.



**Gambar 4.6** Rata-rata kandungan klorofil b pada macam klon yang berbeda

#### 4.1.4 Kandungan Klorofil Total

Berdasarkan Tabel 4.1, persentase kapasitas lapang yang berbeda berpengaruh tidak nyata terhadap kandungan klorofil total kedua klon kopi. Rata-rata kandungan klorofil total dapat dilihat pada Gambar 4.7. Pengukuran kandungan klorofil menggunakan sampel daun kopi yang telah diekstraksi, seperti pada Gambar 4.8.



**Gambar 4.7** Rata-rata kandungan klorofil total pada persentase kapasitas lapang media yang berbeda

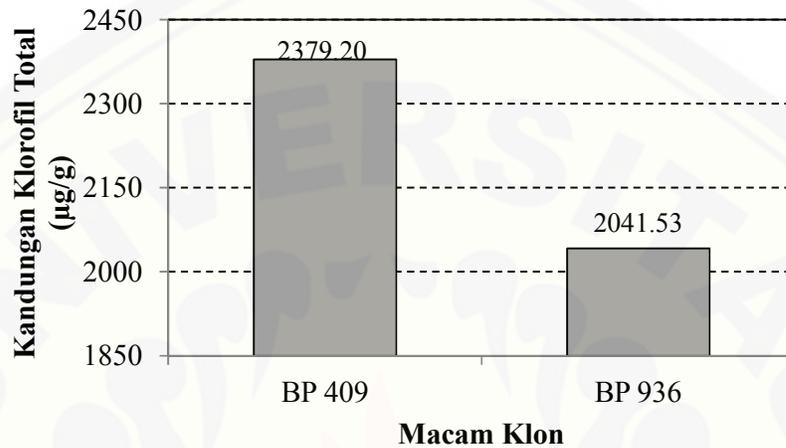
Berdasarkan Gambar 4.7, kandungan klorofil total meningkat seiring peningkatan kapasitas lapang media tanam, namun perbedaannya tidak signifikan. Kandungan klorofil total pada kondisi 100% kapasitas lapang (2580,98 µg/g) lebih tinggi 25,8% dibandingkan pada kondisi 25% kapasitas lapang (1914,67 µg/g). Walaupun kandungan klorofil total pada semua persentase kapasitas lapang berbeda tidak nyata, namun pada kondisi 100% kapasitas lapang memiliki kecenderungan lebih baik karena kandungannya tertinggi.



**Gambar 4.8** Sampel untuk pengukuran kandungan klorofil daun klon BP 409 (a) dan BP 936 (b)

Berdasarkan Tabel 4.1, macam klon kopi juga berpengaruh tidak nyata terhadap kandungan klorofil total. Rata-rata kandungan klorofil total kedua klon dapat dilihat pada Gambar 4.9. Berdasarkan Gambar 4.9, klon BP 409 memiliki

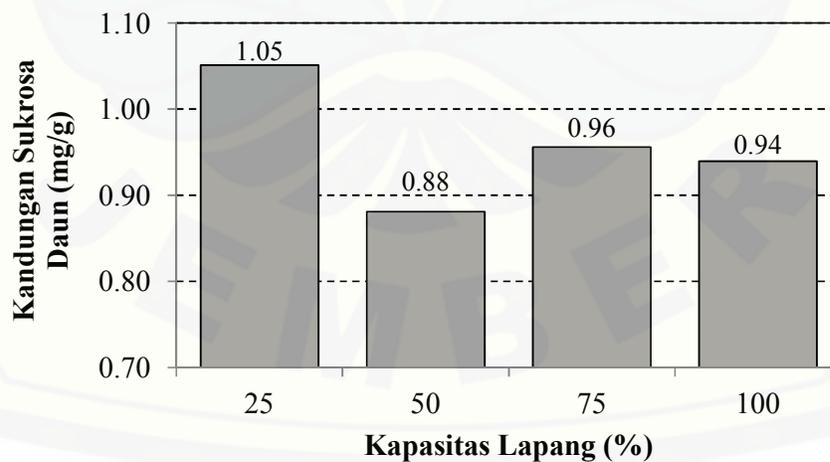
kandungan klorofil total (2.379,20  $\mu\text{g/g}$ ) lebih tinggi 14,2% dibandingkan klon BP 936 (2.041,53  $\mu\text{g/g}$ ), namun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Walaupun demikian, klon BP 409 memiliki kecenderungan lebih baik karena memiliki kandungan klorofil total lebih tinggi dibandingkan klon BP 936.



**Gambar 4.9** Rata-rata kandungan klorofil total pada macam klon yang berbeda

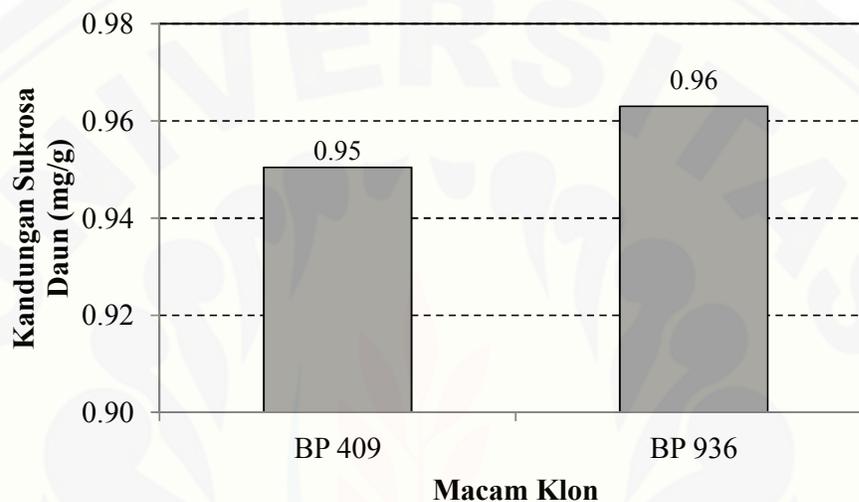
#### 4.1.5 Kandungan Sukrosa Daun

Berdasarkan Tabel 4.1, persentase kapasitas lapang yang berbeda berpengaruh tidak nyata terhadap kandungan sukrosa kedua klon kopi. Rata-rata kandungan sukrosa daun dapat dilihat pada Gambar 4.10.



**Gambar 4.10** Rata-rata kandungan sukrosa daun pada persentase kapasitas lapang yang berbeda

Berdasarkan Gambar 4.10, kandungan sukrosa daun paling tinggi pada kondisi 25% kapasitas lapang (1,05 mg/g), namun perbedaannya tidak signifikan dibandingkan kondisi kapasitas lapang media yang lain. Macam klon kopi juga berpengaruh tidak nyata terhadap kandungan sukrosa daun (Tabel 4.1). Rata-rata kandungan sukrosa daun kedua klon dapat dilihat pada Gambar 4.11. kandungan sukrosa daun klon BP 936 lebih tinggi 1,04% dibandingkan klon BP 409.

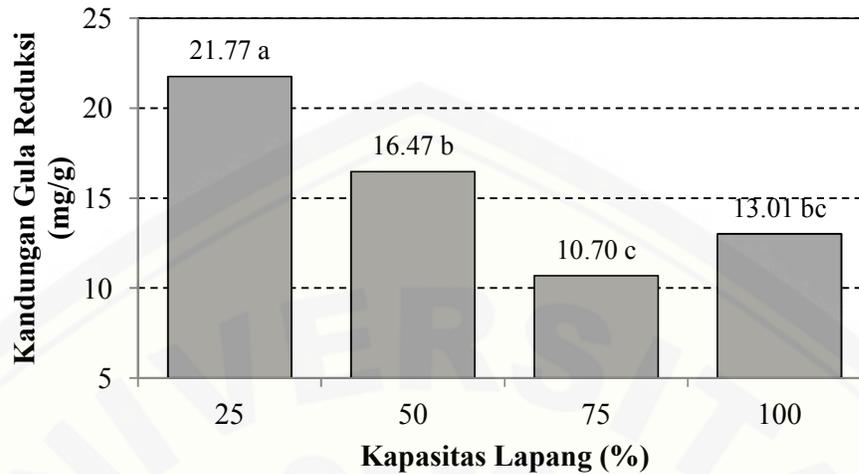


**Gambar 4.11** Rata-rata kandungan sukrosa daun pada macam klon yang berbeda

#### 4.1.6 Kandungan Gula Reduksi

Berdasarkan Tabel 4.1, persentase kapasitas lapang yang berbeda berpengaruh nyata terhadap kandungan gula reduksi. Hasil tersebut dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil uji jarak berganda Duncan dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Berdasarkan Gambar 4.12, persentase kapasitas lapang berpengaruh nyata terhadap kandungan gula reduksi. Kandungan gula reduksi pada 25% kapasitas lapang (21,77 mg/) menunjukkan berbeda nyata dibandingkan kapasitas lapang lainnya. Perlakuan 100% dan 75% kapasitas lapang menunjukkan perbedaan yang tidak nyata. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa kandungan gula reduksi paling tinggi pada pemberian air 25% kapasitas lapang.



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

**Gambar 4.12** Rata-rata kandungan gula reduksi pada persentase kapasitas lapang yang berbeda

Hasil yang sama ditunjukkan oleh penelitian Schubert *et al.* (1995), yakni kandungan gula reduksi meningkat secara signifikan sebagai respon beberapa taraf cekaman kekeringan pada alfalfa. Hasil penelitian Gill *et al.* (2001) menunjukkan bahwa perlakuan cekaman kekeringan melalui aplikasi PEG pada tanaman sorgum dapat meningkatkan kandungan total gula dalam jaringan akar sebanyak 6 kali lipat, jaringan pucuk 1,4 kali lipat, dan endosperma 1,3 kali lipat dibandingkan kontrol. Selain itu, perlakuan PEG juga meningkatkan kandungan gula reduksi pada jaringan pucuk sebesar 1,5 kali, jaringan akar 7 kali, dan endosperma 2,1 kali dibandingkan kontrol. Semakin rendah kapasitas lapang media tanam, semakin tinggi kandungan gula reduksi pada tanaman.

Kandungan gula reduksi dipengaruhi oleh kandungan air dalam tubuh tanaman. Hal itu dikarenakan setiap proses metabolisme tanaman, secara langsung ataupun tidak langsung dipengaruhi oleh pasokan air (Akinci and Losel, 2012). Serapan air oleh tanaman dari media tanam mempengaruhi kandungan air di dalam jaringan. Kemampuan tanaman menyerap air tergantung dari ketersediaan air pada media tanam.

Berdasarkan Gambar 4.12, ketersediaan air 25% kapasitas lapang merupakan kondisi kekurangan air, sehingga serapan air oleh tanaman akan terhambat. Kondisi ini mengakibatkan tanaman mengalami cekaman kekeringan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Khan and Naqvi (2012) bahwa cekaman kekeringan mempengaruhi proses fisiologis dan biokimia tanaman, sehingga mengakibatkan perubahan beberapa jalur metabolisme. Salah satu respon fisiologis tanaman terhadap cekaman kekeringan adalah perubahan kandungan gula. Gula berperan sebagai pengatur metabolisme tanaman, pertumbuhan dan perkembangan, stres, dan ekspresi gen tanaman (Rolland *et al.*, 2002). Perubahan metabolisme gula memainkan peranan penting ketika tanaman mengalami cekaman, sehingga akan mempengaruhi pertumbuhannya (Gill and Singh, 1985).

Perubahan yang terjadi pada tanaman selama kondisi cekaman sangat berhubungan dengan adaptasi tanaman yang berkaitan dengan aktivitas sintesis, kandungan karbohidrat, dan perubahan lain yang berkaitan dengan tanaman tersebut (Gill *et al.*, 2001). Akumulasi total gula terlarut terjadi pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan (Kameli and Losel, 1995).

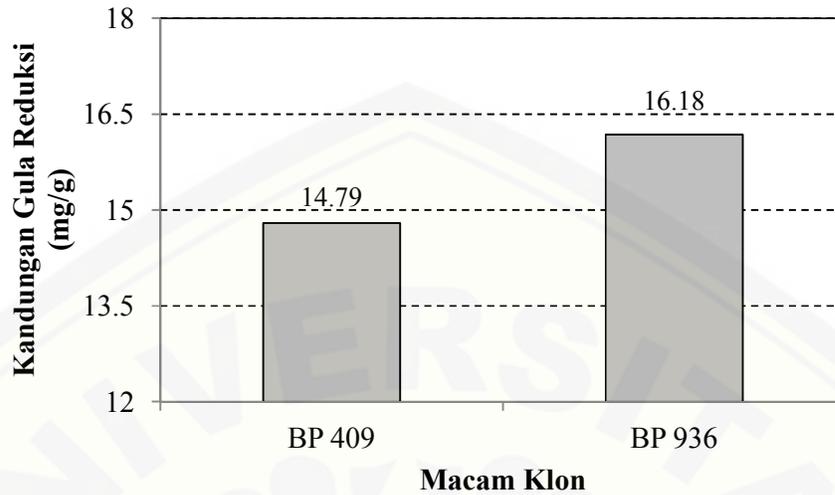
Percobaan ini menunjukkan bahwa pada 25% kapasitas lapang tanaman mampu meningkatkan kandungan gula reduksi. Akumulasi gula di berbagai bagian tanaman ditingkatkan guna menanggapi berbagai stres lingkungan (Prado *et al.*, 2000). Walaupun akumulasi gula bukan satu-satunya cara adaptasi tanaman terkait dengan cekaman kekeringan (Bohnert *et al.*, 1995), hal tersebut masih dianggap sebagai faktor penting dalam sifat toleran tanaman dan kadar gula terlarut dapat dijadikan penanda untuk seleksi peningkatan toleransi cekaman kekeringan pada tanaman gandum (Mohammadkhani and Heidari, 2008).

Ketika media tanam atau tanah mengering, terjadi penurunan kadar air yang disebabkan evaporasi. Keadaan ini disertai oleh perubahan lain yakni peningkatan konsentrasi garam (Kramer and Boyer, 1995). Peningkatan konsentrasi garam mengakibatkan perbedaan potensial osmotik di dalam tubuh tanaman dan di media tanam. Potensial osmotik di dalam tubuh tanaman lebih tinggi daripada di media tanam, sehingga mengakibatkan terjadinya osmosis. Tanaman merespon kondisi tersebut dengan meningkatkan potensial osmotik di dalam tubuhnya.

Pengaturan potensial osmotik dilakukan dengan mendegradasi karbohidrat, lalu mensintesis senyawa baru yang berasal dari hasil degradasi tersebut. Menurut Kameli and Losel (1995), metabolisme karbohidrat pada tanaman dalam kondisi stres dianggap sebagai proses dinamis yang melibatkan proses degradasi polisakarida dan sintesis senyawa baru dari polisakarida tersebut. Senyawa baru yang disintesis berupa gula-gula terlarut, terutama gula reduksi. Peningkatan kandungan gula reduksi dapat meningkatkan kepekaan larutan di dalam tubuh tanaman, sehingga potensial osmotiknya juga meningkat. Menurut Ehdai *et al.*, (2006), gula terlarut pada daun atau batang tanaman dianggap sebagai karakter fisiologis penting yang menjadi indikasi toleransi tanaman terhadap kekeringan karena bertindak dalam pengaturan osmotik di bawah kondisi cekaman lingkungan. Peningkatan kandungan gula reduksi berperan untuk penyesuaian osmotik di dalam tubuh tanaman dan di media tanam, sehingga tanaman tidak kehilangan air yang berlebihan.

Pengaruh utama cekaman kekeringan yang melibatkan metabolisme karbohidrat adalah akumulasi gula dan sejumlah zat terlarut organik lainnya (Kameli, 1990). Perubahan metabolisme karbohidrat tersebut sangat penting karena berhubungan langsung dengan proses fisiologis tanaman seperti fotosintesis, translokasi, dan respirasi (Schnyder, 1993). Kandungan gula yang rendah pada *source* (daun) dapat meningkatkan kegiatan metabolisme daun, seperti fotosintesis, mobilisasi nutrisi, dan transpor fotosintat ke sink. Sebaliknya, akumulasi gula yang tinggi pada daun akan menurunkan laju fotosintesis guna memelihara kondisi homeostasis tanaman. Kondisi ini terjadi ketika tanaman beradaptasi terhadap perubahan lingkungan (stres abiotik) dengan mengubah metabolisme karbohidrat (Rolland *et al.*, 2002).

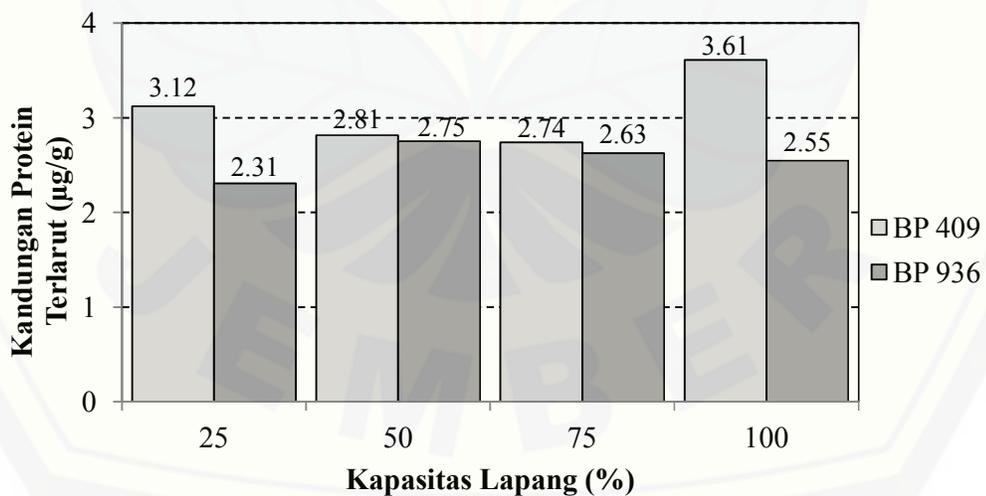
Berdasarkan Tabel 4.1, faktor macam klon kopi berpengaruh tidak nyata terhadap kandungan gula reduksi. Kandungan gula reduksi kedua klon dapat dilihat pada Gambar 4.13. Kandungan gula reduksi klon BP 409 (14,79 mg/g) lebih rendah 8,6% dibandingkan klon BP 936 (16,18 mg/g), namun keduanya memiliki perbedaan yang tidak signifikan.



**Gambar 4.13** Rata-rata kandungan gula reduksi pada macam klon yang berbeda

#### 4.1.7 Kandungan Protein Terlarut

Protein merupakan salah satu senyawa metabolit primer yang disintesis tanaman. Pengukuran kandungan protein terlarut pada percobaan ini menggunakan metode Bradford. Kandungan total protein terlarut diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 595 nm, kemudian hasilnya dibandingkan dengan standar Bovine Serum Albumin (Bradford, 1976).



**Gambar 4.14** Kandungan protein terlarut 2 klon kopi pada berbagai persentase kapasitas lapang

Berdasarkan Gambar 4.14, klon BP 409 memiliki kandungan protein terlarut lebih tinggi dibandingkan klon BP 936 pada berbagai kapasitas lapang. Perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan sifat kedua klon. Klon BP 409 mampu mensintesis protein terlarut paling tinggi pada ketersediaan air 100% kapasitas lapang (3,61  $\mu\text{g/g}$ ) dan menurun pada 75% kapasitas lapang (2,74  $\mu\text{g/g}$ ) dan 50% kapasitas lapang (2,81  $\mu\text{g/g}$ ), namun kandungan protein terlarut meningkat kembali pada 25% kapasitas lapang (3,12  $\mu\text{g/g}$ ). Ketersediaan air 25% kapasitas lapang berpengaruh buruk terhadap tanaman karena mengakibatkan cekaman kekeringan. Respon tanaman terhadap cekaman kekeringan yakni dengan meningkatkan kandungan protein terlarut sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan yang kurang menguntungkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Chutia and Borah (2012) bahwa tanaman mengakumulasi protein terlarut sebagai osmolit organik utama ketika tanaman mengalami cekaman abiotik, contohnya kekeringan.

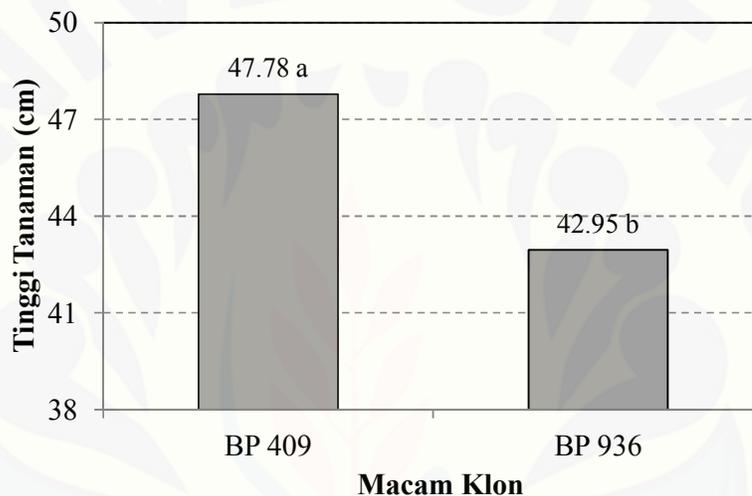
Pemahaman mengenai pengaruh cekaman kekeringan dapat diketahui dengan melihat kandungan dan jenis protein tanaman pada kondisi tercekam dan normal (Chutia and Borah, 2012). Senyawa tersebut berperan dalam penyesuaian osmotik dan perlindungan struktur sel pada tanaman tercekam (Ashraf and Foolad, 2007). Peningkatan kandungan protein terlarut berguna untuk meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan (Chutia and Borah, 2012). Hasil penelitian Chinoy *et al.* (1974) menunjukkan bahwa kandungan protein tertinggi terlihat pada tanaman padi yang tercekam kekeringan.

Berdasarkan Gambar 4.14, klon BP 936 memiliki kandungan protein terlarut yang tidak jauh berbeda pada berbagai kapasitas lapang. Berbeda dengan klon BP 409, klon BP 936 memiliki kandungan protein terlarut paling rendah pada ketersediaan air 25% kapasitas lapang. Perbedaan klon menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi sintesis protein terlarut. Pada ketersediaan air 25% kapasitas lapang, klon BP 936 memiliki kemampuan sintesis protein terlarut lebih rendah dibandingkan klon BP 409. Menurut Hsiao (1970), ketersediaan air yang rendah pada media tanam mengakibatkan hambatan sintesis protein, sehingga kapasitas

sintesisnya menurun. Hasil penelitian Baruah *et al.* (1998) menunjukkan bahwa total kandungan protein terlarut menurun karena stres abiotik.

#### 4.1.8 Tinggi Tanaman

Berdasarkan Tabel 4.1, macam klon yang berbeda berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Hasil tersebut dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil uji jarak berganda Duncan dapat dilihat pada Gambar 4.15.



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

**Gambar 4.15** Rata-rata tinggi tanaman kopi pada macam klon yang berbeda

Berdasarkan Gambar 4.15, tinggi tanaman kopi klon BP 409 (47,78 cm) berbeda nyata dibandingkan klon BP 936 (42,95 cm). Tinggi tanaman kopi klon BP 409 lebih tinggi 4,83 cm (10,1%) dibandingkan klon BP 936. Perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan sifat genetik masing-masing klon kopi. Pada ketersediaan air yang sama, klon BP 409 memiliki tinggi lebih baik dibandingkan klon BP 936. Oleh karena itu, pada kondisi 25% kapasitas lapang, tinggi tanaman kopi klon BP 409 lebih tinggi dibandingkan klon BP 936.

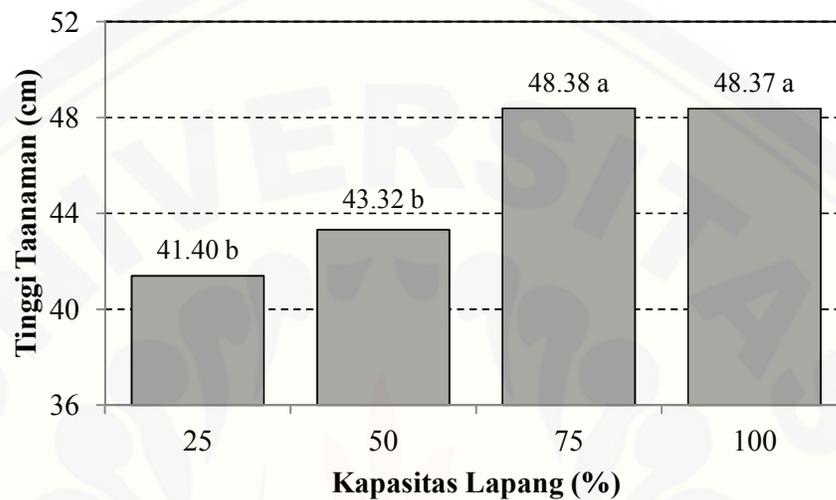
Perbedaan tinggi tanaman berkaitan dengan metabolisme di dalam tubuh tanaman, terutama fotosintesis. Tanaman yang memiliki laju fotosintesis tinggi mampu menghasilkan fotosintat dalam jumlah besar. Fotosintat tersebut sebagian besar digunakan bibit kopi untuk pertumbuhannya. Tinggi tanaman merupakan salah satu variabel pertumbuhan yang erat kaitannya dengan kemampuan tanaman berfotosintesis.



**Gambar 4.16** Tinggi bibit kopi klon BP 409 dan BP 936

Kemampuan fotosintesis tanaman berkaitan dengan kandungan klorofil daun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Arjenaki *et al.* (2012) bahwa kandungan klorofil merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kapasitas fotosintesis. Kandungan klorofil daun dapat dijadikan indikator kemampuan fotosintesis jaringan tanaman (Wright *et al.* dalam Arjenaki *et al.*, 2012). Berdasarkan Gambar 4.3, rata-rata kandungan klorofil a klon BP 409 dan BP 936 masing-masing adalah 1.568,64 ( $\mu\text{g/g}$ ) dan 1.340,69 ( $\mu\text{g/g}$ ), sehingga kemampuan fotosintesis klon BP 409 lebih besar dibandingkan klon BP 936. Hasil penelitian Ristiawan (2011) menunjukkan bahwa kopi robusta klon BP 409 memiliki kandungan klorofil a yang lebih tinggi dibandingkan klon BP 358, sehingga kemampuan fotosintesisnya juga lebih tinggi. Secara visual, kemampuan fotosintesis tanaman dapat dilihat dari tinggi tanaman.

Berdasarkan Tabel 4.1, kapasitas lapang yang berbeda juga berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Hasil tersebut dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil uji jarak berganda Duncan dapat dilihat pada Gambar 4.17.



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

**Gambar 4.17** Rata-rata tinggi tanaman kopi pada kapasitas lapang yang berbeda

Berdasarkan Gambar 4.17, rata-rata tinggi tanaman kopi pada kondisi 100% kapasitas lapang berbeda tidak nyata dibandingkan kondisi 75% kapasitas lapang, namun berbeda nyata dibandingkan kondisi 50% dan 25% kapasitas lapang. Rata-rata tinggi tanaman terbaik pada kondisi 75% kapasitas lapang (48,38 cm) dan hanya berbeda 0,02 % dibandingkan kondisi 100% kapasitas lapang. Tinggi tanaman pada 75% kapasitas lapang (48,38 cm) lebih tinggi 14,4% dibandingkan kondisi 25% kapasitas lapang (41,40 cm).

Kondisi kapasitas lapang media tanam berkaitan dengan kandungan air di dalam media tersebut. Semakin rendah kandungan air media, maka semakin sulit air diserap tanaman karena potensial air media menurun. Penurunan serapan air dapat menghambat semua metabolisme di dalam tubuh tanaman, terutama fotosintesis. Hal ini dikarenakan air merupakan substrat dalam proses fotosintesis.

Penurunan serapan air secara langsung akan menurunkan laju fotosintesis, sehingga fotosintat yang dihasilkan rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Purwanto dan Agustono (2010) bahwa laju fotosintesis menurun seiring penurunan kadar air media tanam. Penurunan jumlah fotosintat secara langsung akan menghambat pertumbuhan, seperti tinggi tanaman.



**Gambar 4.18** Tinggi bibit kopi klon BP 409 pada beberapa kapasitas lapang



**Gambar 4.19** Tinggi bibit kopi klon BP 936 pada beberapa kapasitas lapang

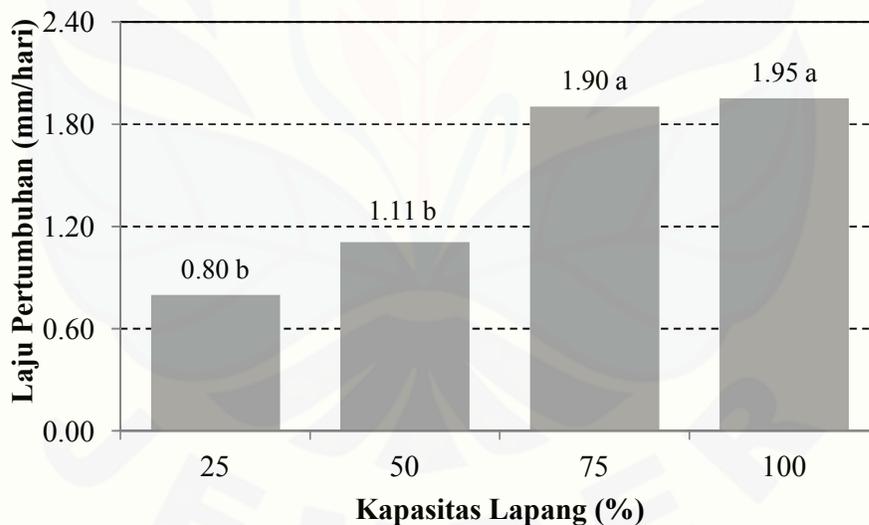
Fotosintesis tanaman juga dipengaruhi oleh  $\text{CO}_2$  karena senyawa ini termasuk substrat dalam proses fotosintesis. Fiksasi  $\text{CO}_2$  sangat dipengaruhi oleh bukaan stomata. Berdasarkan Gambar 4.1, rata-rata konduktivitas stomata pada kondisi 100% kapasitas lapang berbeda tidak nyata dengan kondisi 75% kapasitas

lapang, namun berbeda nyata dengan kondisi 50% dan 25% kapasitas lapang. Konduktivitas stomata dipengaruhi oleh bukaan stomata, sehingga semakin rendah nilai konduktivitas stomata, maka semakin rendah pula fiksasi CO<sub>2</sub> oleh tanaman.

Nilai konduktivitas stomata pada kondisi 25% kapasitas lapang (Gambar 4.1) paling rendah, sehingga kemampuan fotosintesis tanaman juga rendah. Hal ini mengakibatkan jumlah fotosintat yang dihasilkan sedikit, sehingga pertumbuhan tanaman terhambat. Penurunan jumlah fotosintat yang dihasilkan dapat dilihat dari tinggi paling rendah yakni pada kondisi 25% kapasitas lapang.

#### 4.1.9 Laju Pertumbuhan

Berdasarkan Tabel 4.1, persentase kapasitas lapang yang berbeda berpengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan. Hasil tersebut dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil uji jarak berganda Duncan dapat dilihat pada Gambar 4.20.



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

**Gambar 4.20** Rata-rata laju pertumbuhan bibit kopi pada kapasitas lapang yang berbeda

Berdasarkan Gambar 4.20, laju pertumbuhan tanaman pada kondisi 100% kapasitas lapang (1,95 mm/hari) berbeda tidak nyata dibandingkan kondisi 75% kapasitas lapang (1,90 mm/hari), namun berbeda nyata dibandingkan kondisi 50% kapasitas lapang (1,11 mm/hari) dan 25% kapasitas lapang (0,80 mm/hari). Laju pertumbuhan tanaman terbaik pada kondisi 100% dan 75% kapasitas lapang. Laju pertumbuhan tanaman pada kondisi 100% kapasitas lapang lebih tinggi 59% dibandingkan pada kondisi 25% kapasitas lapang.

Laju pertumbuhan tanaman menunjukkan kecepatan pertumbuhan tanaman dalam suatu interval waktu (David, 2008). Laju pertumbuhan tanaman sangat bergantung pada perlakuan yang diberikan, terutama apabila perlakuan tersebut sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Perlakuan yang diberikan pada percobaan ini adalah air pada berbagai persentase kapasitas lapang. Penurunan laju pertumbuhan sangat erat kaitannya dengan pemberian air. Berdasarkan Gambar 4.20, laju pertumbuhan terburuk kedua klon kopi yaitu pada perlakuan pemberian air 25% dan 50% kapasitas lapang.

Tanaman dapat menyerap air jika air berada di antara kapasitas lapang dan titik layu permanen. Semakin rendah kandungan air di dalam media tanam, semakin sulit air diserap tanaman. Hal ini dikarenakan tegangan air menjadi tinggi karena gaya adhesi dan kohesi semakin kuat, sehingga air terikat pada partikel tanah dan sulit diserap tanaman. Penurunan serapan air akan menghambat pertumbuhan tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Gardner *et al.* (1991) bahwa air seringkali membatasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang ditunjukkan pada perubahan aktivitas metabolismenya. Hasil penelitian Prihastanti (2010) menunjukkan bahwa perlakuan cekaman kekeringan mengakibatkan penurunan laju pertumbuhan tanaman terutama pada jaringan yang sedang tumbuh, sehingga berimplikasi pada rata-rata tinggi bibit kakao yang dihasilkan sebesar 10,75 cm pada perlakuan cekaman 25% kapasitas lapang.

Kekurangan air menghambat pertumbuhan vegetatif tanaman yang disebabkan oleh hilangnya turgiditas. Turgiditas rendah akan menghentikan pertumbuhan sel, baik penggandaan maupun pembesaran sel (Jumin, 1992). Kekurangan air menghambat metabolisme di dalam tubuh tanaman, terutama laju

fotosintesis tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Campostrini and Maestri (1998) bahwa berkaitan dengan sifat fisiologis tanaman khususnya fotosintesis, klon kopi yang berbeda berpengaruh terhadap aktivitas fotosintesis dan produksi akhir. Sebagian dari hasil fotosintesis tersebut digunakan tanaman untuk pertumbuhannya.

Ketersediaan air yang cukup dapat mendukung laju fotosintesis tanaman karena air menjadi substrat proses tersebut. Proses fotosintesis yang berjalan dengan baik dalam tubuh tanaman akan menghasilkan fotosintat yang banyak. Fotosintat digunakan sebagai substrat respirasi untuk menghasilkan energi yang berguna untuk pertumbuhan tanaman (Lestari dkk., 2008). Berdasarkan Gambar 4.16, kedua klon kopi memiliki kecenderungan fotosintesis paling tinggi pada kondisi 100% dan 75% kapasitas lapang. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai laju pertumbuhan tertinggi yaitu sebesar 1,95 mm/hari dan 1,90 mm/hari.

## 4.2 Pembahasan

Kandungan air di dalam media tanam menjadi faktor penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Menurut Ai dan Banyo (2011), air menjadi bagian utama protoplasma dan menyusun 85-90% dari berat keseluruhan jaringan tanaman. Air berpengaruh terhadap semua proses metabolisme dalam tanaman, sehingga defisit air yang akan mengakibatkan pertumbuhan terganggu (Pugnaire and Pardos, 1999). Gardner *et al.* (1991) juga menyatakan bahwa air seringkali membatasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang ditunjukkan pada perubahan aktivitas metabolismenya.

Kandungan air yang rendah di dalam media tanam mengakibatkan cekaman kekeringan. Kondisi ini ditandai dengan keterbatasan air dari lingkungan tumbuh tanaman (Ai, 2011). Menurut Lakitan (1996), cekaman kekeringan disebabkan oleh menurunnya suplai air di daerah rhizosfer, sedangkan permintaan air di bagian pucuk berlebihan akibat laju evapotranspirasi yang melebihi laju absorpsi air. Tanaman memberikan respon sebagai bentuk toleransi terhadap cekaman kekeringan. Bentuk toleransi tanaman akan berbeda pada macam klon yang berbeda pula.

Perbedaan sifat masing-masing klon kopi pada percobaan ini terlihat pada kandungan klorofil a. Berdasarkan Gambar 4.3, klon BP 409 memiliki kandungan klorofil a lebih tinggi dibandingkan klon BP 936. Pada kondisi lingkungan yang sama, klon BP 409 mampu mensintesis klorofil a lebih tinggi, sehingga memiliki kemampuan fotosintesis yang juga tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Arjenaki *et al.* (2012) bahwa kandungan klorofil merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kapasitas fotosintesis.

Klorofil a dibutuhkan tanaman untuk proses fotosintesis, sedangkan klorofil b merupakan pigmen pembantu dalam proses fotosintesis. Klorofil b membantu meningkatkan penyerapan cahaya pada saat kemampuan klorofil a rendah (Nurhidayah dkk., 2001). Klorofil a menyusun 75% dari total klorofil, sedangkan total klorofil pada tanaman adalah sekitar 1% berat kering (Sumenda dkk., 2011). Kandungan klorofil tumbuhan satu dengan tumbuhan lain berbeda dan dipengaruhi oleh lingkungan (Nurhidayah dkk., 2001). Pada kondisi lingkungan yang sama, kandungan klorofil berbeda pada klon yang berbeda pula. Hal ini sesuai dengan pernyataan Campostrini and Maestri (1998) bahwa klon kopi yang berbeda memiliki kandungan klorofil yang berbeda, sehingga aktifitas fotosintesis berbeda pula dan berpengaruh terhadap produksi akhir.

Fotosintesis tanaman tidak hanya dipengaruhi oleh kandungan klorofil, tetapi juga air dan CO<sub>2</sub>. Kedua senyawa tersebut merupakan substrat dalam proses fotosintesis. Air di dapatkan oleh tanaman dari media tanam, sedangkan gas CO<sub>2</sub> didapatkan tanaman dari atmosfer. Fiksasi CO<sub>2</sub> secara langsung dipengaruhi oleh konduktivitas stomata. Berdasarkan Gambar 4.1, konduktivitas stomata lebih tinggi kadar air 100% dan 75% kapasitas lapang dibandingkan 50% dan 25% kapasitas lapang. Semakin rendah kandungan air media tanam, semakin sulit air diserap oleh tanaman karena terikat kuat pada matriks tanah. Penurunan serapan air secara langsung mempengaruhi konduktivitas stomata. Nilai konduktivitas stomata menunjukkan nilai fotosintesis tanaman karena jumlah air yang keluar melalui transpirasi diikuti dengan CO<sub>2</sub> yang masuk ke dalam tanaman. CO<sub>2</sub> tersebut digunakan tanaman sebagai substrat fotosintesis (Uni-giessen dalam

Harsanti, 2011). Pada kondisi defisit air, fotosintesis tanaman menurun yang disebabkan penutupan stomata, sehingga membatasi fiksasi CO<sub>2</sub> (Lawlor, 1995).

Penurunan laju fotosintesis dapat dilihat pada tinggi tanaman. Rata-rata tinggi tanaman terendah yakni pada kondisi 50% (43,32 cm) dan 25% kapasitas lapang (41,40 cm) (Gambar 4.17). Hal ini disebabkan oleh penurunan serapan air karena air berperan sebagai substrat fotosintesis. Penurunan serapan air secara langsung akan menurunkan laju fotosintesis, sehingga fotosintat yang dihasilkan rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Purwanto dan Agustono (2010) bahwa laju fotosintesis menurun seiring penurunan kadar air media tanam. Penurunan jumlah fotosintat secara langsung akan menghambat pertumbuhan, seperti tinggi tanaman.

Laju fotosintesis tanaman juga dipengaruhi oleh macam klon. Setiap klon memiliki sifat genetik yang berbeda. Klon BP 409 memiliki kemampuan fotosintesis lebih besar dibandingkan klon BP 936 karena memiliki kandungan klorofil a lebih tinggi 14,5% (Gambar 4.3). Hal ini sesuai dengan pernyataan Arjenaki *et al.* (2012) bahwa kandungan klorofil merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kapasitas fotosintesis. Hasil penelitian Ristiawan (2011) menunjukkan bahwa kopi robusta klon BP 409 memiliki kandungan klorofil a yang lebih tinggi dibandingkan klon BP 358, sehingga kemampuan fotosintesisnya juga lebih tinggi. Secara visual, kemampuan fotosintesis tanaman dapat dilihat dari tinggi tanaman.

Laju fotosintesis tanaman dapat dilihat dari laju pertumbuhan tanaman. Laju pertumbuhan tanaman meningkat seiring peningkatan laju fotosintesis karena sebagian hasil fotosintesis digunakan untuk pertumbuhan tanaman. Berdasarkan Gambar 4.20, laju pertumbuhan tanaman terbaik pada kondisi 100% dan 75% kapasitas lapang. Laju pertumbuhan tanaman pada kondisi 100% kapasitas lapang lebih tinggi 59% dibandingkan pada kondisi 25% kapasitas lapang.

Percobaan ini menunjukkan bahwa karakter fisiologis klon BP 409 dan BP 936 hanya berbeda pada kandungan klorofil a. Perbedaan tersebut terkait dengan sifat genetik tanaman. Di sisi lain, pemberian air dengan persentase kapasitas lapang yang berbeda hanya berpengaruh nyata terhadap konduktivitas stomata dan

kandungan gula reduksi pada daun tanaman. Ketersediaan air 100% dan 75% kapasitas lapang dapat meningkatkan konduktivitas stomata dan kandungan klorofil a klon BP 409, namun keduanya menurun seiring penurunan kapasitas lapang media tanam. Pada ketersediaan air 25% dan 50% kapasitas lapang, kedua klon memiliki konduktivitas stomata yang rendah.

Kandungan gula reduksi meningkat seiring penurunan kapasitas lapang media tanam. Kandungan gula reduksi tertinggi terlihat pada perlakuan pemberian air 25% kapasitas lapang (Gambar 4.12), sedangkan macam klon berpengaruh tidak nyata terhadap kandungan gula reduksi. Ketersediaan air yang rendah mengakibatkan tanaman mengalami kekurangan air. Kondisi ini mengakibatkan perbedaan potensial osmotik di dalam tubuh tanaman dan di media tanam. Respon tanaman sebagai bentuk adaptasi terhadap kekeringan dilakukan dengan penyesuaian osmotik, sehingga tanaman tidak kehilangan air berlebihan.

Penurunan potensial osmotik tanaman dapat meningkatkan hidrolisis makromolekul menjadi molekul yang lebih sederhana, seperti monosakarida, disakarida, dan protein, sehingga konsentrasi osmolit tanaman lebih tinggi (Tyagi *et al.*, 1999). Berdasarkan hasil penelitian Pirzad *et al.* (2011), cekaman kekeringan mengakibatkan kerusakan membran sel tanaman, sehingga menurunkan kemampuan penyesuaian osmotik. Tanaman merespon kondisi tersebut dengan meningkatkan kandungan osmoregulator seperti gula reduksi dan protein terlarut guna penyesuaian osmotik. Respon ini merupakan bentuk toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan.

Kemampuan tanaman meningkatkan osmoregulator merupakan bentuk ketahanan tanaman di lingkungan yang kurang menguntungkan. Akumulasi gula reduksi dan protein terlarut di semua bagian tanaman berguna untuk menanggapi berbagai stres lingkungan. Setiap klon memiliki kemampuan mengakumulasi gula reduksi dan protein terlarut yang berbeda. Klon yang dapat mengakumulasi gula reduksi dan protein terlarut lebih tinggi dikatakan lebih tahan pada kondisi cekaman kekeringan. Klon BP 409 lebih tahan terhadap cekaman kekeringan karena memiliki kandungan protein terlarut lebih tinggi dibandingkan klon BP 936 pada kapasitas lapang yang sama (Gambar 4.14). Hal ini sesuai dengan hasil

penelitian Kameli (1990) yang menunjukkan bahwa varietas gandum tahan kekeringan memiliki kemampuan osmoregulasi lebih tinggi dibandingkan varietas rentan kekeringan. Hasil penelitian Serraj and Sinclair (2002) juga menunjukkan bahwa kandungan protein pada semua genotipe toleran lebih tinggi daripada genotipe rentan. Oleh karena itu, ketersediaan air yang rendah pada media tanam mengakibatkan stres pada tanaman, sehingga tanaman melakukan adaptasi dengan mengakumulasi senyawa osmolit sebagai osmoregulasi.



## **BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan dan pembahasan pada bab sebelumnya, disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Tidak terdapat interaksi antara macam klon kopi dan tingkat kapasitas lapang media terhadap semua variabel pengamatan.
2. Kondisi 25% kapasitas lapang mengakibatkan nilai konduktivitas stomata paling rendah, sedangkan kandungan gula reduksi paling tinggi. Kondisi 25% dan 50% kapasitas lapang juga mengakibatkan tinggi tanaman dan laju pertumbuhan paling rendah, namun berpengaruh tidak nyata terhadap variabel lain.
3. Klon BP 409 memiliki kandungan klorofil a, protein terlarut, dan tinggi tanaman lebih tinggi dibandingkan klon BP 936, namun berpengaruh tidak nyata terhadap variabel lain.

### **5.2 Saran**

Penelitian selanjutnya harus benar-benar memahami pemberian air sesuai dengan perlakuan tingkat kapasitas lapang. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut berkaitan dengan aktivitas enzim pada kondisi tingkat kapasitas lapang media yang berbeda.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aak. 1980. *Budidaya Tanaman Kopi*. Kanisius, Yogyakarta.
- Ai, N. S. 2011. Biomassa dan Kandungan Klorofil Total Daun Jahe (*Zingiber officinale* L.) yang Mengalami Cekaman Kekeringan. *Ilmiah Sains*, 11: 1-5.
- Ai, N. S. dan Y. Banyo. 2011. Konsentrasi Klorofil Daun sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman. *Ilmiah Sains*, 11: 166-173.
- Akinci, S. and D. M. Losel. 2012. *Plant Water-Stress Response Mechanisms*. Intech, Rijeka.
- Arjenaki, F. G., R. Jabbari, and A. Morshedi. 2012. Evaluation of Drought Stress on Relative Water Content, Chlorophyll Content and Mineral Elements of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4: 726-729.
- Ashraf, M. and M. R. Foolad. 2007. Role of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59: 206-216.
- Banyo, Y. E., N. S. Ai, P. Siahaan, dan A. M. Tangapo. 2013. Konsentasi Klorofil Daun Padi pada saat Kekurangan Air yang Diinduksi dengan Polietilen Glikol. *Ilmiah Sains*, 13: 1-8.
- Baruah, K. K., S. S. Bhuyan, T. J. Ghosh, and A. K. Pathak. 1998. Response of Rice Genotypes to Moisture Stress Imposed at Seedling Stage. *Indian Journal of Plant Physiology*, 3: 181-184.
- Baskoro, D. P. T. dan S. D. Tarigan. 2007. Karakteristik Kelembapan Tanah pada Beberapa Jenis Tanah. *Tanah dan Lingkungan*, 9: 77-81.
- Beeflink, W. G., J. Rozema, and A. E. L. Huiskes. 1985. *Ecology of Coastal Vegetation*. USA: Junk Publication.
- Biber, P. D. 2007. Evaluating a Chlorophyll Content Meter on Three Coastal Wetland Plant Species. *J. Agricultural, Food and Environmental Sciences*, 1: 1-11.
- Bohnert, H. J., D. E. Nelson, and R. G. Jonsen. 1995. Adaptations to Environmental Stresses. *Plant Cell*, 7: 1099-1111.
- BPS. 2014. Produksi Perkebunan Menurut Provinsi dan Jenis Tanaman. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.

- Bradford, M. M. 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dyebinding. *Anal. Biochem.*, 72: 248-254.
- Campostrini, E. and M. Maestri. 1998. Photosynthetic Potential of Five Genotypes of *Coffea canephora* Pierre. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 10: 13-18.
- Chemura, A., C. Mahoya, P. Chidoko, and D. Kutwayo. 2014. Effect of Soil Moisture Deficit Stress on Biomass Accumulation of Four Coffee (*Coffea arabica*). *Hindawi Publishing Corporation*. ISRN Agronomy.
- Chinoy, J. J., Y. D. Singh, and K. Gurumurti. 1974. Biosynthesis of Ascorbic Acid and Mobilization Patterns of Macromolecules during Water Stressing Germinating *Ciser* Seedling. *Biology Plant (Prague)*, 16: 301-307.
- Chutia, J. and S. P. Borah. 2012. Water Stress Effects on Leaf Growth and Chlorophyll Content but Not the Grain Yield in Traditional Rice (*Oryza sativa* Linn.) Genotypes of Assam, India II. Protein and Proline Status in Seedlings under PEG Induced Water Stress. *American Journal of Plant Sciences*, 3: 971-980.
- Cowan, I. R. 1982. *Regulation of Water Use in Relation to Carbon Gain in Higher Plant*, in O. L. Lange., Nobel, Osmond and Ziegler (eds). 1982. *Water Relation and Carbon Assimilation*. Encyclopedia of Plant Physiology, Berlin.
- David, M. 2008. Kajian Ketahanan pada Pertumbuhan Awal beberapa Klon Kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap Cekaman Kekeringan. Tesis. Universitas Sebelas Maret, Solo.
- Direktorat Jendral Perkebunan Deptan RI. 2006. *Arah Kebijakan Pengembangan Kopi di Indonesia*. Simposium. Surabaya.
- Dwidjoseputro, D. 1994. *Pigmen Klorofil*. Erlangga, Jakarta.
- Ehdaie, B., G. A. Alloush, M. A. Madore, and J. G. Waines. 2006. Genotypic Variation for Stem Reserves and Mobilization in Wheat: I. Postanthesis Changes in Internode Dry Matter. *Crop Sci.*, 46: 735-746.
- Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, and S. M. A. Basra. 2009. Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management. *Agron. Sustain. Dev.*, 29: 185-212.
- Gardner F. P., R. B. Pearce, and R. L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. UI Press, Jakarta.

- Gill, P. K., A. D. Sharma, P. Singh, S. S. Bhullar. 2001. Effect of Various Stresses on the Growth, Soluble Sugars and Water Relations of Sorghum Seedling Grown in Light and Darkness. *Bulg. J. Plant Physiol.*, 27: 72-84.
- Gill, K. S. and O. S. Singh. 1985. Effect of Salinity on Carbohydrate Metabolism during Paddy (*Oryza sativa*) Seed Germination under Salt stress Condition. *J. Exp. Biol.*, 23: 384-386.
- Hardjowigeno, S. 1992. *Ilmu Tanah*. PT. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Harsanti, R. S. 2011. Potensi Hasil Tanaman Padi Gogo yang Berasosiasi dengan Bakteri Fotosintetik *Synechococcus Sp* pada Lingkungan yang Terpapar Berbagai Tingkat Penaungan. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Jember, Jember.
- Haryanti, S. dan T. Meirina. 2009. Optimalisasi Pembukaan Porus Stomata Daun Kedelai (*Glycine max* (L) merril) pada Pagi Hari dan Sore. *Bioma*, 11: 11-16.
- Hsiao, T.C. 1970. Rapid Changes in Levels of Polyribosomes in *Zea mays* in Response to Water Stress. *Plant Physiol.*, 46: 281-285.
- Islami, T. dan W. H. Utomo. 1995. Hubungan Tanah, Air dan Tanaman. IKIP Semarang Press, Semarang.
- Jumin, H. B. 1992. *Ekologi Tanaman Suatu Pendekatan Fisiologi*. Rajawali Press, Jakarta.
- Kameli, A. 1990. Metabolic Responses of Durum Wheat to Water Stress and Their Role in Drought Resistance. Ph.D. thesis, Department of Animal and Plant Sciences, University of Sheffield, Sheffield.
- Kameli, A. and D. M. Losel. 1995. Contribution of Carbohydrates and Solutes to Osmotic Adjustment in Wheat Leaves under Water Stress. *J. Plant Physiol.*, 145: 363-366.
- Khan, N. and F. N. Naqvi. 2012. Alterations in Reducing Sugar in *Triticum aestivum* Under Irrigated and Non-irrigated Condition. *African Journal of Biotechnology*, 11: 4849-4852.
- Kramer, P. J. and J. S. Boyer. 1995. *Water Relations of Plants and Soils*. Academic Press, San Diego.
- Kurniasari, A. M. Adisyahputra, dan R. Rosman. 2010. Pengaruh Kekeringan pada Tanah Bergaram NaCl terhadap Pertumbuhan Tanaman Nilam. Jurusan Biologi FMIPA UI, Jakarta.

- Lakitan, B. 1996. *Fisiologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman*. Rajawali Pers, Jakarta.
- Lawlor, D. H. 1995. The Effects of Water Deficit on Photosynthesis. In: Smirnoff, N. (Ed.), *Environment and Plant Metabolism-Flexibility and Acclimation*. BIOS Scientific Publishers, Oxford.
- Lessani H. And M. Mojtahedi. 2002. *Introduction to Plant Physiology (Translation)*. Tehran University press, Tehran, Iran.
- Lestari, G. Wahyu, Solichatun, dan Sugiyarto. 2008. Pertumbuhan, Kandungan Klorofil dan Laju Respirasi Tanaman Garut (*Maranta arundica L.*) setelah Pemberian Asam Giberelat. *Bioteknologi*, 5: 1-9.
- Li, R. P. G., 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: 751-757.
- Mafakheri, A., A. Siosermadeh, B. Bahramnejad, P. C. Struik, and Y. Sohrabi. 2010. Effect of Drought Stress on Yield, Proline and Chlorophyll Contents in Three Chickpea Cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 4: 580-585.
- Mansfield, T. A. and C. J. Atkinson. 1990. Stomatal Behaviour in Water Stressed Plants. p. 241– 64. In R.G. Alscher and J.R. Cumming (Eds.) *Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms*. Wiley-Liss, Inc., New York.
- Maryani, A. T. 2012. Pengaruh Volume Pemberian Air terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit di Pembibitan Utama. *ISSN*, 1: 64-75.
- Meihana dan Purjiyanto. 2014. Respon Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora L.*) terhadap Dosis Pupuk N pada Berbagai Periode Pengerangan. *Ilmiah AGRIBA*, 2: 45-55.
- Mescht, A. V. D., J. A. de Ronde, and F. T. Rossouw. 1999. Chlorophyll Fluorescence and Chlorophyll Content as a Measure of Drought Tolerance in Potato. *South African Journal of Science*, 95: 407-412.
- Miswar. 2001. Aktifitas Enzim Metabolisme Sukrosa dan Perubahan Sintesis Protein Tanaman Kedelai (*Glycine max (l.) Merr.*) pada Kondisi Cekaman Garam (NaCl) Tinggi. *Laporan Penelitian*. Universitas Jember, Jember.
- Mohammadkhani, N. dan R. Heidari. 2008. Drought-Induced Accumulation of Soluble Sugars and Proline in Two Maize Varieties. *World Appl. Sci. J.*, 3: 448-453.

- Munandar, D. E., S. Abdoellah, and E. Mardiono. 2010. Characteristics of Anatomy, Morphology and Physiology as Indicator for Yield of Robusta Coffee. *Prosiding of 23rd International Conference on Coffee Science*. Bali (Indonesia), 3th - 8th October, 2010.
- Najiyati dan Danarti. 1991. *Kopi: Budidaya dan Penanganan Lepas Panen*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Najiyati dan Danarti. 1998. *Petunjuk Mengairi dan Menyiram Tanaman*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Nasir. 1997. *Pola Perdagangan Kopi Rakyat: Kasus Studi di Desa Ratawali dan Bukit Menjangan Kabupaten Aceh Tengah*. Banda Aceh: Pusat Latihan Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial Aceh.
- Nurhidayah, E. Anggarwulan, dan Solichatun. 2001. Kandungan Klorofil pada Daun Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) di Sekitar Kawah Sikidang Dataran Tinggi Dieng. *BioSmart*, 3: 35-39.
- Pirzad, A., M. R. Shakiba, S. Z. Salmasi, S. A. Mohammadi, R. Darvishzadeh, and A. Samadi. 2011. Effect of Water Stress on Leaf Relative Water Content, Chlorophyll, Proline and Soluble Carbohydrates in *Matricaria chamomilla* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5: 2483-2488.
- Prado F. E, C. Boero, M. Gallardo, and J. A. Gonzalez. 2000. Effect of NaCl on Germination, Growth and Soluble Sugar Content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds. *Bot Bull Acad Sinica*, 41: 27-34.
- Prihastanti. 2010. Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Semai Kakao (*Theobroma cacao* L.) pada Perlakuan Kekurangan air yang Berbeda. *Bioma*, 12: 35-39.
- Pugnaire, F.I. and J. Pardos. 1999. Constrains by Water Stress on Plant Growth. In Passarakli, M. (ed.) *Hand Book of Plant and Crop Stress*. John Wiley & Sons, New York.
- Purwanto dan T. Agustono. 2010. Kajian Fisiologi Tanaman Kedelai pada Kondisi Cekaman Kekeringan dan Berbagai Kepadatan Gulma Teki. *Agrosains*, 12: 24-28.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2009. *Produk Benih Kopi yang dapat Diperoleh*. <http://www.iccri.net>, diakses pada 10 Oktober 2014.
- Rahardjo, P. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Penebar Swadaya, Jakarta.

- Ristiawan, A. P. 2011. Karakter Fisiologis Dua Klon Kopi Robusa pada Jenis Penaung yang Berbeda. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jember.
- Rolland, F., B. Moore, and J. Sheen. 2002. *Sugar Sensing and Signaling*. Department of Molecular Biology, Massachusetts General Hospital and Department of Genetiks, Harvard Medical School, Boston, Massachusetts.
- Rubiyo, B. Martono, dan Dani. 2012. Perakitan Teknologi untuk Peningkatan Produksi dan Mutu Hasil Perkebunan Kopi Rakyat. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Salisbury, F. B. dan C. W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 2*. Terjemahan oleh Diah R. Lukman. ITB, Bandung.
- Schnyder, H. 1993. The Role of Carbohydrate Storage and Redistribution in the Source Sink Relations of Wheat and Barley during Grain Filling-a review. *New Phytol*, 123: 233-245.
- Schubert, S., R. Serraz, E. Plies-Balzer, and K. Mengel. 1995. Effect of Drought Stress on Growth, Sugar Concentrations and Amino Acid Accumulation in N<sub>2</sub> Fixing Alfalfa (*Medicago sativa*). *J. Plant Physiol.*, 146: 541-546.
- Serraj, R. and T. R. Sinclair. 2002. Osmolyte Accumulation: Can It Really Help Increase Crop Yield under Drought Conditions?. *Plant, Cell and Environment*, 25: 333-341.
- Sumenda, L., H. L. Rampe, dan F. R. Mantiri. 2011. Analisis Kandungan Klorofil Daun Mangga (*Mangifera indica* L.) pada Tingkat Perkembangan Daun yang Berbeda. *Bioslogos*, 1: 20-24.
- Sutanto, R. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah Konsep dan Kenyataan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Tyagi, A., N. Kumar, and R. K. Sairam. 1999. Efficacy of RWC, Membrane Stability, Osmotic Potential, Endogenous ABA and Root Biomass as Indices for Selection against Water Stress in Rice. *Indian Journal of Plant Physiology*, 4: 302-306.
- Ward, J. M. 2000. *The Role of Sucrose Transporter in Assimilate partitioning and Phloem Function*. Plant Physiology, Center for Plant Molecular Biology, University of Tuebingen, Germany.
- Yahmadi, M. 2007. *Rangkaian Perkembangan dan Permasalahan Budidaya dan Pengolahan Kopi di Indonesia*. AEKI, Jawa Timur.

Zhang, X., R. Zang, and C. Li. 2004. Population Differences in Physiological and Morphological Adaptations of *Populus davidiana* Seedlings in Response to Progressive Drought Stress. *Plant Sci*, 166: 791-797.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Denah percobaan

K2C3 (1)	K2C1 (3)	K1C1 (1)	K2C2 (3)
K1C2 (1)	K1C3 (1)	K1C0 (1)	K2C3 (3)
K1C0 (2)	K1C1 (3)	K2C0 (2)	K2C2 (1)
K2C0 (1)	K2C3 (2)	K2C2 (2)	K1C1 (2)
K1C2 (4)	K2C1 (1)	K1C3 (3)	K1C2 (2)
K2C0 (3)	K1C0 (3)	K2C1 (2)	K1C2 (3)

Keterangan :

K1C0 : Klon kopi BP 409 dan penyiraman 100% kapasitas lapang

K1C1 : Klon kopi BP 409 dan penyiraman 75% kapasitas lapang

K1C2 : Klon kopi BP 409 dan penyiraman 50% kapasitas lapang

K1C3 : Klon kopi BP 409 dan penyiraman 25% kapasitas lapang

K2C0 : Klon kopi BP 936 dan penyiraman 100% kapasitas lapang

K2C1 : Klon kopi BP 936 dan penyiraman 75% kapasitas lapang

K2C2 : Klon kopi BP 936 dan penyiraman 50% kapasitas lapang

K2C3 : Klon kopi BP 936 dan penyiraman 25% kapasitas lapang

Lampiran 2. Hasil analisis ragam seluruh variabel percobaan

**Konduktivitas Stomata**

	DB	JK	KT	FH	FT 5%	FT 1%
<b>Perlakuan</b>	7	77.24				
<b>Macam Klon</b>	1	0.35	0.35	0.10 ns	4.49	8.53
<b>KL</b>	3	65.21	21.74	6.28 **	3.24	5.29
<b>KL X Macam Klon</b>	3	11.67	3.89	1.12 ns	3.24	5.29
<b>Galat</b>	16	55.39	3.46			
<b>Total</b>	23	132.63				

**Kandungan Total Klorofil**

SK	DB	JK	KT	FH	FT 5%	FT 1%
<b>Perlakuan</b>	7	2521196.65				
<b>Macam Klon</b>	1	684113.51	684113.51	4.38 ns	4.49	8.53
<b>KL</b>	3	1473271.99	491090.66	3.14 ns	3.24	5.29
<b>KL X Macam Klon</b>	3	363811.15	121270.38	0.78 ns	3.24	5.29
<b>Galat</b>	16	2501592.67	156349.54			
<b>Total</b>	23	5022789.31				

**Kandungan Klorofil a**

SK	DB	JK	KT	FH	FT 5%	FT 1%
<b>Perlakuan</b>	7	1072334.96				
<b>Macam Klon</b>	1	311762.09	311762.09	5.21 *	4.49	8.53
<b>KL</b>	3	576971.33	192323.78	3.22 ns	3.24	5.29
<b>KL X Macam Klon</b>	3	183601.54	61200.51	1.02 ns	3.24	5.29
<b>Galat</b>	16	956539.38	59783.71			
<b>Total</b>	23	2028874.33				

**Kandungan Klorofil b**

SK	DB	JK	KT	FH	FT 5%	FT 1%
<b>Perlakuan</b>	7	313714.13				
<b>Macam Klon</b>	1	72229.22	72229.22	2.91 ns	4.49	8.53
<b>KL</b>	3	208257.41	69419.14	2.80 ns	3.24	5.29
<b>KL X Macam Klon</b>	3	33227.49	11075.83	0.45 ns	3.24	5.29
<b>Galat</b>	16	397190.88	24824.43			
<b>Total</b>	23	710905.01				

**Kandungan Sukrosa Daun**

SK	DB	JK	KT	FH	FT 5%	FT 1%
<b>Perlakuan</b>	7	0.104				
<b>Macam Klon</b>	1	0.001	0.001	0.029 ns	4.49	8.53
<b>KL</b>	3	0.090	0.030	0.902 ns	3.24	5.29
<b>KL X Macam Klon</b>	3	0.014	0.005	0.136 ns	3.24	5.29
<b>Galat</b>	16	0.530	0.033			
<b>Total</b>	23	0.634				

**Kandungan Gula Reduksi**

SK	DB	JK	KT	FH	FT 5%	FT 1%
<b>Perlakuan</b>	7	464.77				
<b>Macam Klon</b>	1	11.52	11.52	0.89 ns	4.49	8.53
<b>KL</b>	3	416.90	138.97	10.74 **	3.24	5.29
<b>KL X Macam Klon</b>	3	36.35	12.12	0.94 ns	3.24	5.29
<b>Galat</b>	16	206.96	12.93			
<b>Total</b>	23	671.72				

**Tinggi Tanaman**

SK	DB	JK	KT	FH	FT 5%	FT 1%
<b>Perlakuan</b>	7	399.38				
<b>Macam Klon</b>	1	140.17	140.17	28.31 **	4.49	8.53
<b>KL</b>	3	228.22	76.07	15.37 **	3.24	5.29
<b>KL X Macam Klon</b>	3	30.99	10.33	2.09 ns	3.24	5.29
<b>Galat</b>	16	79.21	4.95			
<b>Total</b>	23	478.59				

**Laju Pertumbuhan**

SK	DB	JK	KT	FH	FT 5%	FT 1%
<b>Perlakuan</b>	7	7.31				
<b>Macam Klon</b>	1	0.25	0.25	1.97 ns	4.49	8.53
<b>KL</b>	3	6.00	2.00	15.99 **	3.24	5.29
<b>KL X Macam Klon</b>	3	1.06	0.35	2.83 ns	3.24	5.29
<b>Galat</b>	16	2.00	0.13			
<b>Total</b>	23	9.31				

Keterangan :

SK = Sumber Keragaman

DB = Derajat Bebas

JK = Jumlah Kuadrat

KT = Kuadrat Tengah

FH = F Hitung

FT = F Tabel

Lampiran 3. Hasil uji jarak berganda Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%

**Konduktivitas Stomata**

Perlakuan	C0	C1	C2	C3	Notasi
C0	0,00				a
C1	0,88	0,00			ab
C2	2,75	1,87	0,00		bc
C3	4,25	3,37	1,50	0,00	c

Perlakuan	2	3	4
Nilai Jarak R (16, 0,05)	3,00	3,15	3,23
Nilai Duncan 5%	2,28	2,39	2,45

**Kandungan Klorofil a**

Perlakuan	K1	K2	Notasi
K1	0,00		a
K2	1,82	0,00	b

Perlakuan	2
Nilai Jarak R (16, 0,05)	3,00
Nilai Duncan 5%	1,69

**Kandungan Gula Reduksi**

Perlakuan	C3	C2	C0	C1	Notasi
C3	0,00				a
C2	5,30	0,00			b
C0	8,75	3,45	0,00		bc
C1	11,07	5,77	2,32	0,00	c

Perlakuan	2	3	4
Nilai Jarak R (16, 0,05)	3,00	3,15	3,23
Nilai Duncan 5%	4,40	4,63	4,74

**Tinggi Tanaman pada Macam Klon yang Berbeda**

Perlakuan	K1	K2	Notasi
K1	0,00		a
K2	4,83	0,00	b

Perlakuan	2
Nilai Jarak R (16, 0,05)	3,00
Nilai Duncan 5%	1,93

**Tinggi Tanaman pada Persentase Kapasitas Lapang yang Berbeda**

Perlakuan	C1	C0	C2	C3	Notasi
C1	0,00				a
C0	0,01	0,00			a
C2	5,06	5,05	0,00		b
C3	6,98	6,97	1,92	0,00	b

Perlakuan	2	3	4
Nilai Jarak R (16, 0,05)	3,00	3,15	3,23
Nilai Duncan 5%	2,73	2,83	2,93

**Laju Pertumbuhan**

Perlakuan	C1	C0	C2	C3	Notasi
C1	0,00				a
C0	0,05	0,00			a
C2	0,84	0,79	0,00		b
C3	1,15	1,1	0,31	0,00	b

Perlakuan	2	3	4
Nilai Jarak R (16, 0,05)	3,00	3,15	3,23
Nilai Duncan 5%	0,43	0,45	0,47

Keterangan :

K1 = klon BP 409

K2 = klon BP 936

C0 = penyiraman 100% kapasitas lapang

C1 = penyiraman 75% kapasitas lapang

C2 = penyiraman 50% kapasitas lapang

C3 = penyiraman 25% kapasitas lapang

Lampiran 4. Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian



Penentuan kapasitas lapang media tanam



Penanaman bibit kopi



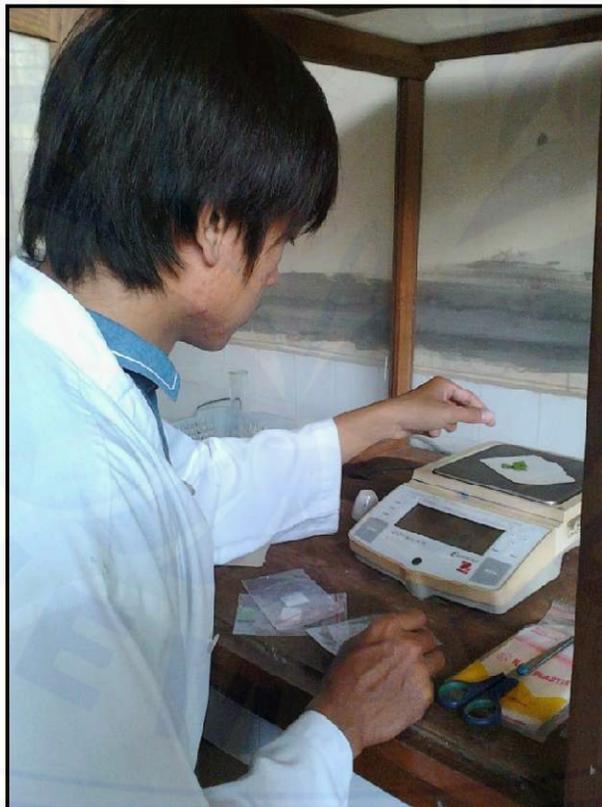
Penyiraman bibit kopi



Pengendalian hama kutu putih



Pengambilan sampel daun kopi



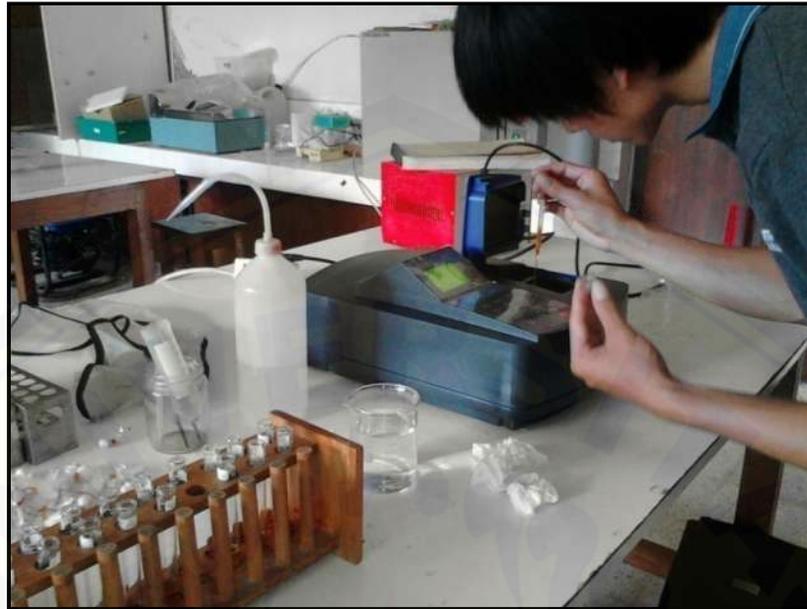
Penimbangan sampel daun kopi



Ekstraksi daun kopi



Setrifugasi sampel daun kopi



Pengukuran beberapa variabel fisiologis



Kunjungan dosen pembimbing