



**KARAKTER FISILOGIS DUA KLON KOPI  
ROBUSTA PADA JENIS PENAUUNG  
YANG BERBEDA**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Andri Pradana Ristiawan**  
NIM. 071510101091

**JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2011**



**KARAKTER FISILOGIS DUA KLON KOPI  
ROBUSTA PADA JENIS PENANGUNG  
YANG BERBEDA**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana pada Program Studi Agronomi  
Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian  
Universitas Jember

Oleh :

**Andri Pradana Ristiawan**  
NIM. 071510101091

**JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2011**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andri Pradana Ristiawan

NIM : 071510101091

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “**Karakter Fisiologis Dua Klon Kopi Robusta Pada Jenis Penaung 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 sesuai 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 dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Oktober 2011

Yang menyatakan

Andri Pradana Ristiawan  
071510101091

**SKRIPSI**

**KARAKTER FISILOGIS DUA KLON KOPI  
ROBUSTA PADA JENIS PENAUUNG  
YANG BERBEDA**

Oleh

**Andri Pradana Ristiawan**

NIM. 071510101091

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Ummi Sholikhah, S.P., M.P.

## **PENGESAHAN**

Skripsi berjudul : **Karakter Fisiologis Dua Klon Kopi Robusta Pada Jenis Penaung Yang Berbeda**, telah diuji dan disahkan oleh fakultas pertanian pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 13 Oktober 2011

Tempat : Fakultas Pertanian

## **TIM PENGUJI**

Ketua

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

Anggota I

Anggota II

Ummi Sholikhah, S.P. M.P.  
NIP. 197811302008122001

Prof. Dr. Ir. Sri Hartatik, MS  
NIP. 196003171983032001

## **MENGESAHKAN**

**Dekan,**

Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, M.P.  
NIP. 196111101988021001

## RINGKASAN

**Karakter Fisiologis Dua Klon Kopi Robusta Pada Jenis Penaung Yang Berbeda;** Andri Pradana Ristiawan; 071510101091; 2011: 61 Halaman; Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Tanaman kopi merupakan jenis tanaman  $C_3$  yang membutuhkan intensitas cahaya tidak penuh untuk tumbuh optimal. Oleh karena itu tanaman penaung digunakan dalam budidaya kopi di Indonesia. Tanaman penaung untuk tanaman kopi umumnya menggunakan dadap, lamtoro dan lainnya. Saat ini terjadi pergeseran penggunaan tanaman penaung dari lamtoro ke sengon disebabkan nilai ekonomis dan permintaan kayu sengon meningkat. Perubahan jenis penaung berpengaruh terhadap iklim mikro pada pertanaman kopi. Pada perkebunan kopi rakyat juga digunakan beberapa klon kopi. Perbedaan jenis penaung dan klon kopi memungkinkan terjadinya perbedaan karakter fisiologis dan morfologis tanaman kopi yang berpengaruh terhadap produksi.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakter fisiologis dua klon kopi robusta pada jenis penaung yang berbeda, faktor yang mempengaruhi proses fotosintesis kopi robusta, hubungan hasil fotosintesis dengan produksi kopi robusta dan klon kopi robusta yang memiliki produksi tinggi.

Penelitian dilakukan di kebun kopi rakyat didesa Sidomulyo, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember yang berada pada ketinggian 560 m diatas permukaan laut. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juni 2011. Penentuan daerah penelitian ditetapkan dengan pertimbangan bahwa Desa Sidomulyo merupakan salah satu desa penghasil kopi rakyat di Kabupaten Jember. Percobaan dilakukan dengan percobaan lapang melalui observasi beberapa sampel tanaman kopi dengan membedakan klon kopi dan jenis tanaman penaung. Pengambilan data percobaan menggunakan metode Kuadran dengan menggunakan petakan tanaman

kopi robusta klon BP 358 dan 409 berumur 12 tahun pada dua jenis naungan, yaitu lamtoro berumur 13 tahun dan sengon berumur 3 tahun.

Pada penelitian ini digunakan parameter utama dan pendukung. Parameter utama yang diamati adalah hasil fotosintesis, kandungan klorofil, kandungan nitrogen daun, daya hantar stomata, kerapatan stomata dan luas daun. Parameter pendukung yang diamati adalah taksasi produksi buah dan kondisi iklim mikro antara lain intensitas cahaya, suhu dan kelembaban relatif. Data hasil observasi dianalisis statistik dengan membandingkan standart error rata-rata pada masing-masing nilai rata-rata setiap parameter.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua klon kopi dengan penaung sengon memiliki hasil fotosintesis ( $F_v/F_m$ ) yang lebih tinggi daripada dengan penaung lamtoro. Produksi klon kopi robusta BP 409 pada penaung lamtoro dan sengon memiliki produksi yang lebih tinggi daripada klon kopi robusta BP 358 dibawah penaung yang sama. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa hasil fotosintesis lebih dipengaruhi oleh konduktivitas stomata dan intensitas cahaya. Selain itu hasil fotosintesis yang tinggi pada klon kopi tidak diikuti dengan peningkatan produksi karena luas daun dan cabang produksi tanaman kopi lebih mempengaruhi produksi.

## SUMMARY

**Physiological Characters of Two Robusta Coffee Clones on The Different Types of Shade;** Andri Pradana Ristiawan; 071510101091; 2011: 61 Pages; Faculty of Agriculture, Jember University.

Coffee plant is  $C_3$  type plant that require unfully light intensity for its optimal growth. Therefore shade plant is used in the coffee cultivation in Indonesia. Shade plants for coffee plantation generally use dadap, lamtoro and others. Today there many change the use of shade plant from lamtoro to sengon because economic value and increasing demand for sengon wood. Due to the changing in different type of shade plant cause affect on coffee plantation microclimate. On the coffee plantation also use some coffee clones. The differences type of shade and coffee clones can affect the differences physiological and morphological characters of coffee plant that affect the production.

The aim of this research is expected to give information about physiological characters of robusta coffee clones in different shade plant, factors that affect the robusta coffee photosynthesis process, the relationship of photosynthesis with the production and robusta coffee clones that have high production.

This research was conducted in coffee plantation at Sidomulyo village, the district of Silo, Jember regency located at a 560 meters above sea level. This research was done on May up to June 2011. The area determination method was chosen based on the consideration that Sidomulyo village is one of the popular coffee producer in Jember. The experiment used field experiment with the quadrant method use to observation and collect the data of 12 years old BP 358 and BP 409 coffee clones, with 13 years old lamtoro and 3 years old sengon shade plants.

The main parameter observed were the photosynthesis result, chlorophyll content, nitrogen content of leaves, stomatal conductivity, stomatal density and leaf area. The support parameter observed were light intensity, temperature, humidity and assessed fruit production. The data from the observation were analyzed statistically by comparing the average standart error on each mean value in each parameter.

The result showed that both coffee clones (BP 358 and BP 409) with sengon shade had higher photosynthesis activity than lamtoro shade. The photosynthesis activity was more affected by the stomatal conductivity and the light intensity. Higher coffee production more affected by leaf area and production branch than photosynthesis activity. Robusta coffee clone BP 409 on both of the shade (lamtoro and sengon) had higher production than robusta coffee clone BP 358.

## PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) yang berjudul **Karakter Fisiologis Dua Klon Kopi Robusta Pada Jenis Penaung Yang Berbeda** sebagai tugas akhir di Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jember

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tulisan ini terutama kepada:

1. Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP., selaku Dekan Fakultas Pertanian yang telah memimpin dan membimbing selama masa perkuliahan.
2. Dr. Ir. Sigit Soeparjono, MS., selaku Ketua Jurusan Budidaya Pertanian Program Studi Agronomi yang telah memimpin dan membimbing selama masa perkuliahan.
3. Ir. Usyadi, MP., selaku Ketua Program Beasiswa Unggulan Agroindustri Spesifik Kopi-Kakao yang telah memimpin dan membimbing selama masa perkuliahan.
4. Dr. Ir. Denna Eriani Munandar, M.P., selaku Dosen Pembimbing Utama, Ummi Sholikhah, S.P. M.P., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Prof. Dr. Ir. Sri Hartatik, MS., selaku Dosen Penguji Skripsi yang telah memberikan banyak saran dan kritik untuk penulisan skripsi ini;
6. Ir. Setiyono, M.P., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa;
7. Keluarga Besar Bapak Mashuri, Ibu Hesti Setyo P. sekeluarga dan Bapak Tono Supriyanto sekeluarga yang telah memberikan dorongan dan doanya;
8. Bapak H. Samuri dan anggota *Kelompok Petani Sidomulyo* yang telah mengizinkan penelitian dilahan kopinya;

9. Rekan-rekan HIMAGRO, Agro 2007, Beasiswa Unggulan 2007 yang telah memberikan dukungan selama pelaksanaan percobaan hingga penulisan skripsi ini selesai;
10. Roys Alwanita sekeluarga, Sahabat Fukatsu FKIP bahasa inggris 2006 dan Sahabat Idiot Community, yang selalu memberikan dorongan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi;
11. Petugas Perpustakaan Fakultas dan Universitas yang memberikan kemudahan untuk menemukan sumber terkait dengan skripsi ini;
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Oktober 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN BIMBINGAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>SUMMARY</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Tanaman Kopi ( <i>Coffea sp.</i> ).....	5
2.2 Hubungan Pertumbuhan Kopi dengan Tanaman Penaung.....	7
2.3 Tanaman Penaung Sengon dan Lamtoro.....	8
2.4 Fotosintesis Pada Tanaman .....	10
2.4.1 Faktor Lingkungan yang Berpengaruh Terhadap Fotosintesis .....	11
2.4.2 Faktor Tanaman yang Berpengaruh Terhadap Fotosintesis .....	13
2.5 Hipotesis.....	15

<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	16
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	16
3.2 Bahan dan Alat Percobaan.....	16
3.3 Metode Percobaan.....	16
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	18
3.5 Parameter Pengamatan.....	19
3.5.1 Parameter Utama.....	19
3.5.2 Parameter Pendukung.....	23
3.7 Pengolahan dan Interpretasi Data.....	25
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	26
4.1 Iklim Mikro Selama Masa Penelitian.....	26
4.2 Karakter Fisiologis Kopi Robusta Selama Penelitian.....	28
4.2.1 Hasil fotosintesis .....	28
4.2.2 Kandungan Klorofil Daun.....	29
4.2.3 Kandungan Nitrogen Daun .....	34
4.2.4 Daya Hantar Stomata .....	35
4.2.5 Kerapatan Stomata .....	37
4.2.6 Luas Daun .....	39
4.2.7 Produksi Kopi .....	42
4.3 Hubungan Karakter Fisiologis Parameter Pengamatan.....	45
4.3.1 Hubungan Hasil fotosintesis dengan Klorofil.....	47
4.3.2 Hubungan Hasil fotosintesis dengan N Total Daun.....	48
4.3.3 Hubungan Hasil fotosintesis dengan Daya Hantar Stomata.	49
4.3.4 Hubungan Hasil fotosintesis dengan Kerapatan Stomata.....	50
4.3.5 Hubungan Hasil fotosintesis dengan Luas Daun.....	51
4.3.6 Hubungan Hasil fotosintesis dengan Produksi.....	52

<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	54
<b>LAMPIRAN</b> .....	59

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Denah plot dan sub plot penelitian.....	17
3.2 Posisi pengambilan sampel dan daun yang diamati pada cabang tanaman kopi.....	18
4.1 Perbedaan kondisi kebun pada areal penelitian.....	26
4.2 Perbedaan morfologis daun tanaman penaung.....	27
4.3 Hasil fotosintesis dua klon kopi robusta pada penaung lamtoro dan sengon.....	28
4.4 Kandungan klorofil a dua klon kopi robusta pada penaung lamtoro dan sengon.....	30
4.5 Kandungan klorofil b dua klon kopi robusta pada penaung lamtoro dan sengon.....	31
4.6 Kandungan total klorofil dua klon kopi robusta pada penaung lamtoro dan sengon.....	32
4.7 Kandungan N total daun dua klon kopi robusta pada penaung lamtoro dan sengon.....	34
4.8 Daya hantar stomata dua klon kopi robusta pada penaung lamtoro dan sengon.....	36
4.9 Kerapatan stomata dua klon kopi robusta pada penaung lamtoro dan sengon.....	38
4.10 Stomata pada dua klon kopi dengan penaung lamtoro dan sengon.....	39
4.11 Luas daun dua klon kopi robusta pada penaung lamtoro dan sengon.....	40
4.12 Morfologi daun ke 3 dari ujung cabang dua klon kopi pada penaung lamtoro dan sengon.....	41
4.13 Produksi dua klon kopi pada penaung lamtoro dan sengon.....	42
4.14 Cabang produksi dua klon kopi dengan penaung lamtoro dan sengon.....	43
4.15 Jumlah buah/dompolan dari kedua klon kopi pada penaung sengon dan lamtoro.....	43

4.16 Hubungan antara hasil fotosintesis dengan total klorofil .....	47
4.17 Hubungan antara hasil fotosintesis dengan N total daun .....	48
4.18 Hubungan antara hasil fotosintesis dengan daya hantar stomata .....	49
4.19 Hubungan antara hasil fotosintesis dengan kerapatan stomata .....	50
4.20 Hubungan antara hasil fotosintesis dengan luas daun .....	51
4.21 Hubungan antara hasil fotosintesis dengan produksi .....	52

## DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Kondisi iklim mikro (kelembaban, suhu dan intensitas cahaya) pada pertanaman kopi robusta dengan penaung lamtoro dan sengon.....	26
4.2 Jumlah cabang produksi, dompolan/cabang produksi, buah/dompolan, rata-rata produksi/tanaman dengan penaung berbeda.....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Foto Pelaksanaan Penelitian.....	59
B. Peta Lokasi Penelitian.....	64
C. Hubungan parameter karakter fisiologis dan <i>Standart Error Mean</i> (SEM) dari keseluruhan perlakuan.....	65
D. Nilai dari tabel korelasi keseluruhan perlakuan.....	66
E. Data Hasil Percobaan.....	69

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kopi di Indonesia merupakan salah satu komoditas unggulan perkebunan karena menyumbang devisa negara sebesar USD 521,3 juta pertahun. Produksi biji kopi Indonesia mencapai 674.800 ton pada tahun 2005 yang diperoleh dari areal seluas 1.302.042 Ha dengan komposisi 91,05% dari jenis kopi Robusta dan 8,95% dari jenis kopi Arabika (Susilo, 2008). Sebagian besar kopi yang dihasilkan di Indonesia berasal dari kebun rakyat. Dalam perkembangannya hingga saat ini, kopi yang dihasilkan oleh rakyat seringkali menghadapi beberapa masalah yang mengganggu dalam pelaksanaan kegiatan budidaya. Salah satu masalah yang ada dipetani yaitu keterbatasan pengetahuan dan ketrampilan dalam teknologi budidaya tanaman kopi (Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, 2008).

Kopi robusta dapat dibudidayakan pada ketinggian optimum 400-800 m diatas permukaan laut dengan temperatur rata-rata 21-24°C, sedangkan kopi arabika dapat dibudidayakan pada ketinggian optimum 800-1500 m diatas permukaan laut dengan temperatur 17-21°C. Kedua jenis kopi ini membutuhkan curah hujan optimum sebesar 2000-3000 mm/th dengan ± 3 bulan kering, tetapi dengan hujan kiriman yang cukup (Yahmadi, 2007).

Tanaman kopi merupakan tanaman C<sub>3</sub> yang memiliki karakteristik berbeda dengan tanaman C<sub>4</sub> dalam memanfaatkan cahaya matahari (Carelli *et al.*, 2003). Tanaman C<sub>3</sub> membutuhkan intensitas cahaya yang tidak penuh untuk dapat tumbuh optimal (Sanger, 1998). Tanaman C<sub>4</sub> mampu meningkatkan fotosintesis hingga cahaya yang sangat terik, sedangkan tanaman C<sub>3</sub> mencapai kejenuhan sebelum cahaya penuh/terik (Gardner *et al.*, 1991). Kopi dapat ditanam tanpa penaung namun hal tersebut akan mengakibatkan kebutuhan nutrisi dalam jumlah yang besar, umur ekonomi berkurang dan perlunya pengelolaan yang lebih intensif (Nursal *et al.*, 2003). Untuk menciptakan kondisi lingkungan dengan intensitas cahaya tidak lebih dari 60% yang optimum untuk pertumbuhan kopi,

maka digunakan tanaman penaung dalam budidaya kopi di Indonesia (Prawoto, 2007; Yulianti *et al.*, 2007).

Tanaman penaung berperan penting dalam sistem produksi kopi berkelanjutan (Evizal dkk., 2009). Penaung dalam budidaya kopi berperan sebagai pengendali iklim mikro agar pertumbuhan kopi menjadi optimal (Soedradjad dan Syamsunihar, 2010). Keberadaan tanaman penaung akan berpengaruh terhadap intensitas cahaya yang diterima tanaman. Penggunaan tanaman penaung untuk kopi disesuaikan dengan lokasi, nilai ekonomis, kecepatan tumbuh, sifat tajuk dan kebutuhan ekonomi petani (Amarta, 2010).

Tanaman penaung untuk tanaman kopi umumnya menggunakan lamtoro, dadap, dan sengon (Soedradjad dan Syamsunihar, 2010). Pada awalnya penggunaan tanaman penaung di Indonesia lebih banyak menggunakan lamtoro. Dadap sedikit digunakan karena tajuknya sulit diatur, sedangkan sengon hanya digunakan pada daerah tinggi saja dimana lamtoro tumbuh lambat (Yahmadi, 2007). Namun saat ini nilai ekonomis dan permintaan kayu sengon meningkat sehingga petani telah banyak menggunakan sengon sebagai penaung. Hal ini menyebabkan terjadi pergeseran penggunaan tanaman penaung kopi dari lamtoro ke sengon.

Lamtoro dan sengon memiliki karakter agronomis yang berbeda yaitu pada tinggi tanaman, bentuk daun, sifat tajuk, dan kondisi tajuk akibat kegiatan pemangkasan. Lamtoro mampu mencapai tinggi 20 m, namun kebanyakan hanya hingga 10 m sedangkan sengon mampu mencapai tinggi hingga 40 m dengan tinggi batang bebas cabang mencapai 20 m (Yahmadi, 2007; Hartoyo, 2010). Lamina daun lamtoro memiliki ukuran panjang 1,5 cm dan lebar 0,4 cm, sedangkan lamina daun sengon memiliki ukuran panjang 2 cm dan lebar 0,5 cm (Haerani, 2010). Letak percabangan lamtoro antara 3 – 3,5 m dan percabangannya diatur secara rutin dengan kegiatan pemangkasan sedangkan sengon tidak dilakukan kegiatan pemangkasan (Yahmadi, 2007; Hartoyo, 2010). Perbedaan karakter agronomis lamtoro dan sengon berpengaruh terhadap iklim mikro pada pertanaman kopi (Soedradjad dan Syamsunihar, 2010).

Intensitas dan kualitas cahaya berperan penting dalam pertumbuhan tanaman. Pada proses fotosintesis tanaman kopi, kualitas dan kuantitas cahaya yang sampai pada tanaman sangat penting. Hal ini dikarenakan tanaman kopi adalah tanaman  $C_3$  yang membutuhkan intensitas cahaya tidak penuh untuk dapat tumbuh optimal (Sanger, 1998). Tanaman kopi akan melakukan fotosintesis dengan baik apabila cahaya matahari yang diterima tidak lebih dari 60% (Prawoto, 2007).

Fotosintesis adalah proses pembentukan bahan organik dari bahan anorganik pada tumbuhan yang terjadi dengan bantuan cahaya (Hopkins, 1995; Whiting, 2010). Setiap klon kopi memiliki karakter fisiologi dan agronomis yang berbeda sehingga menyebabkan adanya perbedaan aktifitas fotosintesis yang berpengaruh terhadap produksi akhir (Campostrini and Maestri, 1998). Hasil penelitian Dwiyono, (2011) menunjukkan bahwa hasil fotosintesis kopi robusta pada penaung berbeda dipengaruhi oleh intensitas cahaya, suhu, kandungan klorofil, konduktivitas stomata dan kandungan N pada daun. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa hasil fotosintesis pada pertanaman kopi dibawah naungan sengon lebih tinggi daripada dibawah naungan lamtoro.

Pada penelitian ini diamati klon kopi robusta BP 358 dan BP 409 yang sudah berproduksi berumur 12 tahun dengan penaung lamtoro berumur 13 tahun dan sengon berumur 3 tahun yang terdapat di perkebunan kopi rakyat. Klon BP 358 memiliki perawakan yang sedang sedangkan klon BP 409 memiliki perawakan yang besar dan kokoh. Daun klon BP 358 memiliki bentuk bulat telur berwarna hijau mengkilat sedangkan daun klon BP 409 memiliki bentuk membulat besar berwarna hijau gelap. Potensi produksi klon BP 358 mencapai 800 - 1700 kg kopi biji/ha/th sedangkan klon BP 409 mencapai 1000 - 2300 kg kopi biji/ha/th (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2009).

Pada perkebunan kopi rakyat digunakan beberapa klon kopi robusta dan jenis penaung yang berbeda. Hal ini dapat mengakibatkan produksi dari masing - masing klon berbeda karena perbedaan iklim mikro. Hal tersebut yang mendasari perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terhadap karakter fisiologi tanaman

kopi khususnya hasil fotosintesis klon kopi pada penaung yang berbeda sebagai salah satu indikator produksi tanaman kopi robusta.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Masalah utama yang mendasari dilakukannya penelitian ini antara lain :

1. Apakah terdapat perbedaan karakter fisiologis klon kopi robusta dengan jenis penaung berbeda ?
2. Apakah kondisi lingkungan, karakter fisiologis dan agronomis berpengaruh terhadap proses fotosintesis kopi robusta ?
3. Apakah hasil fotosintesis berpengaruh terhadap produksi kopi robusta ?
4. Apakah terdapat perbedaan produksi klon kopi robusta dengan jenis penaung berbeda ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakter fisiologis klon kopi robusta dengan jenis penaung berbeda.
2. Mengetahui pengaruh kondisi lingkungan, karakter fisiologis dan agronomis terhadap proses fotosintesis kopi robusta.
3. Mengetahui pengaruh hasil fotosintesis terhadap produksi kopi robusta.
4. Mengetahui produksi klon kopi robusta dengan jenis penaung berbeda.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai :

1. Karakter fisiologis dua klon kopi robusta pada jenis penaung yang berbeda
2. Faktor yang mempengaruhi proses fotosintesis kopi robusta.
3. Hubungan hasil fotosintesis dengan produksi kopi robusta.
4. Klon kopi robusta yang memiliki produksi tinggi.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

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

Kopi termasuk genus *Coffeae* dari famili *Rubiaceae*. Genus *Coffeae* terdiri atas empat seksi, yang meliputi 66 spesies, yaitu *Eucoffeeae* 24 Spesies, *Mascarocoffeae* 18 Spesies, *Paracoffeae* 13 Spesies, *Agrocoffeeae* 13 Spesies. Dari empat seksi tersebut yang secara komersil adalah *Eucoffeeae*.

Taksonomi tanaman kopi adalah sebagai berikut :

Devisio : *Magnoliophyta*  
Sub devisio : *Angiospermae*  
Klas : *Dicotyledon*  
Ordo : *Gentanales*  
Famili : *Rubiaceae*  
Genus : *Coffeae*  
Spesies : *Coffea* sp.

Kopi robusta dapat dibudidayakan pada ketinggian optimum 400-800 m dpl dengan temperatur rata-rata 21-24°C, sedangkan kopi arabika dapat dibudidayakan pada ketinggian optimum 800-1500 m dpl dengan temperatur 17-21°C. Kedua jenis kopi ini membutuhkan curah hujan optimum sebesar 2000-3000 mm/thn dengan  $\pm$  3 bulan kering, tetapi dengan hujan kiriman yang cukup. Adanya musim kering dengan temperatur yang tinggi sangat diperlukan untuk persiapan pembungaan dan pembentukan buah, tetapi pada mekarnya bunga menghendaki curah hujan secukupnya (Yahmadi, 2007).

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

Setiap klon kopi robusta memiliki sifat – sifat agronomis yang berbeda. Perawakan, percabangan, bentuk dan warna daun, buah, biji serta produktifitas dari masing – masing klon memiliki perbedaan (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2009). Berkaitan dengan sifat fisiologis khususnya fotosintesis, klon kopi yang berbeda memiliki kandungan klorofil yang berbeda sehingga menyebabkan adanya perbedaan aktifitas fotosintesis dan berpengaruh terhadap produksi akhir (Campostrini and Maestri, 1998)

Pada penelitian ini klon kopi yang diamati adalah klon kopi robusta BP 358 dan BP 409. Klon kopi robusta BP 358 memiliki perawakan sedang, percabangan agak lentur dengan ruas agak panjang, bentuk daun bulat telur memanjang dengan warna daun hijau mengkilap dan tepi daun bergelombang lebar, ukuran buah agak besar, diskus agak lebar, buah masak berwarna merah pucat belang, biji berukuran medium-besar dan memiliki produktivitas sebesar 800 – 1.700 kg kopi biji/ha/tahun. Sedangkan klon kopi robusta BP 409 memiliki perawakan besar kokoh, percabangan kokoh dan kuat dengan ruas agak panjang, bentuk daun membulat besar dengan warna daun hijau gelap dan tepi daun bergelombang tegas, ukuran buah agak besar, diskus kecil runcing, buah masak berwarna merah hati, biji berukuran medium-besar dan memiliki produktivitas sebesar 1.000 – 2.300 kg kopi biji/ha/tahun (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2009).

Penelitian karakter fisiologis kopi robusta klon BP 358 dan BP 409 telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Hasil penelitian Munandar *et al.*, (2010) menunjukkan adanya perbedaan laju fotosintesis dari kopi robusta klon BP 358 dan BP 409 pada intensitas cahaya 50% dan 80%. Kopi robusta klon BP 358 pada intensitas cahaya 50% memiliki laju fotosintesis sebesar  $5,9 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{detik}^{-1}$  dan pada intensitas cahaya 80% memiliki laju fotosintesis sebesar  $7,16 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{detik}^{-1}$ . Sedangkan kopi robusta klon BP 409 pada intensitas cahaya 50% memiliki laju fotosintesis sebesar  $4,88 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{detik}^{-1}$  dan pada intensitas cahaya 80% memiliki laju fotosintesis  $6,05 \mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{detik}^{-1}$ . Hal ini menunjukkan bahwa kopi robusta klon BP 358 memiliki aktifitas fotosintesis

yang lebih baik daripada kopi robusta klon BP 409, sehingga memungkinkan klon BP 358 memiliki hasil fotosintesis yang lebih baik.

## **2.2 Hubungan Pertumbuhan Kopi dengan Tanaman Penaung**

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

Tanaman  $C_3$  memiliki pola fotosintesis yang berbeda dengan tanaman  $C_4$  dan *Crassulacean Acid Metabolism* (CAM). Pada fotosintesis tanaman  $C_3$  dapat terjadi fotorespirasi yang dapat menyebabkan kehilangan 20% Carbon dalam siklus Calvin karena pengaruh radiasi (Gardner *et al.*, 1991). Oleh karena itu untuk dapat berproduksi secara optimal tanaman  $C_3$  memerlukan kondisi cahaya tidak penuh yang dapat diperoleh dengan penggunaan tanaman penaung (Sanger, 1998).

Tanaman penaung yang umum digunakan untuk tanaman kopi antara lain lamtoro, dadap dan sengon. Penggunaan tanaman penaung ini ditujukan untuk menciptakan iklim mikro yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman kopi (Soedradjad dan Syamsunihar, 2010). Keberadaan tanaman penaung memberikan keuntungan yaitu mengurangi penyinaran langsung pada tanaman kopi, sumber bahan organik dan mengurangi terjadinya erosi. Adapun syarat tanaman penaung yakni harus memiliki perakaran yang dalam sehingga memperkecil persaingan hara dengan tanaman kopi, mudah diatur secara periodik supaya tidak mengganggu pembungan, tidak menjadi inang hama dan penyakit kopi, termasuk dalam

leguminosa, menghasilkan kayu bakar yang baik dan menghasilkan banyak bahan organik (Yahmadi, 2007).

Keberadaan tanaman penayang tidak hanya sebagai pengatur iklim mikro pada pertanaman kopi, namun juga memiliki peranan dalam penyeimbang ekologi dan nutrisi tanah. Laporan positif mengenai manfaat penggunaan sistem agroforestri yang melibatkan tanaman penayang dalam pertanaman kopi sehingga memberikan lingkungan tumbuh yang lebih optimal bagi pertanaman kopi telah disampaikan oleh beberapa peneliti. Hasil penelitian Soedradjad dkk., (2009) pada tahun 2008 membuktikan bahwa komponen pohon sebagai tanaman penayang memberikan kontribusi terhadap siklus hara dalam sistem agroforestri berbasis kopi. Tanaman sengon memberikan kontribusi unsur Carbon (C), Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Magnesium (Mg) berturut – turut sebesar 17,31; 22,13; 10,71 dan 5,61 kg/ha/tahun. Tanaman Lamtoro memberikan kontribusi unsur C, N, P, Mg berturut – turut sebesar 16,35; 19,67; 20,61 dan 10,56 kg/ha/tahun.

### **2.3 Tanaman Penayang Sengon dan Lamtoro**

Sengon dalam bahasa latin disebut *Albazia falcataria*, termasuk famili *Mimosaceae*. Sengon merupakan Pohon berukuran sedang sampai besar yang tingginya dapat mencapai 40 m dengan tinggi batang bebas cabang 20 m. Tidak berbanir, kulit licin, berwarna kelabu muda, bulat agak lurus. Diameter pohon dewasa dapat mencapai 100 cm atau lebih. Tajuk berbentuk perisai, jarang, selalu hijau menyerupai payung dengan rimbun daun yang tidak terlalu lebat (Hartoyo, 2010).

Daun sengon tersusun majemuk menyirip ganda panjang dapat mencapai 40 cm, terdiri dari 8 – 15 pasang anak tangkai daun yang berisi 15 – 25 helai daun, dengan anak daunnya kecil-kecil dan mudah rontok. Lamina daun sengon umumnya memiliki ukuran panjang 2 cm dan lebar 0,5 cm. Warna daun sengon hijau pupus. Sengon memiliki akar tunggang yang cukup kuat menembus kedalam tanah, akar rambutnya tidak terlalu besar, tidak rimbun dan tidak menonjol

kepermukaan tanah. Akar rambutnya berfungsi untuk menyimpan zat nitrogen, oleh karena itu tanah disekitar pohon sengon menjadi subur (Hartoyo, 2010).

Bunga tanaman sengon tersusun dalam bentuk malai berukuran sekitar 0,5 – 1 cm, berwarna putih kekuning-kuningan dan sedikit berbulu. Setiap kuntum bunga mekar terdiri dari bunga jantan dan bunga betina, dengan cara penyerbukan yang dibantu oleh angin atau serangga. Buah sengon berbentuk polong, pipih, tipis, tidak bersekat-sekat dan panjangnya sekitar 6 – 12 cm. Setiap polong buah berisi 15 – 30 biji. Bentuk biji mirip perisai kecil, waktu muda berwarna hijau dan jika sudah tua biji akan berubah kuning sampai berwarna coklat kehitaman, agak keras, dan berlilin (Hartoyo, 2010).

Lamtoro memiliki nama botani *Leucaena leucocephala*, termasuk famili *Mimosaceae*. Lamtoro merupakan pohon atau perdu yang memiliki tinggi maksimum hingga 20 m, meski kebanyakan hanya sekitar 10 m. Lamtoro memiliki percabangan rendah, banyak, dengan pepagan kecoklatan atau keabu-abuan, berbintil-bintil dan berlentisel. Ranting-ranting bulat torak, dengan ujung yang berambut rapat. Daun lamtoro merupakan daun majemuk menyirip rangkap, sirip 3-10 pasang, kebanyakan dengan kelenjar pada poros daun tepat sebelum pangkal sirip terbawah, daun penumpu kecil, segitiga. Anak daun tiap sirip 5-20 pasang, berhadapan, bentuk garis memanjang dengan ujung runcing dan pangkal miring (tidak sama), permukaannya berambut halus dan tepinya berjumbai. Lamina daun lamtoro umumnya memiliki ukuran panjang 1,5 cm dan lebar 0,4 cm. (Haerani, 2010).

Bunga lamtoro merupakan Bunga majemuk berupa bongkol (perbungaan capitulum) bertangkai panjang yang berkumpul dalam malai berisi 2-6 bongkol, tiap-tiap bongkol tersusun dari 100-180 kuntum bunga, membentuk bola berwarna putih atau kekuningan berdiameter 12-21 mm, di atas tangkai sepanjang 2-5 cm. Bunga kecil-kecil, berbilangan 5, tabung kelopak bentuk lonceng bergigi pendek, lk 3 mm; mahkota bentuk solet, lk. 5 mm, lepas-lepas. Benangsari 10 helai, lk 1 cm, lepas-lepas. Buah lamtoro berbentuk buah polong bentuk pita lurus, pipih dan tipis, 14-26 cm × 1.5-2 cm, dengan sekat-sekat di antara biji, hijau dan

akhirnya coklat kering jika masak, memecah sendiri sepanjang kampuhnya. Berisi 15-30 biji yang terletak melintang dalam polongan, bundar telur terbalik, coklat tua mengkilap, 6-10 mm × 3-4.5 mm (Haerani, 2010).

Penggunaan tanaman penaung lamtoro dan sengon dalam pertanaman kopi disesuaikan dengan kebutuhan. Penaung lamtoro dalam pertanaman kopi dapat ditanam dengan jarak 2 × 2,5 m atau 4 × 5 m dengan perbandingan jumlah lamtoro dan kopi sebanyak 1 : 2 atau 1 : 4. Sedangkan penaung sengon dalam pertanaman kopi dapat ditanam dengan jarak 10 × 10 m dengan perbandingan jumlah sengon dan kopi sebanyak 1 : 8 (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2007; Yahmadi, 2007).

#### **2.4 Fotosintesis Pada Tanaman Kopi**

Fotosintesis adalah proses pembentukan bahan organik dari bahan anorganik pada tumbuhan yang terjadi dengan bantuan cahaya (Hopkins, 1995; Salisbury and Ross, 1995; Whiting, 2010). Fotosintesis tanaman berkaitan dengan produksi tanaman, semakin tinggi hasil fotosintesis maka kemungkinan diikuti dengan peningkatan produksi tanaman (Noviana, 2011).

Proses fotosintesis ditentukan oleh faktor yang mempengaruhi secara langsung dan tidak langsung. Proses fotosintesis sebenarnya peka terhadap beberapa kondisi lingkungan. Faktor lingkungan tersebut dikenal juga sebagai faktor pembatas dan berpengaruh secara langsung bagi hasil fotosintesis. Faktor pembatas tersebut dapat mencegah hasil fotosintesis mencapai kondisi optimum meskipun kondisi lain untuk fotosintesis telah ditingkatkan, inilah sebabnya faktor-faktor pembatas tersebut sangat memengaruhi hasil fotosintesis. Faktor utama yang berpengaruh terhadap hasil fotosintesis antara lain intensitas cahaya, konsentrasi karbon dioksida, suhu, kelembaban udara dan tahap pertumbuhan tanaman (Whiting, 2010). Hasil fotosintesis juga dipengaruhi oleh faktor yang berasal dari tanaman antara lain kandungan klorofil, kandungan N daun, daya hantar stomata, kerapatan stomata daun dan luas daun (Dwidjoseputro, 1980)

#### **2.4.1 Faktor Lingkungan yang Berpengaruh Terhadap Fotosintesis**

Hasil fotosintesis sangat bergantung pada intensitas cahaya. Hasil fotosintesis berkaitan dengan penambahan CO<sub>2</sub> dan energi matahari. Hasil fotosintesis bersih pada tumbuhan meningkat dengan peningkatan intensitas cahaya, namun karena adanya faktor pembatas maka pada suatu saat dapat terjadi peningkatan fotosintesis yang tidak diikuti oleh penambahan CO<sub>2</sub> bersih. Hal tersebut diakibatkan karena proses penambahan CO<sub>2</sub> dalam proses fotosintesis nilainya lebih kecil dibandingkan lepasnya CO<sub>2</sub> yang diakibatkan proses respirasi (Utomo, 2007). Hasil fotosintesis akan semakin besar dengan peningkatan kandungan CO<sub>2</sub>, nantinya peningkatan tersebut akan menyebabkan proses fotosintesis mencapai titik maksimum dimana peningkatan CO<sub>2</sub> tidak diikuti peningkatan hasil fotosintesis (Lambers *et al.*, 2008).

Tanaman kopi yang merupakan tanaman C<sub>3</sub> membutuhkan tanaman penaung supaya kandungan CO<sub>2</sub> yang telah ditambat tidak hilang. Tanaman C<sub>3</sub> dapat kehilangan 20% Carbon karena fotorespirasi akibat pengaruh radiasi dan temperatur (Sanger, 1998). Fotorespirasi adalah respirasi pada tumbuhan yang terjadi karena penerimaan cahaya oleh daun. Fotorespirasi menyebabkan hilangnya CO<sub>2</sub> dari jaringan fotosintetik dan merupakan sumber utama pengeluaran CO<sub>2</sub> oleh tanaman C<sub>3</sub> dalam cahaya (Gardner *et al.*, 1991). Oleh karena itu untuk dapat berproduksi secara optimal tanaman C<sub>3</sub> memerlukan kondisi cahaya tidak penuh yang dapat diperoleh dengan penggunaan tanaman penaung (Sanger, 1998; Yulianti *et al.*, 2007).

Hasil fotosintesis pada tanaman juga dipengaruhi oleh suhu. Tinggi rendahnya suhu menjadi salah satu faktor yang menentukan pertumbuhan, perkembangan, reproduksi dan juga kelangsungan hidup tanaman. Suhu yang baik bagi tumbuhan yaitu antara 22 – 37°C. Temperatur yang lebih atau kurang dari batas normal dapat mengakibatkan pertumbuhan yang lambat atau berhenti (Godam, 2008). Suhu berpengaruh terhadap beberapa proses fisiologis yaitu perilaku membuka dan menutupnya stomata, laju transpirasi, laju penyerapan air dan nutrisi, fotosintesis dan respirasi (Imran, 2009). Suhu juga memengaruhi

aktifitas enzim pada tanaman yang berguna untuk mengkatalis reaksi fotosintesis agar berlangsung dengan efektif dan efisien (Rakhmadina, 2010). Peningkatan suhu disekitar tanaman memberi dampak terhadap konsentrasi O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> pada permukaan daun (Shances *et al.*, 2005). Suhu yang tinggi disertai dengan intensitas cahaya yang berlebihan mengakibatkan O<sub>2</sub> terlepas dari H<sub>2</sub>O sehingga O<sub>2</sub> lebih banyak dipermukaan daun dan dalam mesofil daun daripada CO<sub>2</sub> dan akan menyebabkan terjadinya fotorespirasi (Prawoto, 2007).

Tinggi rendahnya suhu disekitar tanaman dipengaruhi oleh radiasi cahaya, kerapatan tanaman, distribusi cahaya dalam tajuk tanaman dan kandungan lengas tanah. Suhu optimum rata – rata tahunan untuk kopi robusta yaitu sebesar 21-24°C (Shances *et al.*, 2005; Yahmadi, 2007).

Karakter fisiologis tanaman juga dipengaruhi oleh kelembaban. Kelembaban yang tinggi mengindikasikan tingginya kadar uap air diudara. Kadar air dalam udara dapat mempengaruhi pertumbuhan serta perkembangan tumbuhan. Tempat yang lembab menguntungkan bagi tumbuhan di mana tumbuhan dapat mendapatkan air lebih mudah serta berkurangnya penguapan yang akan berdampak pada pembentukan sel yang lebih cepat (Godam, 2008). Suhu dan kelembaban sangat erat kaitannya, kenaikan suhu dapat menyebabkan udara membawa lebih banyak kelembaban sehingga terjadi peningkatan transpirasi serta mempengaruhi pembukaan stomata (Salisbury and Ross, 1995).

Penelitian mengenai pengaruh faktor lingkungan terhadap sifat fisiologi pada tanaman kopi robusta telah di teliti oleh beberapa peneliti. Hasil penelitian Dwiyono (2011) pada tahun 2010 menunjukkan bahwa terjadi perbedaan hasil fotosintesis pada pertanaman kopi dengan dua jenis penaung berbeda yaitu sengon dan lamtoro. Kondisi iklim mikro pada kedua penaung tersebut berbeda pada intensitas cahaya yang diterima tanaman kopi, sedangkan kisaran suhu dan kelembaban memiliki nilai yang relatif sama. Selain itu hasil penelitian yang dilakukan Carelli *et al.*, (1999) menunjukkan adanya perbedaan karakter fisiologis yang disebabkan perbedaan perlakuan intensitas cahaya sebesar 50%, 80% dan 100% pada tanaman kopi robusta.

#### **2.4.2 Faktor Tanaman yang Berpengaruh Terhadap Fotosintesis**

Proses fotosintesis sangat dipengaruhi oleh kandungan klorofil yang terdapat pada daun. Klorofil merupakan aparatus yang terdapat dalam kloroplas dan berfungsi menangkap cahaya matahari yang akan digunakan dalam fotosintesis (Hopkins, 1995). Klorofil terdapat sebagai butir – butir hijau didalam kloroplas. Klorofil bersifat *fluoresen*, artinya dapat menerima dan mengembalikannya dalam gelombang yang berlainan. Pada tanaman terdapat 2 macam klorofil yaitu klorofil a dan klorofil b. Klorofil a tampak hijau-tua tetapi bila direfleksikan menjadi merah-darah, sedangkan klorofil b tampak hijau-muda tetapi bila direfleksikan menjadi merah-coklat (Dwidjoseputro, 1980).

Klorofil merupakan pigmen untuk menangkap cahaya yang digunakan dalam proses fotosintesis, sehingga semakin banyak jumlah molekul klorofil yang terdapat pada daun maka dapat meningkatkan aktivitas fotosintesis yang terjadi pada tanaman (Soedrajad dan Janindra, 2010). Fungsi klorofil dalam proses fotosintesis yaitu merubah energi cahaya menjadi energi kimia yaitu ATP (*Adenosin Triphosphate*) dan NADPH (*Nikotinamid Adenin Dinukleotida Phosphate + H*) yang terjadi dalam reaksi terang. Selanjutnya energi kimia digunakan dalam reaksi gelap untuk mereduksi CO<sub>2</sub> menjadi karbohidrat dan O<sub>2</sub> (Salisbury and Ross, 1995).

Proses fotosintesis juga dipengaruhi oleh kandungan Nitrogen pada daun. Hal ini disebabkan karena nitrogen merupakan bahan pembentuk klorofil yang berfungsi menangkap cahaya untuk berlangsungnya fotosintesis (Dwidjoseputro, 1980; Hopkins, 1995). Nitrogen juga merupakan komponen enzim ribulose bis-fosfat (RuBP) karboksilase yang bekerja dalam mereduksi CO<sub>2</sub> menjadi karbohidrat yang terjadi pada reaksi gelap (Salisbury and Ross, 1995).

Proses fotosintesis membutuhkan CO<sub>2</sub>, sehingga pertukaran gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> serta gas lainnya sangat penting (Gardner *et al.*, 1991). Pertukaran gas yang terjadi pada daun sangat dipengaruhi oleh terbuka dan menutupnya stomata. Oleh karena itu daya hantar stomata sangat berpengaruh terhadap hasil fotosintesis.

Daya hantar stomata adalah kemampuan stomata dalam melakukan pertukaran gas di daun. Tinggi rendahnya nilai daya hantar stomata dapat menjadi faktor pembatas proses fotosintesis karena berhubungan dengan penyerapan CO<sub>2</sub> yang terjadi di daun pada siang hari (Da Matta *et al.*, 2007).

Stomata memiliki peran yang penting bagi pertukaran gas CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Stomata merupakan bagian pori tanaman yang digunakan untuk pertukaran gas antara udara didalam tanaman dengan udara yang terdapat pada lingkungan (Hopkins, 1995). Maka jumlah stomata yang terdapat pada daun berpengaruh terhadap hasil fotosintesis. Semakin banyak jumlah stomata yang terdapat pada daun memungkinkan terjadinya pertukaran gas lebih besar. Kerapatan stomata dalam satuan luas menunjukkan berapa jumlah stomata pada daun. Kerapatan stomata dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan intensitas cahaya (Iriawati, 2009). Nilai Kerapatan stomata pada daun karena pengaruh intensitas cahaya berkaitan dengan modifikasi anatomi daun. Perbedaan intensitas cahaya yang diterima daun akan mengakibatkan perbedaan karakter daun (Morais *et al.*, 2004; Pompelli *et al.*, 2010).

Daun merupakan organ utama fotosintesis pada tumbuhan tingkat tinggi (Gardner *et al.*, 1991). Ukuran luas daun memiliki keterkaitan dengan reaksi fotosintesis. Hasil fotosintesis dan produksi per satuan tanaman ditentukan oleh luas daun. Luas permukaan daun yang lebih luas memungkinkan meningkatkan cahaya yang dapat ditangkap oleh klorofil lebih banyak sehingga meningkatkan reaksi fotosintesis yang terjadi lebih besar dan memberikan peningkatan terhadap produksi (Gardner *et al.*, 1991; Lestari, 2005; Morais *et al.*, 2004; Pompelli *et al.*, 2010).

Penelitian mengenai pengaruh faktor tanaman terhadap sifat fisiologi pada tanaman kopi robusta telah diteliti oleh beberapa peneliti. Hasil penelitian Dwiyono, (2011) pada tahun 2010 menunjukkan bahwa hasil fotosintesis, total klorofil, kandungan nitrogen daun, daya hantar stomata pada pertanaman kopi dibawah naungan sengon lebih tinggi daripada dibawah naungan lamtoro. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa tanaman sengon

memberikan kondisi yang optimum untuk fotosintesis kopi robusta sehingga diharapkan tanaman kopi dibawah penaung sengon memiliki pertumbuhan dan produksi yang lebih baik.

## **2.5 Hipotesis**

Hipotesis dari penelitian ini berdasarkan latar belakang, permasalahan, tujuan dan teori yaitu :

1. Kedua klon kopi robusta BP 358 dan BP 409 dibawah penaung tanaman sengon memiliki hasil fotosintesis yang lebih tinggi daripada dibawah penaung tanaman lamtoro.
2. Hasil fotosintesis dipengaruhi oleh kandungan klorofil, kandungan N daun, daya hantar stomata, kerapatan stomata pada daun, luas daun, intensitas cahaya, suhu dan kelembaban.
3. Hasil fotosintesis yang tinggi akan diikuti dengan peningkatan produktifitas tanaman kopi robusta.
4. Produksi klon kopi robusta BP 409 dibawah penaung sengon dan lamtoro lebih tinggi daripada produksi klon kopi robusta BP 358 dibawah penaung yang sama.

## **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan di kebun kopi rakyat didesa Sidomulyo, kecamatan Silo, kabupaten Jember. Lokasi penelitian berada pada ketinggian 560m dpl. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Mei 2011 hingga Juni 2011. Penentuan daerah penelitian ditetapkan dengan pertimbangan bahwa desa Sidomulyo merupakan desa penghasil kopi rakyat di kabupaten Jember.

### **3.2 Bahan dan Alat Percobaan**

Bahan penelitian ini menggunakan tanaman klon kopi robusta BP 358 dan BP 409 berumur 12 tahun dengan jarak tanam 2 x 3 meter pada dua jenis naungan, yaitu lamtoro berumur 13 tahun dan sengon berumur 3 tahun dengan jarak tanam 6 x 6 meter. Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

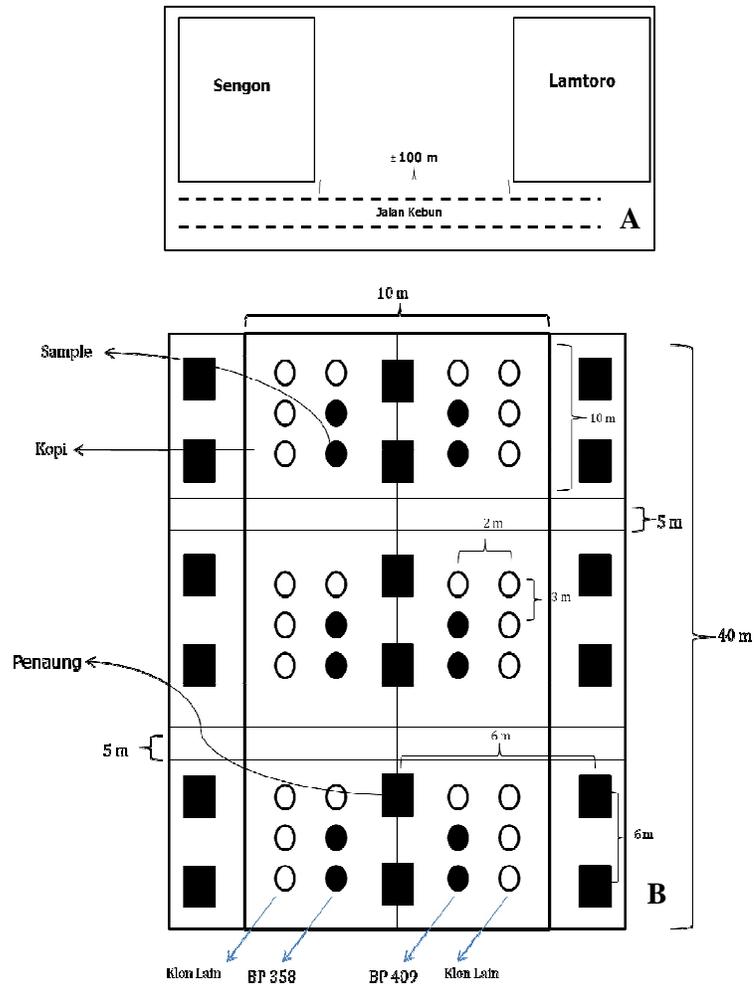
1. *Photosynthesis Yield Analyzer* (MINI-PAM) WALZ untuk mengukur hasil fotosintesis
2. *Chlorophyllmeter* (2009P SPAD-502) KONICA MINOLTA untuk mengukur index klorofil daun.
3. Termometer bola basah - bola kering untuk mengukur suhu dan kelembaban relatif.
4. *Lux Meter* (LX-1010B) untuk mengetahui intensitas cahaya.
5. *Leaf Porometer* (SC-1) DECAGON untuk mengukur daya hantar stomata.
6. *Mikroskop* (H-600) HUND WETZLAR untuk menghitung jumlah stomata pada daun.
7. *Planimeter* (KP90N) PLACOM untuk mengukur luas daun.

### **3.3 Metode Percobaan**

Percobaan dilakukan melalui observasi beberapa sampel tanaman kopi dengan membedakan klon kopi dan jenis tanaman penaung. Pengambilan data menggunakan metode Kuadran untuk menentukan sampel dilahan kopi.

Cara penentuan sampel dengan metode kuadran adalah sebagai berikut :

- 1) Menarik garis lurus sesuai dengan kontur lereng, dengan panjang 40 m dan lebar 10 m sebagai plot penelitian pada setiap lahan kopi dengan masing – masing tanaman penaung (Hairiah *et al.*, 2001)
- 2) Menentukan 3 titik dalam plot dengan ukuran 10 m x 10 m, sebagai sub plot.
- 3) Menentukan 2 tanaman kopi klon BP 358 dan 2 tanaman kopi klon BP 409 disetiap sub plot sebagai sampel tanaman yang diamati. Tanaman dipilih yang tumbuh normal dengan tajuk mengarah ke empat arah mata angin (Hairiah dan Subekti, 2007)



Gambar 3.1 A: Denah plot penelitian dengan metode kuadran.  
 B: Denah sub plot penelitian.

Data hasil observasi di analisis statistik dengan membandingkan *standart error* rata - rata pada masing-masing nilai rata - rata setiap parameter (Clewer dan Scarisbrick, 2006).

$$S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

S / Sd = Kuadran tengah galat dalam perlakuan

X<sub>i</sub> = Nilai pengamatan ke-i

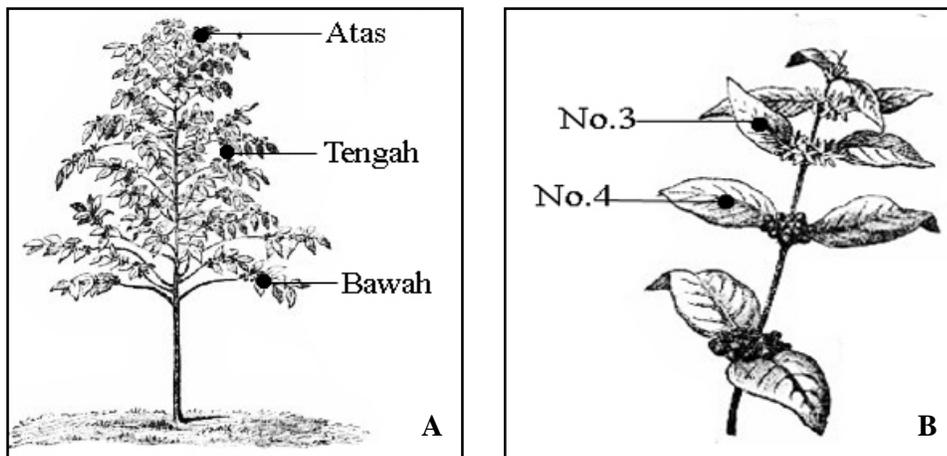
X = Nilai pengamatan perlakuan

n = Jumlah ulangan

Se (*standart error*) =  $\frac{Sd}{\sqrt{n}}$  (Zar, 1999).

### 3.4 Metode Pengumpulan Data

Pengambilan data laju fotosintesis dan semua parameter tanaman pada klon kopi robusta BP 358 dan BP 409 dengan penaung yang berbeda dilakukan secara langsung disetiap tanaman ulangan. Tanaman kopi yang diamati sebanyak 24 tanaman yang dibagi kedalam 3 sub plot pada masing – masing perlakuan tanaman. Pengambilan data dari semua parameter dilakukan sebanyak tiga kali setiap tiga hari dan dilakukan pada pukul 08.00 hingga 12.00.



Gambar 3.2 A: Posisi pengambilan sampel pada tanaman kopi.  
 B: Posisi daun yang diamati pada cabang kopi merupakan daun nomer 3 atau 4 dari bagian pucuk.

Cara pengambilan sampel daun ditunjukkan pada gambar 3.2. Sampel daun diambil disetiap arah utara, timur, selatan dan barat yang terdapat pada bagian atas, tengah dan bawah. Daun yang digunakan sebagai sampel adalah daun yang sudah berkembang penuh yaitu daun nomor 3 atau 4 dari ujung ranting yang daunnya sudah berukuran 5 cm.

### **3.5 Parameter Pengamatan**

Pada penelitian ini digunakan parameter utama dan pendukung. Parameter yang diamati diharapkan dapat menunjukkan pengaruh faktor lingkungan dan tanaman terhadap fotosintesis dua klon kopi robusta pada jenis penaung yang berbeda.

#### **3.5.1 Parameter Utama**

Parameter utama yang diamati dalam penelitian ini antara lain hasil fotosintesis, kandungan klorofil daun, kandungan nitrogen daun, konduktivitas stomata, kerapatan stomata daun dan luas daun.

##### **1. Hasil fotosintesis**

Pengukuran hasil fotosintesis menggunakan alat *Photosynthesis Yield Analyzer (MINI-PAM)*. Mekanisme untuk memperoleh data adalah sebagai berikut ;

1. Pengukuran hasil fotosintesis dengan MINI-PAM dilakukan dengan meletakkan alat deteksi yang memancarkan cahaya pada bagian atas daun tanaman kopi. Setelah posisi alat deteksi ditentukan lalu ditekan tombol start, maka cahaya pada pendeteksi akan memancarkan cahaya pada daun yang nantinya pantulan cahaya tersebut akan terdeteksi dan hasil hasil fotosintesis akan muncul pada layar MINI-PAM.
2. Nilai hasil fotosintesis dinyatakan dalam satuan  $F_v/F_m$ . Nilai  $F_v/F_m$  merupakan nilai *flouresence* yang menunjukkan efisiensi fotokimia maksimum pada *Photosystem II* (Lamontagne *et al.*, 2000) atau konversi energi fotokimia maksimum (Heinz Walz GmbH, 1999). Nilai  $F_v$  merupakan

selisih antara nilai *flouresence* maksimum dengan nilai *flouresence* minimum daun. Dengan begitu  $\frac{Fv}{Fm} = \frac{Fm-F_0}{Fm}$  (Optisci, 2011).

Metode pengambilan data yang dilakukan untuk mengetahui hasil fotosintesis dengan menggunakan *Photosynthesis Yield Analyzer* (MINI-PAM) pada penelitian ini merupakan perbaikan metode dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dwiyono (2011) mengenai “Studi Sifat Fisiologis Tanaman Kopi Robusta Berbeda Tanaman Penaung di Lereng Gunung Gending Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Jember” pada tahun 2010 yang hanya menggunakan bagian atas tanaman kopi sehingga data hasil fotosintesis dinilai kurang tepat karena tidak dilakukan pada bagian atas, tengah dan bawah tanaman yang mewakili keseluruhan bagian tanaman kopi.

## 2. Kandungan klorofil daun

Pengukuran kandungan klorofil daun menggunakan alat *Chlorophyllmeter* SPAD-502. Mekanisme untuk memperoleh data adalah sebagai berikut ;

1. Pengukuran klorofil dengan menggunakan *Chlorophyllmeter* dilakukan dengan meletakkan daun diantara alat pendeteksi. Lalu alat pendeteksi tersebut ditekan dan pada layar *Chlorophyllmeter* akan muncul hasil pembacaan alat. Hasil pembacaan *Chlorophyllmeter* merupakan pengukuran terhadap warna hijau daun.
2. Data setiap ulangan pengambilan dirata-rata kemudian dihitung untuk mencari kandungan klorofil a, b dan total klorofil.
3. Persamaan untuk menghitung kandungan klorofil a, b dan total klorofil mengacu pada penelitian ekstraksi klorofil yang dilakukan oleh Netto *et al.*, (2005).

Persamaan untuk menghitung klorofil a yaitu;

$$Y = 15,5866 + 1,0338X + 0,0679X^2$$

Persamaan untuk menghitung klorofil b yaitu;

$$Y = 30,1471 - 0,4592X + 0,0270X^2$$

Persamaan untuk menghitung total klorofil yaitu;

$$Y = 44,5885 + 0,7188X + 0,0933X^2$$

Y merupakan hasil perhitungan klorofil dan X merupakan hasil pembacaan SPAD-502.

6. Nilai klorofil a, b dan total klorofil dinyatakan dalam satuan  $\mu\text{mol.m}^{-2}$ .

### 3. Kandungan Nitrogen daun

Pengukuran kandungan nitrogen daun menggunakan alat *Chlorophyllmeter* SPAD-502. Mekanisme untuk memperoleh data adalah sebagai berikut ;

1. Pengukuran kandungan Nitrogen daun dengan menggunakan *Chlorophyllmeter* dilakukan dengan meletakkan daun diantara alat pendeteksi, lalu akan muncul hasil pembacaan alat.
2. Data setiap ulangan pengambilan dirata-rata kemudian dihitung untuk mencari kandungan Nitrogen daun.
3. Persamaan untuk menghitung kandungan nitrogen daun mengacu pada penelitian ekstraksi klorofil yang dilakukan oleh Netto *et al.*, (2005).

Persamaan untuk kandungan nitrogen daun yaitu;

$$Y = 0,6716+0,0194X$$

Y merupakan hasil perhitungan kandungan Nitrogen daun dan X merupakan hasil pembacaan SPAD-502.

6. Nilai kandungan N total daun dinyatakan dalam satuan  $\text{g.m}^{-2}$ .

### 4. Konduktivitas stomata

Pengukuran konduktivitas stomata dilakukan dengan menggunakan *Leaf Porometer* SC-1. Mekanisme untuk memperoleh data adalah sebagai berikut ;

1. Pengukuran daya hantar stomata dengan *Leaf Porometer* dilakukan dengan menjepitkan daun pada posisi yang telah ditentukan dengan alat pendeteksi. Lalu ditekan tombol start dan alat akan membaca daya hantar pada daun yang selanjutnya hasilnya akan muncul pada layar *Leaf Porometer*.

2. Nilai konduktivitas stomata/daya hantar stomata dinyatakan dalam satuan  $\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{detik}^{-1}$ .

### 5. Kerapatan stomata daun

Pengukuran kerapatan stomata daun dilakukan dengan menggunakan *Mikroskop*. Mekanisme untuk memperoleh data adalah sebagai berikut ;

1. Daun terpilih diberi cat kuku transparan pada bagian bawah daun.
2. Cat kuku yang tercetak stomata daun bagian bawah tersebut diamati dengan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 1000x (100x10).
3. Luas bidang pandang mikroskop diukur dengan menggunakan *mikrometer obyektif* skala 0,01 mm dan diketahui diameternya adalah 0,18 mm.
4. Nilai diameter tersebut dihitung dengan menggunakan rumus luas lingkaran ( $L = \pi.r^2$ ), dengan begitu diketahui luas bidang pandang mikroskop sebesar  $0,027621 \text{ mm}^2$ .
5. Kerapatan stomata dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut ;  
Kerapatan Stomata = 
$$\frac{\text{Jumlah stomata hasil pengamatan mikroskop}}{0,027621 \text{ mm}^2}$$
6. Nilai kerapatan stomata daun dinyatakan dalam satuan  $\sum \text{stomata.mm}^{-2}$ .

### 6. Luas daun

Pengukuran luas daun dilakukan dengan menggunakan *Planimeter* KP90N. Mekanisme untuk memperoleh data adalah sebagai berikut ;

1. Daun terpilih diletakkan dibawah kaca transparan.
2. Meletakkan ujung alat pengukur pada bagian tepi daun yang telah diletakkan dibawah kaca transparan. Penggunaan *Planimeter* mengikuti arah jarum jam, titik awal pengukuran menjadi titik akhir dimana ujung alat pengukur berada. Hasil pembacaan luas daun nantinya akan muncul pada layar *Planimeter*.
3. Nilai luas daun dinyatakan dalam satuan  $\text{cm}^2$ .

### 3.6.2 Parameter Pendukung

Parameter pendukung yang diamati antara lain intensitas cahaya, suhu, kelembaban dan taksasi produksi buah.

#### 1. Pengukuran intensitas cahaya

Pengukuran intensitas cahaya dilakukan dengan menggunakan *Lux Meter* LX-1010B. Mekanisme untuk memperoleh data adalah sebagai berikut ;

1. Dilakukan dengan 3 perlakuan yaitu ;
  - tanpa naungan sebagai control, diambil pada daerah sekitar tanaman kopi yang tidak terdapat penaung
  - dibawah naungan sengon (diatas tajuk tanaman kopi)
  - dibawah naungan lamtoro (diatas tajuk tanaman kopi)
2. Pengukuran intensitas cahaya dengan *Lux Meter* dilakukan dengan meletakkan alat pendeteksi menghadap keatas sesuai dengan posisi yang dikehendaki. Lalu nilai intensitas cahaya yang tertangkap oleh alat pendeteksi akan muncul pada layar *Lux Meter* dengan satuan *lux*.
3. Data yang digunakan adalah nilai aktual dan presentase intensitas cahaya.
4. Nilai Persentase intensitas cahaya (%) pada masing – masing plot dihitung dengan rumus :  $A/B \times 100\%$   
A = intensitas cahaya diatas tajuk tanaman kopi (*lux*)  
B = intensitas cahaya control (*lux*)  
Jadi persentase intensitas cahaya (%) yang didapat merupakan presntase cahaya yang diterima tajuk tanaman kopi.

#### 2. Suhu dan Kelembaban Relatif

Pengukuran suhu dan kelembaban relatif dilakukan dengan menggunakan thermometer bola basah dan bola kering. Mekanisme untuk memperoleh data adalah sebagai berikut ;

1. Termomter diletakkan pada pohon penaung dimasing – masing plot yang telah dibuat.

2. Data suhu diambil pada jam 06.00, 11.00, 15.00 dan 19.00 WIB yang dilakukan selama 7 hari.
3. Termometer yang digunakan akan menunjukkan suhu harian yang ada dilapangan.
4. Kelembaban didapat dengan mencocokkan nilai termometer bola basah dan bola kering dengan alat pengukur kelembaban.
5. Nilai suhu dan kelembaban relatif dinyatakan dalam satuan °C dan % (persen).

### 3. Taksasi produksi buah

Nilai produksi tanaman dapat diketahui dengan melakukan taksasi produksi buah pada klon kopi robusta. Mekanisme untuk memperoleh data adalah sebagai berikut ;

1. Pengukuran dilakukan dengan menghitung cabang produksi, rata – rata dompolan buah dan buah gelondong pada setiap klon kopi BP 358 dan BP 409 di setiap seluruh sampel tanaman.
2. Cabang produksi pada tanaman sampel terpilih dihitung menyeluruh. Penghitungan dilakukan berdasarkan cabang primer, skunder dan tersier.
3. Dompok buah dihitung berdasarkan cabang terpilih pada setiap arah utara, timur, selatan dan barat yang kemudian dirata-rata.
4. Buah gelondong dihitung pada dompolan yang dihitung sebelumnya lalu dirata – rata.
5. Data yang didapat nantinya digunakan untuk memperkirakan produksi klon kopi robusta klon BP 358 dan BP 409 pertahun perhektar.
6. Nilai taksasi produksi dinyatakan dalam satuan kg/ha.
7. Cara penghitungan taksasi produksi adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah pohon/ha} \times \frac{\text{Rata-rata gelondong/pohon} \times \text{Rendemen}}{\text{Gelondong/Kg}}$$

Catatan : gelondong/kg dan rendemen diambil dari realisasi rata – rata produksi 5 – 10 tahun terakhir. Gelondong/kg = 750, Rendemen = 20% (PTPN XII, 1997).

### **3.6 Pengolahan dan Interpretasi Data**

Pengolahan dan penyajian data hasil pengamatan menggunakan software “Microsoft Excel 2007”. Data perbandingan SEM (*Standart error of the mean*) dari masing – masing perlakuan dan hubungan antara hasil fotosintesis dengan parameter lainnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Iklim Mikro Selama Masa Penelitian

Pengamatan iklim mikro yang dilakukan pada petak penelitian tanaman kopi robusta dengan penaung berbeda meliputi suhu, kelembaban relatif dan intensitas cahaya. Kondisi iklim mikro selama waktu percobaan disajikan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kondisi iklim mikro (kelembaban, suhu dan intensitas cahaya) pada pertanaman kopi robusta dengan penaung lamtoro dan sengon.

Naungan	Kelembaban Relatif (%)	Suhu ( $^{\circ}$ C)	Intensitas Cahaya (%)
Lamtoro	83.75 a	24.00 ab	79.55 a
Sengon	81.96 ab	24.68 a	52.25 b

Berdasarkan pengamatan selama berlangsungnya percobaan, diketahui iklim mikro dengan penaung lamtoro memiliki nilai kelembaban relatif 83,75%, suhu  $24^{\circ}$ C dan intensitas cahaya 79,55 persen. Sedangkan iklim mikro dengan penaung sengon memiliki nilai kelembaban relatif 81,96%, suhu  $24,68^{\circ}$ C dan intensitas cahaya 52,25 persen. Hasil tersebut menunjukkan suhu dan kelembaban pada penaung tidak berbeda nyata, sedangkan nilai intensitas cahaya yang sampai pada tanaman kopi berbeda nyata.

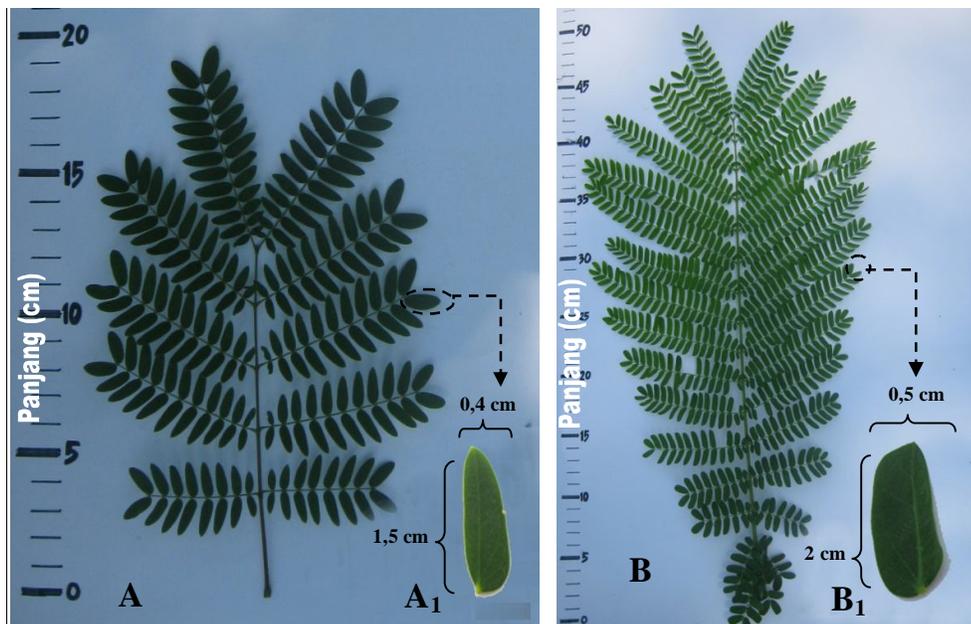


Gambar 4.1 Perbedaan kondisi kebun pada areal penelitian. A (kopi dengan penaung lamtoro) dan B (kopi dengan penaung sengon).

Suhu harian lokasi pertanaman kopi merupakan suhu yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi yaitu sebesar  $20 - 25^{\circ}$ C

(Shanches *et al.*, 2005). Kelembaban pada dua plot percobaan juga tidak menunjukkan perbedaan. Hal ini menunjukkan perbedaan karakter fisiologis dua klon kopi robusta berbeda penangung pada areal percobaan lebih dipengaruhi oleh perbedaan intensitas cahaya.

Perbedaan intensitas cahaya akan berpengaruh terhadap hasil fotosintesis yang terjadi pada dua klon kopi robusta (Kumar and Tieszen, 1980). Perbedaan intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman kopi robusta dikarenakan perbedaan penangung yang digunakan. Penangung sengon dan lamtoro memiliki perbedaan dalam bentuk dan ukuran daun serta tajuknya sehingga menyebabkan intensitas cahaya yang diloloskan hingga sampai pada tanaman kopi robusta berbeda. Perbedaan dari penangung sengon dan lamtoro ditunjukkan pada gambar 4.1 dan 4.2.



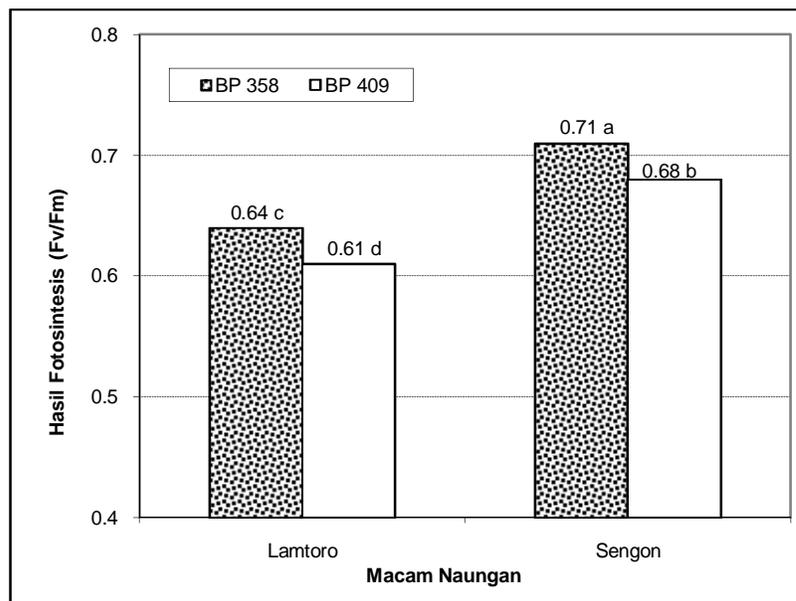
Gambar 4.2 Perbedaan morfologis daun tanaman penangung A (daun majemuk lamtoro), A<sub>1</sub> (panjang dan lebar lamina daun lamtoro), B (daun majemuk sengon) dan B<sub>1</sub> (panjang dan lebar lamina daun sengon).

## 4.2 Karakter Fisiologis dan Agronomis Kopi Robusta Yang Diteliti

Karakter fisiologis dan agronomis yang diamati dalam penelitian ini antara lain hasil fotosintesis, kandungan klorofil daun, kandungan nitrogen daun, konduktivitas stomata, kerapatan stomata daun dan luas daun.

### 4.2.1 Hasil fotosintesis

Pengamatan hasil fotosintesis yang dilakukan pada jam 08.00 – 12.00 dengan kisaran suhu antara 23,57 – 26,71 °C untuk penaung lamtoro dan 23,14 - 27,54 °C untuk penaung sengon pada tanaman sampel selama percobaan disajikan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hasil fotosintesis dua klon kopi robusta pada penaung lamtoro dan sengon.

Berdasarkan pengamatan selama berlangsungnya percobaan, diketahui nilai hasil fotosintesis (Fv/Fm) kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro sebesar 0,64 dan 0,61. Sedangkan hasil fotosintesis (Fv/Fm) kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung sengon sebesar 0,71 dan 0,68. Hasil tersebut menunjukkan hasil fotosintesis dari setiap perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan yang lain. Klon kopi robusta BP 358 pada kedua penaung memiliki

hasil fotosintesis yang lebih tinggi dibandingkan klon BP 409. Hasil fotosintesis kedua klon dengan penaung sengon memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan penaung lamtoro.

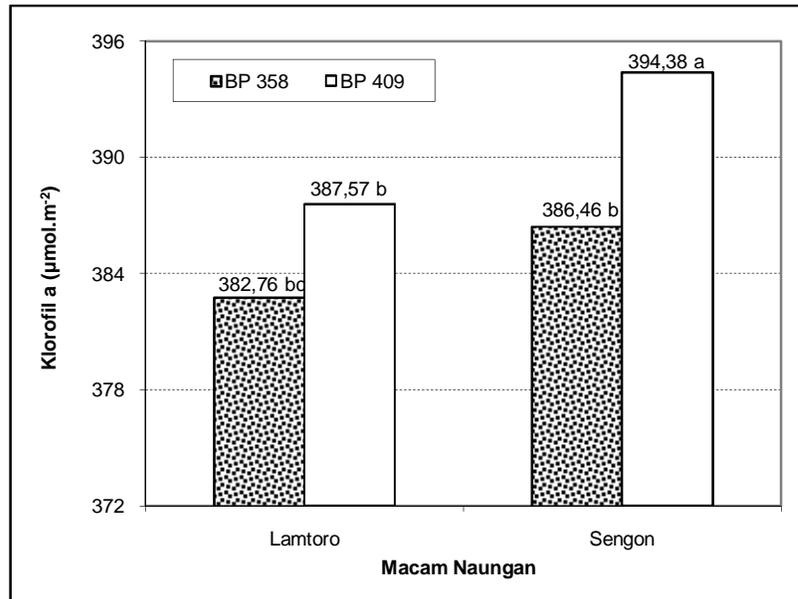
Tanaman kopi robusta akan melakukan fotosintesis dengan baik apabila cahaya matahari yang diterima tidak lebih dari 60 persen (Prawoto, 2007). Intensitas cahaya yang terlalu tinggi atau rendah akan menyebabkan fotosintesis tidak optimal. Perbedaan intensitas cahaya yang diterima tanaman kopi karena adanya tanaman penaung berpengaruh terhadap hasil fotosintesis (Kumar and Tieszen, 1980). Intensitas cahaya tanaman kopi dengan penaung lamtoro selama berlangsungnya percobaan melebihi intensitas cahaya optimum untuk berlangsungnya fotosintesis tanaman kopi, sedangkan pada penaung sengon mendekati nilai intensitas cahaya optimum. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat menyebabkan fotorespirasi lebih besar dibandingkan hasil fotosintesis karena tanaman kopi merupakan tanaman  $C_3$  (Gardner *et al.*, 1991).

Penelitian mengenai keterkaitan antara intensitas cahaya dengan hasil fotosintesis telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Hasil penelitian Pompelli *et al.*, (2010) menunjukkan adanya perbedaan hasil fotosintesis ( $F_v/F_m$ ) antara tanaman kopi yang mendapatkan intensitas optimum dengan tanaman kopi yang mendapatkan intensitas cahaya tinggi. Penelitian tersebut menunjukkan tanaman kopi dengan intensitas cahaya optimum memiliki nilai hasil fotosintesis ( $F_v/F_m$ ) yang lebih besar daripada tanaman kopi dengan intensitas cahaya tinggi. Hal tersebut menunjukkan intensitas cahaya yang diterima tanaman kopi sangat mempengaruhi hasil fotosintesis tanaman.

#### **4.2.2 Kandungan Klorofil Daun**

Fotosintesis pada tanaman kopi robusta sangat dipengaruhi oleh kandungan klorofil yang terdapat pada daun. Klorofil berfungsi sebagai penangkap cahaya yang sangat dibutuhkan untuk berlangsungnya fotosintesis. Kandungan klorofil yang tinggi merupakan indikator hasil fotosintesis yang tinggi. Terdapat 2 macam klorofil pada tanaman yaitu klorofil a dan klorofil b (Dwidjoseputro, 1980).

Pengamatan kandungan klorofil yang dilakukan pada tanaman sampel selama percobaan disajikan pada gambar 4.4, 4.5 dan 4.6.



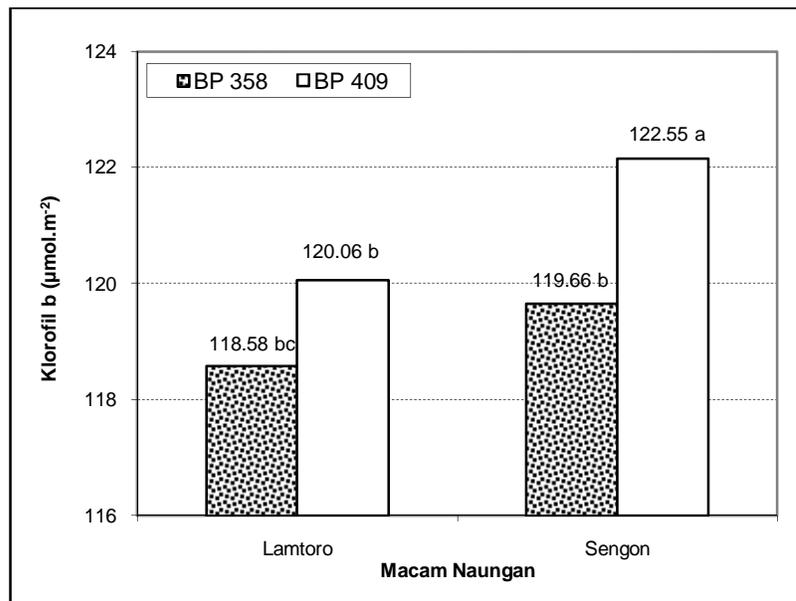
Gambar 4.4 Kandungan klorofil a dua klon kopi robusta pada penaung lamtoro dan sengon.

Berdasarkan pengamatan selama berlangsungnya percobaan, diketahui kandungan klorofil a kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro sebesar  $382,76 \mu\text{mol.m}^{-2}$  dan  $387,57 \mu\text{mol.m}^{-2}$ . Sedangkan kandungan klorofil a kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung sengon sebesar  $386,46 \mu\text{mol.m}^{-2}$  dan  $394,38 \mu\text{mol.m}^{-2}$ .

Hasil tersebut menunjukkan kandungan klorofil a kopi klon BP 409 dengan penaung sengon berbeda nyata dengan kopi klon BP 358 dengan penaung sengon, kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro. sedangkan kopi klon BP 358 dengan penaung sengon, kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro tidak berbeda nyata. Kopi robusta klon BP 409 memiliki kandungan klorofil a yang lebih tinggi dibandingkan kopi klon BP 358. Kandungan klorofil a kedua klon memiliki nilai yang lebih tinggi dengan penaung sengon dibandingkan

dengan penaung lamtoro. Kopi robusta klon BP 409 dengan penaung sengon memiliki kandungan klorofil a yang paling tinggi dari seluruh perlakuan.

Klorofil a pada daun tampak berwarna hijau-tua. Klorofil a memiliki rumus kimia  $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ , dengan gugus pengikat  $CH_3$  (Dwidjoseputro, 1980). Klorofil a menyerap cahaya biru-violet dan merah dengan absorpsi maksimum terhadap cahaya dengan panjang gelombang 673 nm (Gardner *et al.*, 1991).



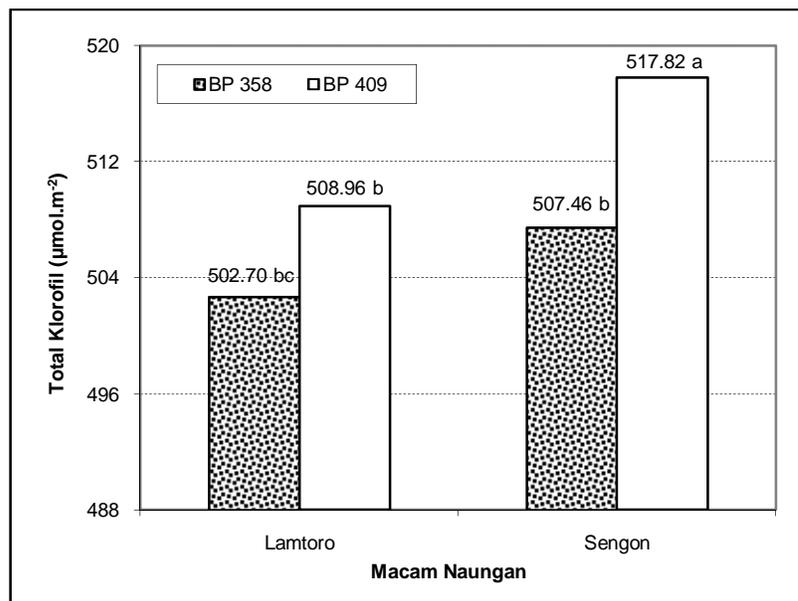
Gambar 4.5 Kandungan klorofil b dua klon kopi robusta pada penaung lamtoro dan sengon.

Berdasarkan pengamatan selama berlangsungnya percobaan, diketahui kandungan klorofil b kopi klon BP 358 dan klon BP 409 dengan penaung lamtoro sebesar  $118,58 \mu\text{mol.m}^{-2}$  dan  $120,06 \mu\text{mol.m}^{-2}$ . Sedangkan kandungan klorofil b kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung sengon sebesar  $119,66 \mu\text{mol.m}^{-2}$  dan  $122,15 \mu\text{mol.m}^{-2}$ .

Hasil tersebut menunjukkan kandungan klorofil b kopi klon BP 409 dengan penaung sengon berbeda nyata dengan kopi klon BP 358 dengan penaung sengon, kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro. sedangkan kopi klon BP 358 dengan penaung sengon, kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung

lamtoro tidak berbeda nyata. Kopi robusta klon BP 409 memiliki kandungan klorofil b yang lebih tinggi dibandingkan klon BP 358. Kandungan klorofil b kedua klon memiliki nilai yang lebih tinggi dengan penaung sengon dibandingkan dengan penaung lamtoro. Kopi robusta klon BP 409 dengan penaung sengon memiliki kandungan klorofil b yang paling tinggi dari seluruh perlakuan.

Klorofil b pada daun tampak berwarna hijau-muda. Klorofil b memiliki rumus kimia  $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ , dengan gugus pengikat CH (Dwidjoseputro, 1980). Klorofil b menyerap cahaya biru dan orange dengan absorpsi maksimum terhadap cahaya dengan panjang gelombang 455-640 nm (Gardner *et al.*, 1991).



Gambar 4.6. Kandungan total klorofil dua klon kopi robusta klon pada penaung lamtoro dan sengon.

Berdasarkan pengamatan selama berlangsungnya percobaan, diketahui kandungan total klorofil kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro sebesar 502,70  $\mu\text{mol.m}^{-2}$  dan 508,96  $\mu\text{mol.m}^{-2}$ . Sedangkan kandungan total klorofil kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung sengon sebesar 507,46  $\mu\text{mol.m}^{-2}$  dan 517,82  $\mu\text{mol.m}^{-2}$ .

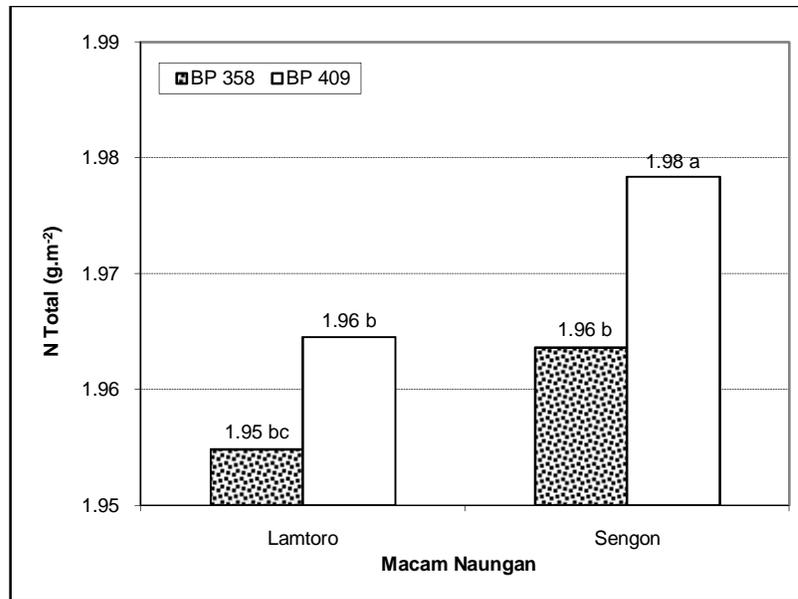
Hasil tersebut menunjukkan kandungan total klorofil kopi klon BP 409 dengan penaung sengon berbeda nyata dengan kopi klon BP 358 dengan penaung sengon, kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro. sedangkan kopi klon BP 358 dengan penaung sengon, kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro tidak berbeda nyata. Kopi robusta klon BP 409 memiliki kandungan total klorofil yang lebih tinggi dibandingkan klon BP 358. Kandungan total klorofil kedua klon memiliki nilai yang lebih tinggi dengan penaung sengon dibandingkan dengan penaung lamtoro. Kopi robusta klon BP 409 dengan penaung sengon memiliki kandungan total klorofil yang paling tinggi dari seluruh perlakuan.

Kandungan klorofil pada daun kopi dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Perbedaan klon menyebabkan kandungan klorofil berbeda. Selain itu faktor cahaya sangat berperan penting dalam pembentukan klorofil. Hal ini berkaitan dengan perbedaan penaung yang digunakan sehingga intensitas cahaya yang diterima berbeda. Intensitas cahaya yang tidak terlalu tinggi dengan penaung sengon memungkinkan dan memacu pembentukan klorofil lebih baik daripada tanaman kopi yang menggunakan penaung lamtoro. Intensitas cahaya yang tinggi pada penaung lamtoro berpengaruh buruk pada klorofil karena terkena sinar terus menerus sehingga larutan klorofil berkurang hijaunya (Dwidjoseputro, 1980).

Penelitian mengenai kandungan klorofil daun pada kopi robusta telah diteliti oleh beberapa peneliti. Hasil penelitian Pompelli *et al.*, (2010) menunjukkan adanya perbedaan kandungan klorofil daun pada kopi robusta yang mendapatkan intensitas cahaya sebesar 50 dan 100 persen. Nilai kandungan klorofil daun tanaman kopi yang mendapatkan intensitas cahaya sebesar 50% lebih besar dibandingkan dengan tanaman kopi yang mendapatkan intensitas cahaya penuh.

### 4.2.3 Kandungan Nitrogen daun

Kandungan klorofil daun dan hasil fotosintesis tanaman kopi juga dipengaruhi oleh kandungan nitrogen daun. Hasil pengamatan kandungan nitrogen yang dilakukan pada tanaman sampel selama percobaan disajikan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Kandungan N total daun dua klon kopi robusta klon pada penaung lamtoro dan sengon.

Berdasarkan pengamatan selama berlangsungnya percobaan, diketahui kandungan Nitrogen daun kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro sebesar 1,95 g.m<sup>-2</sup> dan 1,96 g.m<sup>-2</sup>. Sedangkan kandungan Nitrogen daun kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung sengon sebesar 1,96 g.m<sup>-2</sup> dan 1,98 g.m<sup>-2</sup>.

Hasil tersebut menunjukkan kandungan Nitrogen daun kopi klon BP 409 dengan penaung sengon berbeda nyata dengan kopi klon BP 358 dengan penaung sengon, kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro. Sedangkan kopi klon BP 358 dengan penaung sengon, kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro tidak berbeda nyata. Kopi robusta klon BP 409 memiliki kandungan Nitrogen daun yang lebih tinggi dibandingkan klon BP 358. Kandungan Nitrogen daun kedua klon memiliki nilai yang lebih tinggi dengan

penaung sengon dibandingkan dengan penaung lamtoro. Kopi robusta klon BP 409 dengan penaung sengon memiliki kandungan Nitrogen daun yang paling tinggi dari seluruh perlakuan.

Kandungan Nitrogen yang tinggi merupakan indikator hasil fotosintesis yang tinggi. Hal ini disebabkan karena nitrogen merupakan bahan pembentuk klorofil yang berfungsi menangkap cahaya untuk berlangsungnya fotosintesis (Dwidjoseputro, 1980; Hopkins, 1995). Nitrogen juga merupakan komponen enzim ribulose bis-fosfat (RuBP) karboksilase yang bekerja dalam mereduksi CO<sub>2</sub> menjadi karbohidrat yang terjadi pada reaksi gelap (Gardner *et al.*, 1991; Salisbury and Ross, 1995). Selain itu N merupakan bahan penting penyusun asam amino, amida, nukleotida dan nukleoprotein serta esensial untuk pembesaran dan pembelahan sel untuk pertumbuhan (Gardner *et al.*, 1991).

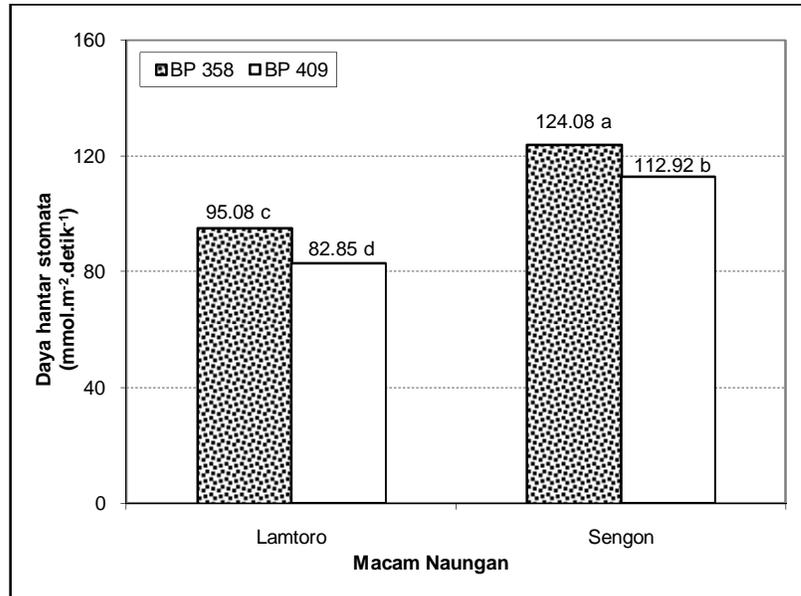
#### **4.2.4 Daya Hantar / Konduktivitas Stomata**

Jumlah CO<sub>2</sub> yang digunakan dalam fotosintesis akan berpengaruh terhadap hasil fotosintesis. Oleh karena itu daya hantar stomata sangat berpengaruh terhadap hasil fotosintesis. Daya hantar stomata adalah kemampuan stomata dalam melakukan pertukaran gas didaun. Pertukaran gas CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>O serta gas lainnya dipengaruhi oleh perilaku membuka dan menutupnya stomata, konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer, konsentrasi CO<sub>2</sub> pada permukaan daun, konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam kloroplas. Pengamatan daya hantar stomata yang dilakukan pada tanaman sampel selama percobaan disajikan pada gambar 4.8.

Berdasarkan pengamatan selama berlangsungnya percobaan, diketahui nilai daya hantar stomata kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro sebesar 95,08 mmol.m<sup>-2</sup>.detik<sup>-1</sup> dan 82,85 mmol.m<sup>-2</sup>.detik<sup>-1</sup>. Sedangkan daya hantar stomata kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung sengon sebesar 124,08 mmol.m<sup>-2</sup>.detik<sup>-1</sup> dan 112,92 mmol.m<sup>-2</sup>.detik<sup>-1</sup>.

Hasil tersebut menunjukkan daya hantar stomata dari setiap perlakuan berbeda nyata dengan perlakuan yang lain. Kopi robusta klon BP 358 pada kedua penaung memiliki daya hantar stomata yang lebih tinggi dibandingkan klon BP

409. Daya hantar stomata kedua kopi robusta klon dibawah penaung sengon memiliki nilai yang lebih tinggi daripada penaung lamtoro.



Gambar 4.8 Daya hantar stomata dua Kopi robusta klon pada penaung lamtoro dan sengon

Nilai daya hantar stomata yang tinggi menyebabkan pertukaran gas yang digunakan untuk bahan fotosintesis lebih tinggi sehingga hasil fotosintesisnya lebih baik. Konduktivitas stomata berkaitan dengan perilaku membuka dan menutupnya stomata. Semakin banyak stomata yang terbuka maka memungkinkan terjadinya pertukaran gas yang lebih besar. Terbuka dan menutupnya stomata sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya, suhu, kelembaban dan transpirasi pada tanaman. Intensitas cahaya akan mempengaruhi suhu dan kelembaban lingkungan yang akan menyebabkan terjadinya transpirasi pada tanaman. Pada saat terjadinya transpirasi stomata akan terbuka dan pada saat itu terjadi pertukaran gas CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>O serta gas lainnya pada stomata (Gardner *et al.*,1991).

percobaan ini menunjukkan perbedaan iklim mikro hanya pada intensitas cahaya sedangkan suhu dan kelembaban tidak berbeda nyata. Penaung lamtoro meloloskan cahaya hingga 79,55 persen, sedangkan penaung sengon meloloskan

cahaya hanya 52,25 persen. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi secara terus menerus pada penaung lamtoro akan menyebabkan stomata menutup untuk mencegah kehilangan air pada saat persediaan air terbatas. Menutupnya stomata akan menyebabkan tidak adanya pertukaran gas CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>O. Sedangkan intensitas cahaya optimum yang diterima tanaman kopi dengan penaung sengon memungkinkan nilai daya hantar stomata yang lebih baik dibandingkan dengan penaung lamtoro (Gardner *et al.*, 1991).

Penelitian mengenai daya hantar stomata pada kopi robusta telah diteliti oleh beberapa peneliti. Hasil penelitian Weidner *et al.*, (2000) menunjukkan tanaman kopi yang ternaungi memiliki nilai daya hantar stomata yang lebih baik daripada tidak ternaungi. Penelitian lain menunjukkan kopi robusta yang ternaungi dengan nilai intensitas cahaya 50% dan 80% memiliki nilai daya hantar stomata yang berbeda. Nilai daya hantar stomata terbaik ditunjukkan oleh kopi robuta ternaungi dengan intensitas 50 persen (Carelli *et al.*, 1999).

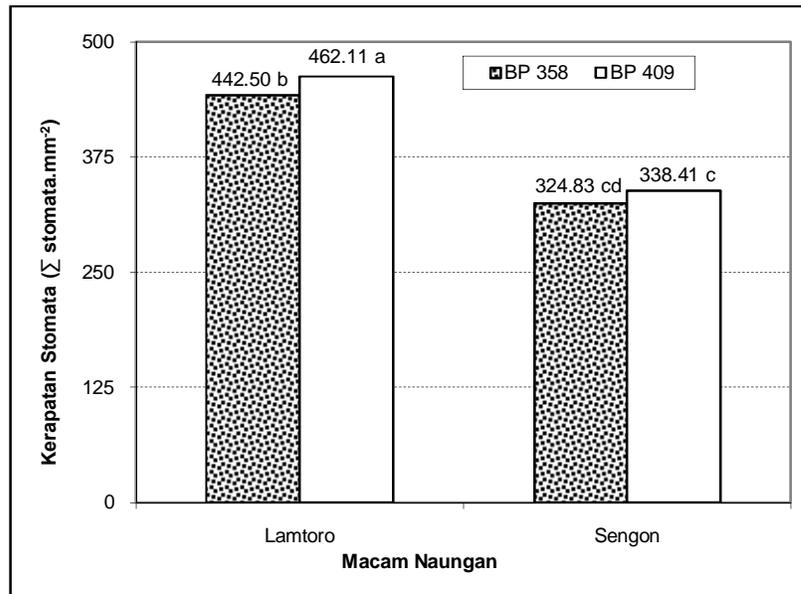
#### **4.2.5 Kerapatan Stomata Daun**

Stomata memiliki peran yang penting bagi pertukaran gas CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>. Maka jumlah stomata yang terdapat pada daun berpengaruh terhadap hasil fotosintesis. Kerapatan stomata dalam satuan luas menunjukkan berapa jumlah stomata pada daun tersebut. Pengamatan kerapatan stomata yang dilakukan pada tanaman sampel selama percobaan disajikan pada gambar 4.9 dan 4.10.

Berdasarkan pengamatan selama berlangsungnya percobaan, diketahui nilai kerapatan stomata kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro sebesar 442,5 stomata.mm<sup>-2</sup> dan 462,11 stomata.mm<sup>-2</sup>. Sedangkan kerapatan stomata kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung sengon sebesar 324,83 stomata.mm<sup>-2</sup> dan 338,41 stomata.mm<sup>-2</sup>.

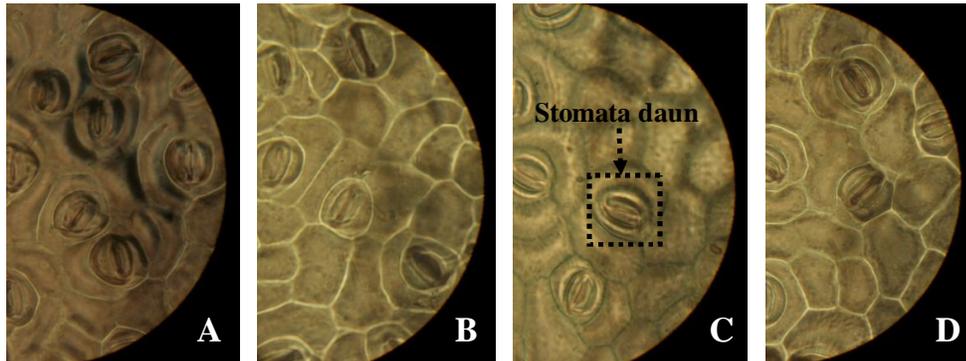
Hasil tersebut menunjukkan kerapatan stomata kedua klon pada penaung lamtoro berbeda nyata, sedangkan kedua klon pada penaung sengon tidak berbeda nyata. Kopi robusta klon BP 409 pada kedua penaung memiliki kerapatan stomata yang lebih tinggi dibandingkan klon BP 358. Kerapatan stomata kedua klon

dengan penaung lamtoro memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan penaung sengon. Kerapatan stomata terbaik ditunjukkan oleh klon BP 409 dengan penaung lamtoro.



Gambar 4.9 Kerapatan stomata dua Kopi robusta klon pada penaung lamtoro dan sengon.

Kerapatan stomata dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan intensitas cahaya (Iriawati, 2009). Selain itu kandungan air tanaman yang dapat digunakan tanaman juga mempengaruhi kerapatan stomata daun. Suhu, kelembaban dan intensitas cahaya akan memacu terjadinya transpirasi yang akan menyebabkan aliran air dari tanah kedalam tanaman. Suhu, kelembaban dan intensitas cahaya yang tinggi akan menyebabkan terjadinya transpirasi oleh tanaman dan juga evaporasi pada tanah yang dapat menyebabkan tanaman kehilangan air dalam jumlah besar sehingga mempengaruhi pembelahan dan pembesaran sel (Gardner *et al.*, 1991). Pada kondisi kekurangan air dan intensitas cahaya tinggi, tanaman akan melakukan modifikasi anatomi daun berupa kerapatan stomata lebih tinggi, sel yang berada disekitar lebih kecil ukurannya dan daun menjadi lebih tebal (Morais *et al.*, 2004).



Gambar 4.10 Stomata pada dua klon kopi dengan penaung lamtoro dan sengon. A (stomata pada daun klon kopi BP 358 dengan penaung lamtoro), B (stomata pada daun klon kopi BP 409 dengan penaung lamtoro), C (stomata pada daun klon kopi BP 358 dengan penaung sengon) dan D (stomata pada daun klon kopi BP 409 dengan penaung sengon).

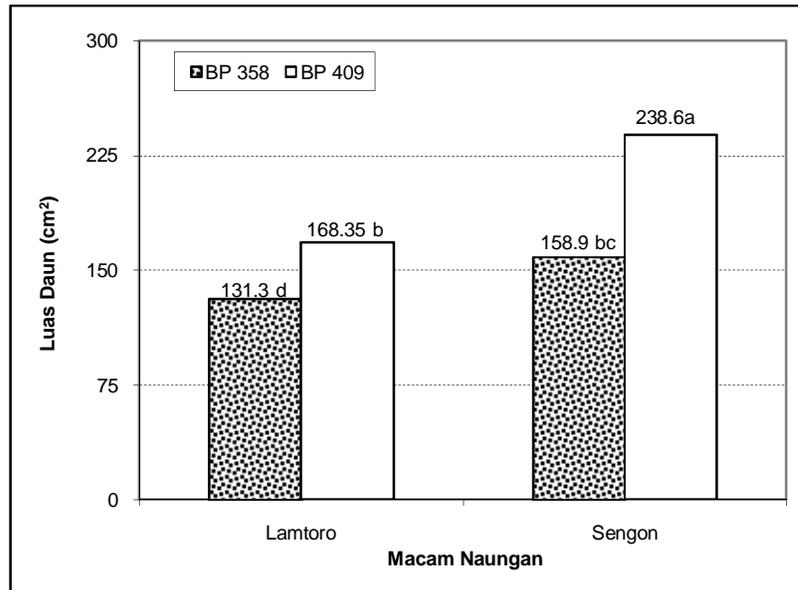
Pada percobaan ini nilai kerapatan stomata daun lebih dipengaruhi oleh intensitas cahaya, sedangkan suhu dan kelembaban pada penaung lamtoro dan sengon tidak berbeda nyata. Intensitas cahaya yang tinggi pada penaung lamtoro akan menyebabkan kerapatan stomata lebih tinggi, sel yang berada disekitar lebih kecil ukurannya dan daun menjadi lebih tebal. Sebaliknya intensitas cahaya yang rendah pada penaung sengon akan menyebabkan kerapatan stomata lebih rendah, sel yang berada disekitar lebih besar ukurannya dan daun menjadi lebih tipis (Morais *et al.*, 2004; Pompelli *et al.*, 2010).

#### 4.2.6 Luas Daun

Ukuran luas daun memiliki peran dalam fotosintesis yang terjadi pada daun. Hasil fotosintesis per satuan tanaman ditentukan oleh luas daun. Dengan luas permukaan daun yang lebih besar maka memungkinkan menangkap cahaya yang lebih baik pula sehingga memiliki nilai hasil fotosintesis yang lebih tinggi. Luas daun dua klon kopi pada penaung berbeda ditunjukkan pada gambar 4.11 dan 4.12.

Berdasarkan pengamatan selama berlangsungnya percobaan, diketahui nilai luas daun kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro sebesar

131,30 cm<sup>2</sup> dan 168,35 cm<sup>2</sup>. Sedangkan luas daun kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung sengon sebesar 158,90 cm<sup>2</sup> dan 238,60 cm<sup>2</sup>.

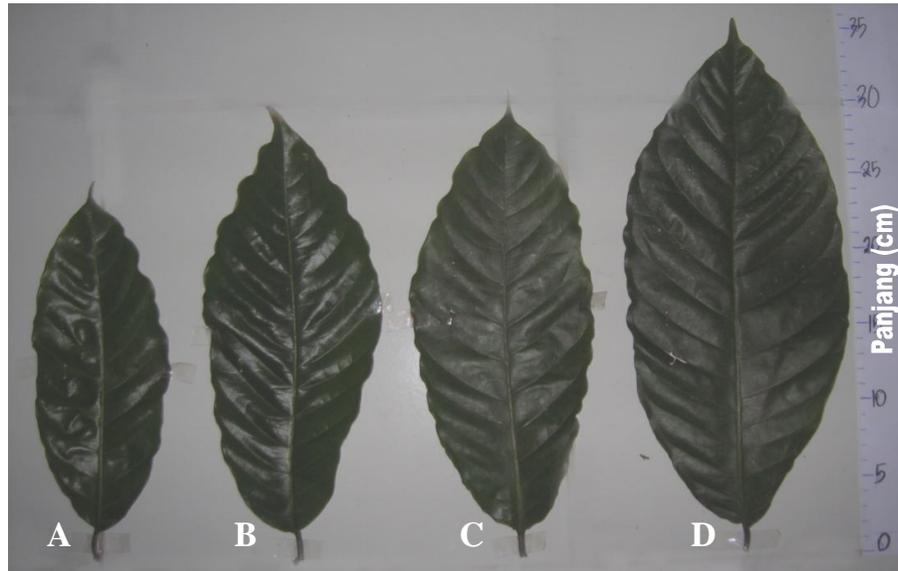


Gambar 4.11 Luas daun dua klon kopi robusta klon pada penaung lamtoro dan sengon.

Hasil tersebut menunjukkan luas daun kedua klon pada kedua penaung berbeda nyata. Kopi robusta klon BP 409 memiliki luas daun yang lebih tinggi dibandingkan klon BP 358. Luas daun kedua klon memiliki nilai yang lebih tinggi dengan penaung sengon dibandingkan dengan penaung lamtoro. Luas daun terbaik ditunjukkan oleh klon BP 409 dengan penaung sengon.

Perbedaan luas daun dipengaruhi karena perbedaan intensitas cahaya, suhu, kelembaban, nitrogen dan kandungan air tanah yang dapat digunakan tanaman. Intensitas cahaya, suhu dan kelembaban berpengaruh terhadap transpirasi yang terjadi pada tanaman dan evaporasi pada tanah. Intensitas cahaya yang tinggi akan menyebabkan air pada tanaman dan tanah lebih banyak menguap. Hal ini akan menyebabkan persediaan air yang dibutuhkan tanaman tidak mencukupi sehingga sel – sel pada daun ukurannya lebih kecil dan mempengaruhi luas daun. Nitrogen juga berpengaruh terhadap luas daun tanaman. Nitrogen dibutuhkan tanaman pada

fase *eksponensial* dan pertumbuhan linier. Air dan nitrogen sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan dengan cara pembelahan dan pembesaran sel yang terjadi pada jaringan *meristem* (Gardner *et al.*, 1991).



Gambar 4.12 Morfologi daun ke 3 dari ujung cabang dua klon kopi pada penaung lamtoro dan sengon. A (daun klon kopi BP 358 dengan penaung lamtoro), B (daun klon kopi BP 409 dengan penaung lamtoro), C (daun klon kopi BP 358 dengan penaung sengon) dan D (daun klon kopi BP 409 dengan penaung sengon).

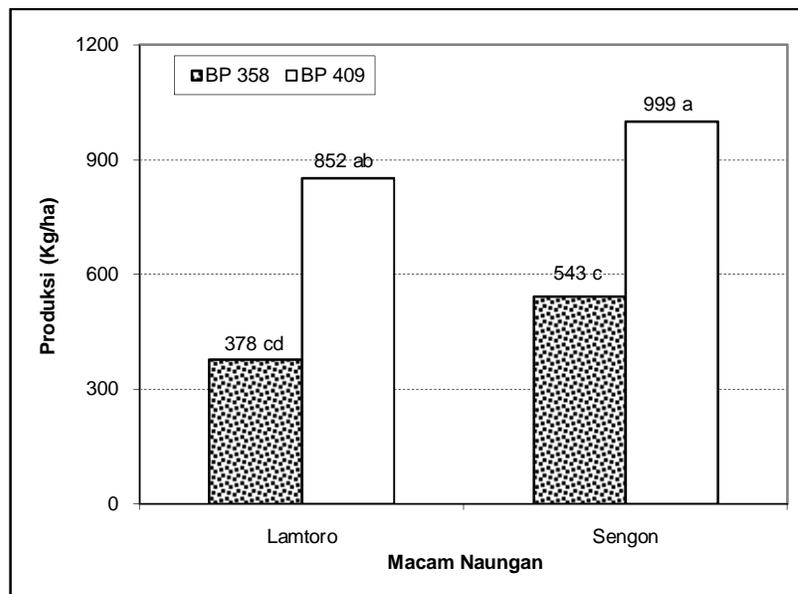
Pada percobaan ini nilai luas daun lebih dipengaruhi oleh intensitas cahaya, sedangkan suhu dan kelembaban pada penaung lamtoro dan sengon tidak berbeda nyata. Dengan intensitas yang tidak terlalu tinggi maka memungkinkan daun untuk melakukan modifikasi pertumbuhan sehingga memiliki ketebalan yang rendah namun ukurannya lebar. Sebaliknya dengan intensitas cahaya yang tinggi daun akan melakukan modifikasi pertumbuhan yang menyebabkan daun memiliki ketebalan yang tinggi namun ukurannya lebih kecil (Lestari, 2005; Morais *et al.*, 2004; Pompelli *et al.*, 2010).

### 4.3 Produksi Kopi

Hasil fotosintesis merupakan indikator produksi, oleh karena itu dilakukan taksasi produksi buah pada dua klon kopi robusta dengan penaung berbeda. Taksasi produksi yang dilakukan dapat memberikan perkiraan produksi kopi robusta dalam satuan hektar. Taksasi produksi dilakukan berdasarkan penghitungan cabang produksi, jumlah dompolan/cabang produksi dan jumlah buah/dompolan. Adapun rata – rata dari ketiganya disajikan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Jumlah cabang produksi, dompolan/cabang produksi, buah/dompolan, rata-rata produksi/tanaman dengan penaung berbeda.

Jenis Naungan	Klon Kopi	Cabang Produksi (Cabang)	Dompolan (Dompol)	Buah/dompolan (Buah)	Produksi (Kg/tanaman)
Lamtoro	BP 358	39.83	5.50	7.33	0.25
Lamtoro	BP 409	66.17	7.33	4.21	0.57
Sengon	BP 358	30.83	5.50	7.33	0.36
Sengon	BP 409	56.67	5.50	8.04	0.67



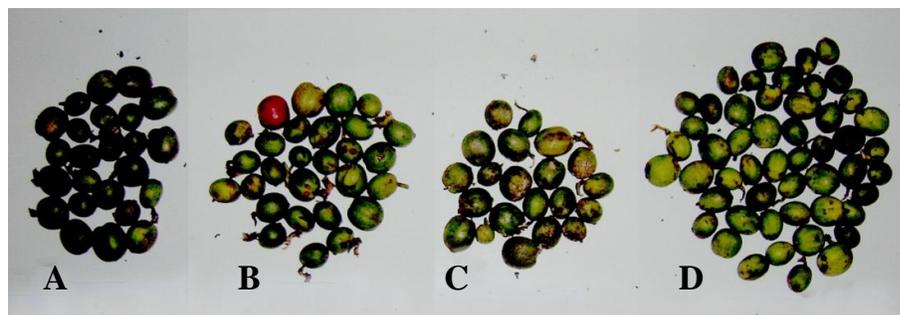
Gambar 4.13 Produksi dua klon kopi pada penaung lamtoro dan sengon

Cabang produksi, dompolan/cabang produksi dan buah/dompolan dari percobaan ini ditunjukkan pada gambar 4.14 dan 4.15. Nilai dari cabang produksi,

dompok/cabang produksi dan buah/dompok digunakan untuk mengetahui produksi/tanaman. Perkiraan produksi berdasarkan taksasi produksi buah untuk luasan satu hektar dalam waktu 1 tahun ditunjukkan pada gambar 4.13.



Gambar 4.14 Cabang produksi dua klon kopi dengan penaung lamtoro dan sengon. A (cabang produksi klon kopi BP 358 dengan penaung lamtoro), B (cabang produksi klon kopi BP 409 dengan penaung lamtoro), C (cabang produksi klon kopi BP 358 dengan penaung sengon), dan D (cabang produksi klon kopi BP 409 dengan penaung sengon).



Gambar 4.15 Jumlah buah/dompok dari kedua klon kopi pada penaung sengon dan lamtoro. A (buah kopi klon BP 358 dengan penaung lamtoro), B (buah kopi klon BP 409 dengan penaung lamtoro), C (buah kopi klon BP 358 dengan penaung sengon), dan D (buah kopi klon BP 409 dengan penaung sengon).

Berdasarkan pengamatan selama berlangsungnya percobaan, diketahui nilai produksi kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung lamtoro sebesar 378 kg/ha dan 852 kg/ha. Sedangkan produksi kopi klon BP 358 dan BP 409 dengan penaung sengon sebesar 543 kg/ha dan 999 kg/ha. Hasil tersebut menunjukkan kopi robusta klon BP 409 pada kedua penaung memiliki produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan klon BP 358. Pada penaung yang berbeda, masing – masing klon tidak menunjukkan perbedaan produksi yang signifikan. Produksi terbaik ditunjukkan oleh klon BP 409 dengan penaung sengon.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa hasil fotosintesis yang tinggi tidak diikuti oleh peningkatan produksi kopi robusta. Hal ini ditunjukkan oleh hasil fotosintesis klon BP 409 yang lebih rendah dari BP 358 namun klon kopi BP409 memiliki produksi yang lebih tinggi dibandingkan BP358. Dalam penelitian ini produksi kopi lebih dipengaruhi oleh karakter agronomis dari masing – masing klon kopi. Klon BP 409 memiliki rata – rata jumlah cabang produksi, jumlah dompolan dan jumlah buah/dompolan yang lebih tinggi daripada BP358 sehingga produksinya lebih tinggi. Luas daun klon BP 409 juga lebih tinggi dibandingkan klon BP 358.

Produksi kopi bergantung pada kondisi lingkungan dan banyak faktor lain yang mempengaruhi. Kondisi lingkungan yang optimum untuk kopi akan menyebabkan produksi tinggi yang berkelanjutan. Intensitas cahaya yang berbeda menyebabkan produktifitas tanaman kopi berbeda. Dalam intensitas cahaya yang tinggi memungkinkan produksi dapat menjadi lebih tinggi namun tidak berkelanjutan apabila tidak didukung dengan asupan nutrisi yang tinggi. Penggunaan penaung yang memberikan intensitas cahaya tidak lebih dari 60% memungkinkan kondisi lingkungan yang optimum dan produksi kopi menjadi tinggi dan berkelanjutan (DaMatta *et al.*, 2007). Luas daun juga sangat berpengaruh terhadap produksi karena daun adalah organ utama berlangsungnya fotosintesis. Dengan jumlah daun, luas daun, dan jumlah cabang yang lebih banyak memungkinkan semakin besarnya tajuk tanaman dan berpengaruh

terhadap fotosintesis yang terjadi pada tanaman dan mempengaruhi produksi (Gardner *et al.*, 1991).

#### **4.3 Hubungan Karakter Fisiologis Parameter Pengamatan**

Setiap parameter pengamatan dalam percobaan yang telah dilakukan memiliki keterkaitan. Parameter pengamatan yang satu berpengaruh terhadap parameter yang lain sehingga dapat menjelaskan karakter fisiologis tanaman kopi. Hubungan setiap parameter karakter fisiologis yang diamati dalam penelitian ini disajikan pada lampiran C.

Perbedaan karakter fisiologis dua kopi robusta klon pada penaung berbeda lebih dipengaruhi oleh perbedaan intensitas cahaya. Intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman kopi dibawah naungan lamtoro lebih besar nilainya daripada naungan sengon. Besaran nilai intensitas cahaya dibawah naungan lamtoro yaitu 79,55 persen, sedangkan dibawah naungan sengon sebesar 52,25 persen. Hal tersebut menyebabkan perbedaan hasil fotosintesis yang terjadi pada dua klon kopi yang terdapat dibawah kedua naungan tersebut.

Intensitas cahaya yang tinggi pada naungan lamtoro menyebabkan hasil fotosintesis rendah, sedangkan intensitas cahaya yang diterima tanaman kopi dibawah penaung sengon nilainya sesuai. Tinggi rendahnya intensitas cahaya berpengaruh terhadap membuka dan menutupnya stomata serta konsentrasi  $O_2$  dan  $CO_2$  pada permukaan daun. Intensitas cahaya yang tinggi akan menyebabkan kenaikan suhu sehingga mengakibatkan  $O_2$  terlepas dari  $H_2O$  sehingga  $O_2$  lebih banyak dipermukaan daun daripada  $CO_2$  dan akan menyebabkan terjadinya fotorespirasi (Shances *et al.*, 2005; Prawoto, 2007). Hal ini ditunjukkan dengan nilai hasil fotosintesis yang diikuti dengan peningkatan nilai daya hantar stomata. Reaksi fotosintesis membutuhkan  $CO_2$ , sehingga pertukaran gas yang terjadi pada daun sangatlah penting. Dengan tingginya  $CO_2$  yang diperoleh oleh tanaman memungkinkan meningkatnya hasil fotosintesis yang terjadi pada tanaman.

Peningkatan hasil fotosintesis tidak diikuti dengan nilai kandungan klorofil dan N daun yang meningkat. Hal ini dimungkinkan karena kandungan klorofil dan

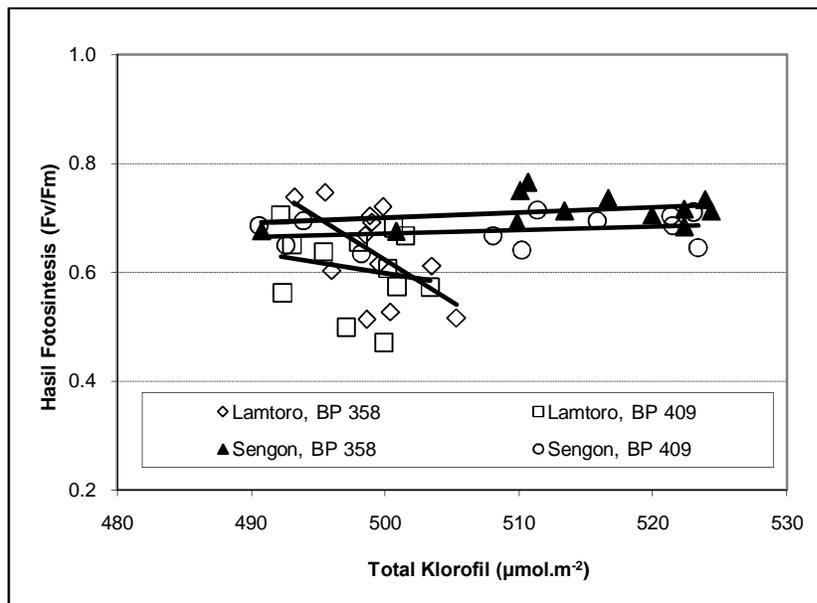
N yang terdapat pada daun nilainya cukup sehingga tidak memberikan pengaruh berarti terhadap perbedaan reaksi fotosintesis pada dua kopi robusta klon dengan penaung berbeda. Intensitas cahaya yang rendah juga menyebabkan hasil fotosintat digunakan lebih banyak untuk pembentukan klorofil sehingga kandungan klorofil daun meningkat dan dapat menangkap cahaya yang lebih besar. Peningkatan kandungan klorofil daun akan mempengaruhi kandungan N total daun dikarenakan N merupakan bahan pembentuk klorofil (Gardner *et al.*, 1991).

Kerapatan stomata sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Intensitas cahaya yang tinggi akan mengakibatkan kerapatan stomata nilainya lebih besar dan sebaliknya pada intensitas cahaya rendah akan mengakibatkan kerapatan stomata nilainya kecil. Dalam penelitian ini kerapatan stomata berbanding terbalik dengan luas permukaan daun. Daun yang memiliki kerapatan stomata tinggi akan memiliki luas daun yang kecil dikarenakan daun melakukan modifikasi daun yang diakibatkan karena tingginya intensitas cahaya, sebaliknya daun yang memiliki kerapatan rendah akan memiliki luas daun yang lebih besar dikarenakan dalam kondisi dengan intensitas cahaya rendah menyebabkan daun melakukan modifikasi sehingga memungkinkan untuk menangkap cahaya lebih besar dan memberikan nilai positif terhadap hasil fotosintesis tanaman kopi robusta.

Produksi kopi robusta pada kedua jenis penaung tidak menunjukkan perbedaan signifikan. Pada penelitian ini hasil fotosintesis yang tinggi tidak diikuti dengan peningkatan produksi dua klon kopi robusta. Produksi kopi robusta lebih dipengaruhi oleh sifat agronomis dari tanaman. Kopi robusta klon BP 409 yang memiliki jumlah cabang produksi, jumlah dompolan/cabang, jumlah buah/dompolan dan luas daun yang lebih besar dari kopi robusta klon BP 358 yang mengakibatkan produksinya lebih baik.

### 4.3.1 Hubungan Hasil fotosintesis dengan Klorofil

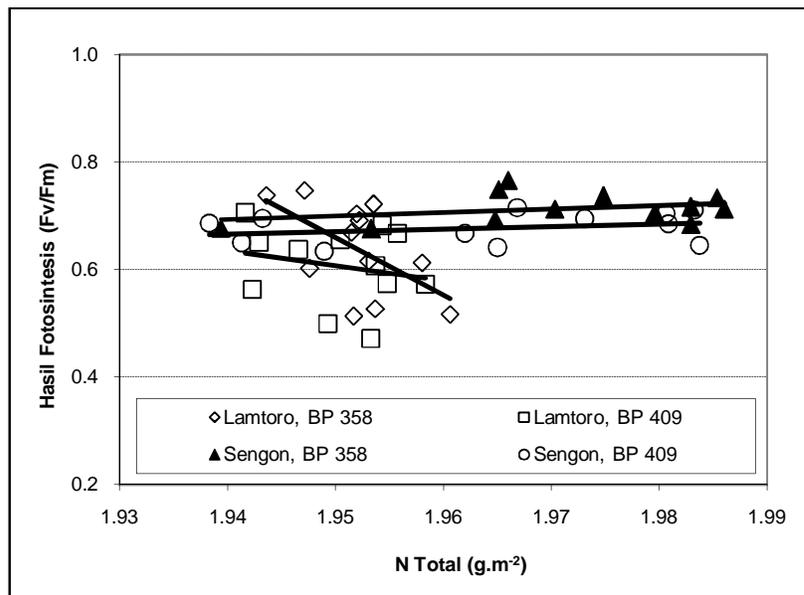
Hubungan hasil fotosintesis dengan kandungan klorofil daun yang dilakukan pada tanaman sampel selama percobaan disajikan pada gambar 4.16 yang menunjukkan pengaruh variabel X (kandungan klorofil daun) terhadap variabel Y (hasil fotosintesis). Pada klon kopi robusta klon BP 358 dengan penabung lamtoro ( $\diamond$ ) memiliki korelasi negatif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = -0.0154X + 8.3154$ , memiliki korelasi yang cukup ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.3409$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 409 dengan penabung lamtoro ( $\square$ ) korelasinya negatif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = -0.004X + 2.5855$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.0437$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 358 dengan penabung sengon ( $\blacktriangle$ ) korelasinya positif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = 0.001X + 0.2146$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.1167$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 409 dengan penabung sengon ( $\circ$ ) korelasinya positif ditunjukkan dengan  $Y = 0.0006X + 0.3556$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi ( $R^2 = 0.0757$ ).



Gambar 4.16 Hubungan antara hasil fotosintesis dengan total klorofil.

### 4.3.2 Hubungan Hasil fotosintesis dengan N Total Daun

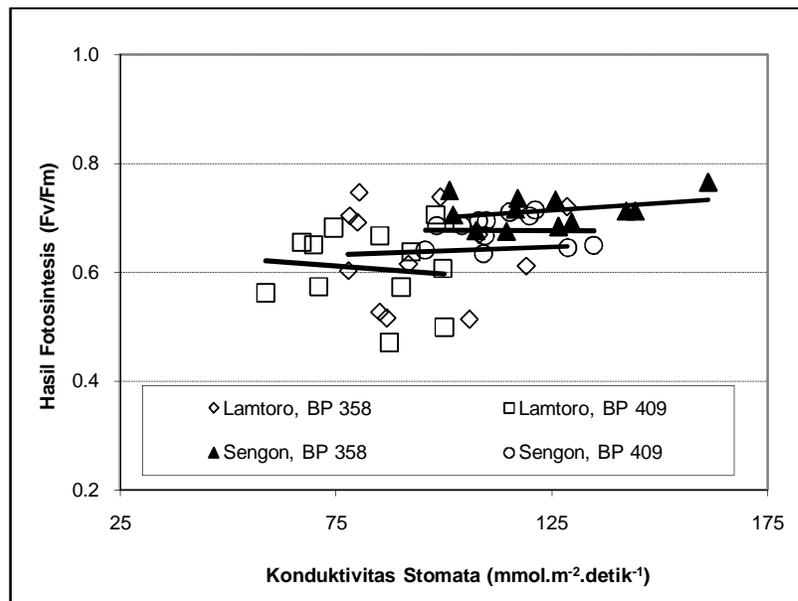
Hubungan hasil fotosintesis dengan kandungan N total daun yang dilakukan pada tanaman sampel selama percobaan disajikan pada gambar 4.17 yang menunjukkan pengaruh variabel X (kandungan N total daun) terhadap variabel Y (hasil fotosintesis). Pada klon kopi robusta klon BP 358 dengan penabung lamtoro ( $\diamond$ ) memiliki korelasi negatif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = -10.704X + 21.533$ , memiliki korelasi yang cukup ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.3233$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 409 dengan penabung lamtoro ( $\square$ ) korelasinya negatif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = -2.8022X + 6.0716$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.0482$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 358 dengan penabung sengon ( $\blacktriangle$ ) korelasinya positif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = 0.6636X - 0.5946$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.106$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 409 dengan penabung sengon ( $\circ$ ) korelasinya positif ditunjukkan dengan  $Y = 0.4609X - 0.2283$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi ( $R^2 = 0.0764$ ).



Gambar 4.17 Hubungan antara hasil fotosintesis dengan N total daun.

### 4.3.3 Hubungan Hasil fotosintesis dengan Daya Hantar Stomata

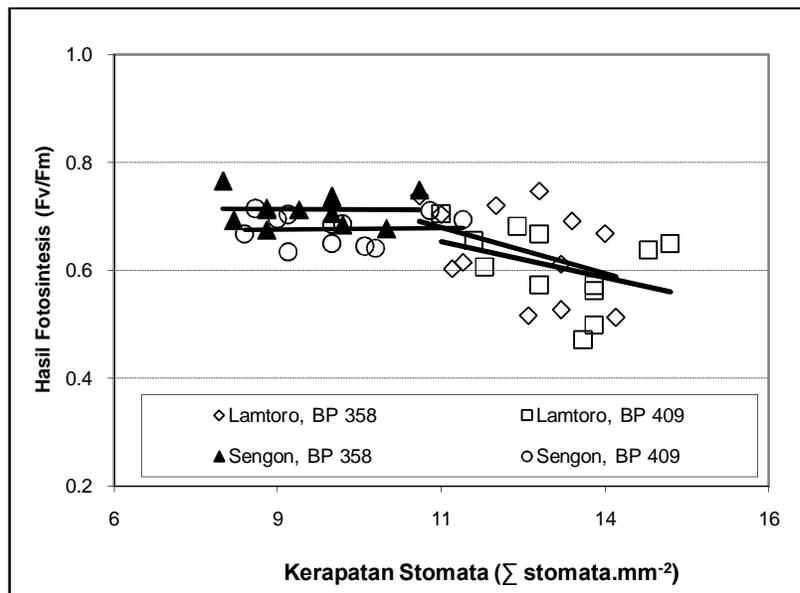
Hubungan hasil fotosintesis dengan kandungan daya hantar stomata yang dilakukan pada tanaman sampel selama percobaan disajikan pada gambar 4.18 yang menunjukkan pengaruh variabel X ( daya hantar stomata) terhadap variabel Y (hasil fotosintesis) tanaman. Pada klon kopi robusta klon BP 358 dengan penaung lamtoro ( $\diamond$ ) memiliki korelasi positif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = 0.0003X + 0.6116$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.003$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 409 dengan penaung lamtoro ( $\square$ ) korelasinya negatif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = -0.0006X + 0.655$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.0128$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 358 dengan penaung sengon ( $\blacktriangle$ ) korelasinya positif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = 0.0005X + 0.6477$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.1103$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 409 dengan penaung sengon ( $\circ$ ) korelasinya negatif ditunjukkan dengan  $Y = -0.00004X + 0.6809$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi ( $R^2 = 0.0002$ ).



Gambar 4.18 Hubungan antara hasil fotosintesis dengan daya hantar stomata.

#### 4.3.4 Hubungan Hasil fotosintesis dengan Kerapatan Stomata

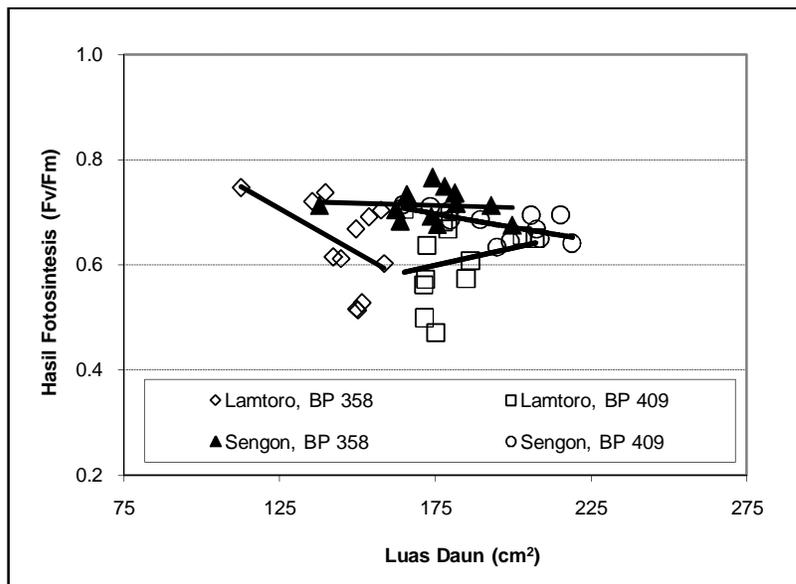
Hubungan hasil fotosintesis dengan kerapatan stomata yang dilakukan pada tanaman sampel selama percobaan disajikan pada gambar 4.19 yang menunjukkan pengaruh variabel X (kerapatan stomata) terhadap variabel Y (hasil fotosintesis) tanaman. Pada klon kopi robusta klon BP 358 dengan penaung lamtoro ( $\diamond$ ) memiliki korelasi negatif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = -0.0339X + 1.0519$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.1556$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 409 dengan penaung lamtoro ( $\square$ ) korelasinya negatif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = 0.0264X + 0.9441$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.1493$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 358 dengan penaung sengon ( $\blacktriangle$ ) korelasinya negatif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = 0.0007X + 0.7199$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.0005$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 409 dengan penaung sengon ( $\circ$ ) korelasinya positif ditunjukkan dengan  $Y = 0.001X + 0.6676$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi ( $R^2 = 0.0013$ ).



Gambar 4.19 Hubungan antara hasil fotosintesis dengan kerapatan stomata.

#### 4.3.5 Hubungan Hasil fotosintesis dengan Luas Daun

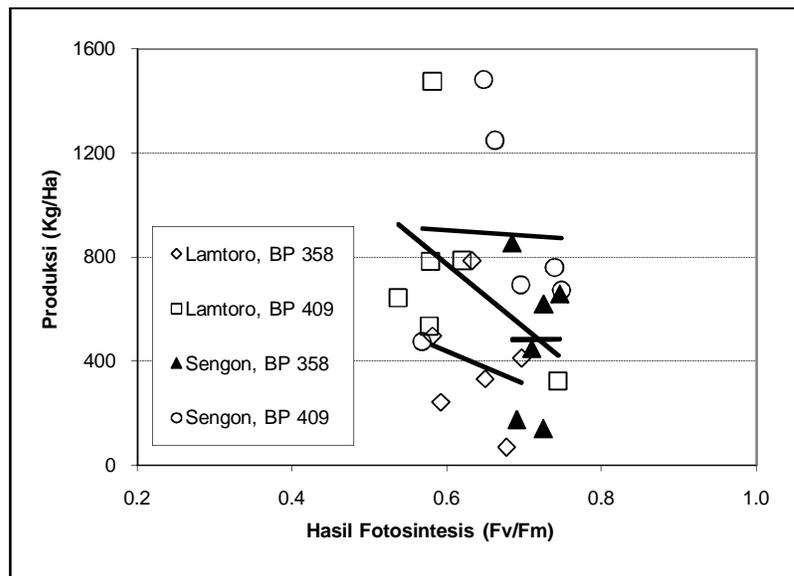
Hubungan hasil fotosintesis dengan luas daun yang dilakukan pada tanaman sampel selama percobaan disajikan pada gambar 4.20 yang menunjukkan pengaruh variabel X (luas daun) terhadap variabel Y (hasil fotosintesis) tanaman. Pada klon kopi robusta klon BP 358 dengan penaung lamtoro ( $\diamond$ ) memiliki korelasi negatif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = -0.0034X + 1.1277$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.235$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 409 dengan penaung lamtoro ( $\square$ ) korelasinya positif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = 0.0013X + 0.3717$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.0531$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 358 dengan penaung sengon ( $\blacktriangle$ ) korelasinya negatif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = -0.0002X + 0.7411$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.0077$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 409 dengan penaung sengon ( $\circ$ ) korelasinya positif ditunjukkan dengan  $Y = -0.001X + 0.874$ , memiliki korelasi yang cukup ditunjukkan dengan koefisien korelasi ( $R^2 = 0.3783$ ).



Gambar 4.20 Hubungan antara hasil fotosintesis dengan luas daun.

#### 4.3.6 Hubungan Hasil fotosintesis dengan Produksi

Hubungan hasil fotosintesis dengan produksi yang dilakukan pada tanaman sampel selama percobaan disajikan pada gambar 4.21 yang menunjukkan pengaruh variabel X (hasil fotosintesis) tanaman terhadap variabel Y (produksi). Pada klon kopi robusta klon BP 358 dengan penaung lamtoro ( $\diamond$ ) memiliki korelasi negatif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = -1263.7X + 1196.1$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.0565$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 409 dengan penaung lamtoro ( $\square$ ) korelasinya negatif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = -2435.6X + 2234.2$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.2014$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 358 dengan penaung sengon ( $\blacktriangle$ ) korelasinya positif ditunjukkan dengan persamaan  $Y = 40.863X + 453.18$ , memiliki korelasi yang sangat lemah ditunjukkan dengan koefisien korelasi sebesar ( $R^2 = 0.000001$ ). Pada klon kopi robusta klon BP 409 dengan penaung sengon ( $\circ$ ) korelasinya negatif ditunjukkan dengan  $Y = -210.79X + 1030.5$ , memiliki korelasi yang cukup ditunjukkan dengan koefisien korelasi ( $R^2 = 0.0013$ ).



Gambar 4.21 Hubungan antara hasil fotosintesis dengan produksi.

## **BAB 5. PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kopi dibawah penaung sengon memiliki hasil fotosintesis (Fv/Fm) yang lebih tinggi daripada dibawah penaung lamtoro.
2. Hasil fotosintesis lebih dipengaruhi oleh daya hantar stomata dan intensitas cahaya.
3. Hasil fotosintesis yang tinggi pada klon kopi tidak diikuti dengan peningkatan produksi karena luas daun dan cabang produksi tanaman kopi lebih mempengaruhi produksi.
4. Klon BP 409 dibawah penaung lamtoro dan sengon memiliki produksi yang lebih tinggi daripada klon BP 358 dibawah penaung yang sama.

### **5.2 Saran**

Adapun saran yang disarankan peneliti terkait dengan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian terkait hasil fotosintesis beserta parameter pendukung yang lain perlu dilakukan selain pada fase generatif sehingga dapat diketahui hasil fotosintesis tanaman secara lengkap agar didapat informasi yang lebih tepat untuk cara budidaya tanaman kopi.
2. Penelitian karakter fisiologis dan agronomis tanaman yang berkaitan dengan indikator produksi perlu dilakukan dari tahap taksasi bunga hingga masa panen sehingga diperoleh data produksi yang lebih akurat.
3. Penelitian terkait fotosintesis perlu melibatkan faktor nutrisi dan kadar lengas tanah sehingga diketahui informasi detail mengenai reaksi fotosintesis pada tanaman kopi secara menyeluruh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amarta. 2010. Rumah Pembibitan Kopi untuk Kualitas Lebih Baik. *Buletin Agroculture*. <http://www.amarta.net>, diakses pada 1 April 2011.
- Campostrini E. and M. Maestri. 1998. Photosynthetic Potential of Five Genotypes of *Coffea Canephora* Pierre. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 10(1): 13-18
- Carelli, M.L.C., R.B.Q Voltan, J.I. Fahl and P.C.O Trivelin. 2003. Leaf Anatomy and Carbon Isotope Composition in Coffee Species Related to Photosynthetic Pathway. *Plant Physiol*, 15(1): 19-24.
- Carelli, M.L.C., J.I. Fahl, P.C.O Trivelin and R.B.Q Voltan. 1999. Carbon Isotope Discrimination and Gas Exchange in Coffee Species Grown Under Different Irradiance Regimes. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11(2): 63-68.
- Clewer, A.G. dan D.H. Scarisbrick. 2006. *Practical Statistic and Experimental Design for Plant and Crop Science*. England: West Sussex.
- DaMatta F.M., C.P. Ronchi, M. Maestri and R.S. Barros. 2007. Ecophysiology of Coffee Growth and Production. *Braz. J. Plant Physiol*, 19(4):485-510.
- Dwiyono A. 2011. *Studi Sifat Fisiologis Tanaman Kopi Robusta Berbeda Tanaman Penaung di Lereng Gunung Gending Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Jember*. Jember : Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Dwidjoseputro D. 1980. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. PT Gramedia. Jakarta
- Evizal R., Tohari, I.D. Prijambada, J. Widada dan D. Widiyanto. 2009. Layanan lingkungan pohon pelindung pada sumbangan nitrogen dan produktivitas agroekosistem kopi. *Pelita Perkebunan* 25(1): 23-37
- Gardner F.P., R.B. Pearce, and R.L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. UI-Press. Jakarta.
- Godam, 2008. Faktor Yang Mempengaruhi Perkembangan Dan Pertumbuhan Tumbuhan/Tanaman. *Komunitas dan Perpustakaan Online*. <http://organisasi.org>, diakses pada 25 juli 2011.
- Haerani N. 2010. *Peri Kehidupan Lamtoro Leucana*. <http://nununghaerani.blogspot.com>, diakses pada 12 April 2011.

- Hairiah K. dan Subekti R. 2007. *Petunjuk Praktis Pengukuran "Karbon Tersimpan" di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor.
- Hairiah K., S.M. Sitompul, Meine van N., dan Cheryl P. 2001. *Methods for sampling carbon stock above and below ground*. Internasional Centre for Research in Agroforestry, Bogor.
- Hopkins W.G. 1995. *Introduction to Plant Physiology*. The University of Western Ontario, United States of America.
- Hartoyo D. 2010. *Budidaya Sengon*. [http://htysite.co.tv/budidaya\\_sengon.htm](http://htysite.co.tv/budidaya_sengon.htm), diakses pada 12 April 2011.
- Heinz Walz GmbH. 1999. *Photosynthesis Yield Analyzer MINI-PAM Portable Chlorophyll Fluorometer - Handbook of Operation*. Einchenring, Germany.
- Imran S. 2009. *Hubungan Suhu dan Pertumbuhan Tanaman*. <http://ipankreview.wordpress.com>, diakses pada 25 juli 2011.
- Iriawati. 2009. *Materi Kuliah Struktur dan Fungsi Daun*. SITH. ITB. Bandung.
- Kumar D. and L.L. Tieszen. 1980. Photosynthesis in *Coffea arabica*. I. Effect of Light and Temperature. *Experimental Agriculture*, 16: 13-19
- Lambers, H., F.S. Chapin III and T.L. Pons. 2008. *Plant Physiological Ecology*. Springer, New York.
- Lamontagne M., F.J. Bigras, dan H.A. Margolis. 2000. Chlorophyll Fluorescence and CO<sub>2</sub> Assimilation of Black Spruce Seedling Following Frost in Different Temperature and Light Condition. *Tree Physiology Journal*, 20:249-255.
- Lestari E.G. 2005. Hubungan antara Kerapatan Stomata dengan Ketahanan Kekeringan pada Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti, dan IR 64. *Biodiversitas*, 7(1): 44-48.
- Morais H., M.E. Medri, C.J. Marur, P.H. Caramori, A.M.D.A Riberio dan J.C. Gomes. 2004. Modifications on Leaf Anatomy of *Coffea arabica* caused by Shade of Pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Brazilian Archives Of Biology and Technology*, 47(6): 863-871.

- Munandar, D.E., S. Abdoellah and E. Mardiono. 2010. Characteristics of Anatomy, Morphology and Physiology as Indicator for Yield of Robusta Coffee. *Prosiding of 23<sup>rd</sup> Internasional Conference on Coffee Science*. Bali (Indonesia), 3<sup>th</sup> - 8<sup>th</sup> October, 2010. p: 987-991.
- Netto, A.T.E. Campostrini., J.G. de Oliveira, dan R.E. Bressan-Smith. 2007. Photosythetic Pigments, nitrogen, chlorophyll a Fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Science Horticulture* 104: 199-209.
- Noviana A. 2011. *Studi Fotorespirasi Tanaman Kopi Robusta (Coffea canephora) pada Beda Tanaman Naungan di Lereng Gunung Gending Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember*. Jember : Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Nursal, J., W.Q. Muknisjah, M.A. Chozin, I. Anas, R. Boer, dan M.V. Noordwijk. 2003. Sistem Agroforestri Berbasis Kopi: Iklim Mikro dan Simulasi Model dengan WaNuLCAS. *Prosiding Seminar Nasional hasil - hasil penelitian dan pengkajian Teknologi Spesifik Lokasi*. Jambi.
- Optisci.2011. *Chlorophyll Fluorescence and Definitions - The New Standard in Portable Fluorometers*. [Http://www.optisci.com/cf.htm](http://www.optisci.com/cf.htm), diakses pada 25 September 2011.
- PTPN XII. 1997. *Pedoman Pengelolaan Budidaya Kopi Robusta*. PT Perkebunan Nusantara XII, Surabaya.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2007. *Pedoman Teknis Budidaya Tanaman Kopi*. Megah Offset, Jember.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2009. *Produk Benih Kopi yang dapat Diperoleh*. <http://www.iccri.net>, diakses pada 1 April 2011.
- Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. 2008. Penerapan Pengendalian Hama Terpadu pada Kopi di Jawa Timur. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 30 (6): 10-12.
- Pompelli M.F., S.C.V. Martins, E.F. Celin, M.C. Ventrella and F.M. DaMatta. 2010. What is the influence of ordinary epidermal cells and stomata on the leaf plasticity of coffee plants grown under full-sun and shady conditions?. *Braz. J. Biol.*, 70(4): 1083-1088.

- Pompelli M.F., S.C.V. Martins, W.C. Atunes, A.R.M. Chaves and F.M. DaMatta. 2010. Photosynthesis and photoprotection in coffee leaves is affected by nitrogen and light availabilities in winter conditions. *Journal of Plant Physiology* 167 (2010): 1052-1060.
- Prawoto, A. 2007. *Materi Kuliah Fisiologi Tumbuhan*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jember
- Rakhmadina V.C. 2010. *Pengaruh Intensitas Cahaya dan Suhu terhadap Hasil fotosintesis*. <http://arcturusarancione.wordpress.com>, diakses pada 25 juli 2011
- Salisbury F.B. dan C.W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan. Jilid Satu : Sel: Air, larutan, dan permukaan*. ITB. Bandung
- Salisbury F.B. dan C.W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan. Jilid dua : Biokimia Tumbuhan*. ITB. Bandung
- Sanger, A. 1998. Mathematics for Biologists Part Biology. *Mathematics for Biologists*.
- Sanchez L.P.M., N.M.R. Herrera, Y.L. Forero, and J.A. Pulgarin. 2005. Net Photosynthesis and CO<sub>2</sub> Compensation Concentration in Three Coffee (Coffea sp.) Genotypes, Bean and Maize Under Three Temperatur. *Revista Facultad Nacional de Agronomia - Medellin.*, 58(2): 2827-2835
- Soedradjad R., K.A. Wijaya dan Maharani. 2009. *Peranan Tanaman Penaung dalam Memasok Nutrien Makro Tanaman Kopi pada Ekosistem Dataran Rendah*. Makalah yang disampaikan dalam Seminar Nasional “Peran Agroteknologi untuk Meningkatkan Prouksi dan Kualitas Produk Tanaman Kopi dan Kakao” di Universitas Jember pada 17 Desember 2009.
- Soedradjad, R., dan A. Syamsunihar. 2010. Peranan Tanaman Penaung dalam memasok Nutrien Makro Sistem Agroforestry Berbasis Tanaman Kopi. Makalah yang disajikan pada *Seminar Nasional Ketahanan Pangan dan Energi*, Fakultas UPN "Veteran" Jogjakarta. 2010.
- Soedradjad, R. dan Janindra, I. 2010. Rekayasa Bioteknologi untuk adaptasi terhadap Perubahan Iklim pada Pembibitan Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.). Makalah yang disajikan dalam *Seminar Nasional Kontribusi Ilmu Tanah dalam Mitigasi Dampak Perubahan Iklim di Bidang Pertanian*, di Universitas Jember pada Tanggal 16 Desember 2010.

- Susilo, A.W. 2008. Ketahanan Tanaman Kopi (*Coffea Spp.*) Terhadap Hama Penggerek Buah Kopi (*Hyphotenemus hampei* Ferr.). *Review Penelitian Kopi dan Kakao* 24(1): 1-15.
- Utomo, B. 2007. *Fotosintesis Pada Tumbuhan*. Karya Tulis Ilmiah, Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara.
- Weidner O., R. Muschler, H.E. Goldbach and J. Burkhardt. 2000. Influence of Shade Management on Gas Exxhange and Transpiration of Coffee Plants (*Coffea arabica L.*). *Deutscher Tropentag 2000 in Hohenheim, Session : Impact of Climate on Crop Production*. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Agriculture Institut.
- Whiting D. 2010. *Photosynthesis, Respiration, and Transpiration*. Colorado State University.
- Yahmadi, M. 2007. *Rangkaian Perkembangan dan Permasalahan Budidaya dan Pengolahan Kopi di Indonesia*. Asosiasi Eksportir Kopi Indonesia, Surabaya.
- Yulianti D.F, Alnopri, Prasetyo. 2007. Penampilan Bibit Pre-Nursery 10 Kopi Arabusta pada Beberapa Tingkat Naungan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia. Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu*. Edisi Khusus 1: 1-10.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical Analysis Fourth Edition*. Pretrice Hall International, New Jersey.

## LAMPIRAN

### A. Foto Pelaksanaan Penelitian



Keterangan : Pembuatan plot penelitian.



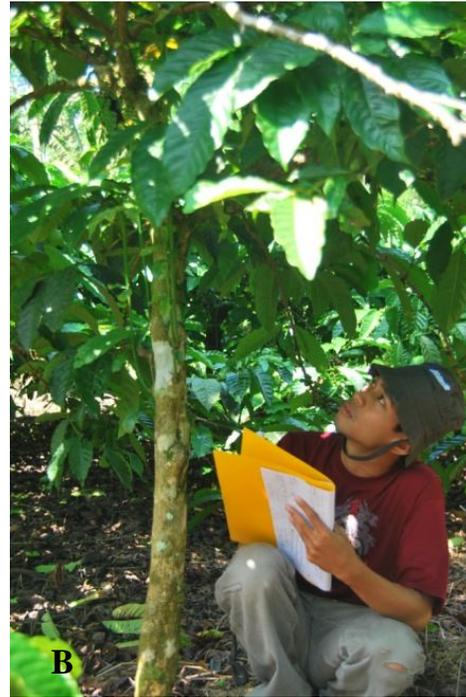
Keterangan : Pemilihan daun sampel (A) dan pemberian tanda daun sampel (B).



Keterangan : Pengambilan data intensitas cahaya (A) dan indeks klorofil daun sampel (B).



Keterangan : Pengambilan data daya hantar stomata (A), suhu dan kelembaban (B)



Keterangan : Pengambilan data hasil fotosintesis (A) dan pengamatan taksasi produksi (B)



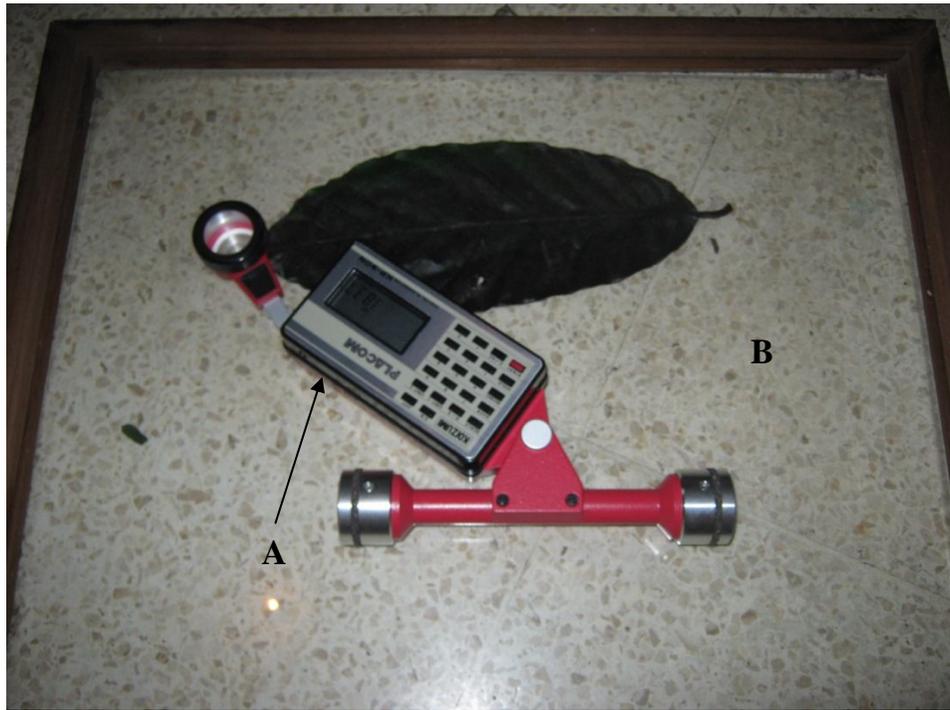
Keterangan : Pemasangan cat kuku transparan pada bagian bawah daun



Keterangan : Pemasangan cat kuku transparan pada bagian bawah daun kopi robusta



Keterangan : Pengamatan stomata daun dengan menggunakan *mikroskop*

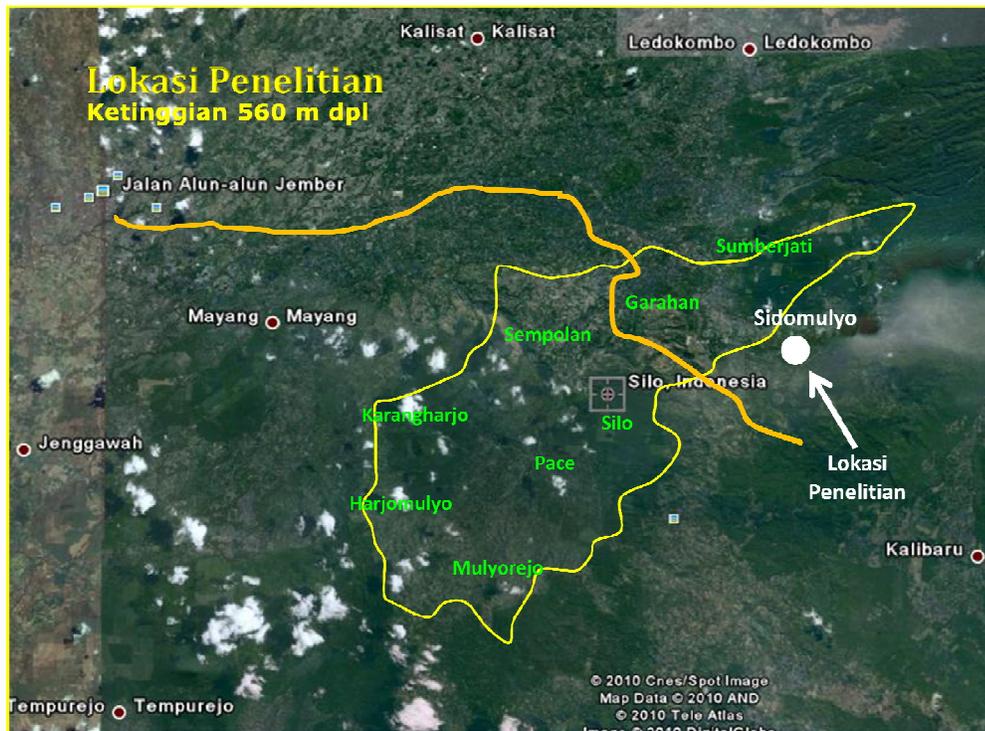


Keterangan : *Planimeter* (A) dan kaca transparan (B) untuk pengukuran luas daun



Keterangan : Pengukuran luas daun menggunakan *Planimeter*.

## B. Peta Lokasi Penelitian



Keterangan : Peta lokasi Penelitian.

**C. Hubungan parameter karakter fisiologis dan *Standart Error Mean (SEM)* dari keseluruhan perlakuan**

1. Hubungan parameter karakter fisiologis kopi robusta dan pengaruhnya terhadap produksi. T = perlakuan, L1 (lamtoro,BP358), L2 (lamtoro,BP409), S1 (sengon,BP358) dan S2 (sengon,BP409); HF = hasil fotosintesis (Fv/Fm); Ka = klorofil a ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ); Kb = klorofil b ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ); KT = total klorofil ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ); N = Nitrogen daun ( $\text{g}/\text{m}^2$ ); SC = daya hantar stomata ( $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{detik}$ ); SD = kerapatan stomata ( $\Sigma$  stomata/ $\text{mm}^2$ ); LD = luas daun ( $\text{cm}^2$ ); P = produksi ( $\text{kg}/\text{ha}$ ).

T	HF	Ka	Kb	KT	N	SC	SD	LD	P
L1	0.64c	382.76bc	118.58bc	502.70bc	1.95bc	95.08c	442.50b	131.30d	335.58cd
L2	0.61d	387.57b	120.06b	508.96b	1.96b	82.85d	462.11a	168.35b	756.82ab
S1	0.71a	386.46b	119.66b	507.46b	1.96b	124.08a	324.83cd	158.90bc	482.33c
S2	0.68b	394.38a	122.15a	517.82a	1.98a	112.92b	338.41c	238.60a	887.78a

2. *Standart error mean (SEM)* dari keseluruhan perlakuan. T = perlakuan, L1 (lamtoro,BP358), L2 (lamtoro,BP409), S1 (sengon,BP358) dan S2 (sengon,BP409); HF = hasil fotosintesis (Fv/Fm); Ka = klorofil a ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ); Kb = klorofil b ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ); KT = total klorofil ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ); N = Nitrogen daun ( $\text{g}/\text{m}^2$ ); SC = daya hantar stomata ( $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{detik}$ ); SD = kerapatan stomata ( $\Sigma$  stomata/ $\text{mm}^2$ ); LD = luas daun ( $\text{cm}^2$ ); P = produksi ( $\text{kg}/\text{ha}$ ).

T	HF	Ka	Kb	KT	N	KS	SD	LD	P
L1	0.0103	3.42	1.06	4.46	0.0066	3.09	9.86	5.06	59.34
L2	0.0122	3.19	0.99	4.16	0.0062	2.42	8.92	4.14	146.05
S1	0.0051	2.43	0.76	3.17	0.0047	3.25	8.20	5.87	105.40
S2	0.0079	2.79	0.87	3.65	0.0053	2.48	8.30	6.22	144.65

#### D. Nilai dari tabel korelasi keseluruhan perlakuan

1. Nilai korelasi hasil fotosintesis dengan total klorofil, N total, konduktivitas stomata, kerapatan stomata dan luas daun pada penaung lamtoro.

Jenis Naungan	Klon Kopi	Posisi Pengambilan Sampel pada Tanaman Kopi	Arah	Hasil fotosintesis (Fv/Fm)	Total Klorofil ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ )	N Total ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	Konduktivitas Stomata ( $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{detik}$ )	Kerapatan Stomata ( $(\Sigma\text{stomata}/\text{mm}^2)$ )	Luas Daun ( $\text{cm}^2$ )
Lamtoro	BP 358	Atas	Utara	0.52	505.33	1.96	86.81	12.33	149.70
Lamtoro	BP 358	Atas	Barat	0.61	503.50	1.96	119.08	12.83	144.77
Lamtoro	BP 358	Atas	Selatan	0.53	500.41	1.95	85.13	12.83	151.38
Lamtoro	BP 358	Atas	Timur	0.60	495.99	1.95	77.84	11.17	158.48
Lamtoro	BP 358	Tengah	Utara	0.67	498.51	1.95	108.13	13.50	149.50
Lamtoro	BP 358	Tengah	Barat	0.79	499.01	1.95	80.02	13.00	153.73
Lamtoro	BP 358	Tengah	Selatan	0.70	498.86	1.95	78.17	11.00	157.65
Lamtoro	BP 358	Tengah	Timur	0.51	498.65	1.95	105.84	13.67	150.03
Lamtoro	BP 358	Bawah	Utara	0.72	499.85	1.95	128.56	11.83	135.48
Lamtoro	BP 358	Bawah	Barat	0.62	499.56	1.95	91.81	11.33	142.28
Lamtoro	BP 358	Bawah	Selatan	0.75	495.53	1.95	80.41	12.50	112.60
Lamtoro	BP 358	Bawah	Timur	0.74	493.22	1.94	99.20	10.67	139.75
Lamtoro	BP409	Atas	Utara	0.56	492.36	1.94	58.69	13.33	171.47
Lamtoro	BP409	Atas	Barat	0.50	497.13	1.95	100.13	13.33	171.62
Lamtoro	BP409	Atas	Selatan	0.67	501.55	1.96	85.18	12.50	179.13
Lamtoro	BP409	Atas	Timur	0.57	503.37	1.96	90.13	13.33	172.03
Lamtoro	BP409	Tengah	Utara	0.57	500.90	1.95	71.08	12.50	184.95
Lamtoro	BP409	Tengah	Barat	0.47	499.93	1.95	87.41	13.17	175.22
Lamtoro	BP409	Tengah	Selatan	0.61	500.21	1.95	99.74	11.67	186.32
Lamtoro	BP409	Tengah	Timur	0.68	500.66	1.95	74.47	12.17	177.57
Lamtoro	BP409	Bawah	Utara	0.66	498.03	1.95	67.10	11.50	202.90
Lamtoro	BP409	Bawah	Barat	0.64	495.41	1.95	92.37	14.17	172.45
Lamtoro	BP409	Bawah	Selatan	0.71	492.22	1.94	98.11	11.00	165.07
Lamtoro	BP409	Bawah	Timur	0.65	493.08	1.94	69.84	14.50	207.20

2. Nilai korelasi hasil fotosintesis dengan total klorofil, N total, konduktivitas stomata, kerapatan stomata dan luas daun pada penaung Sengon.

Jenis Naungan	Klon Kopi	Posisi Pengambilan Sampel Daun pada Tanaman Kopi	Arah	Hasil fotosintesis (Fv/Fm)	Total Klorofil ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ )	N Total ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	Konduktivitas Stomata ( $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{detik}$ )	Kerapatan Stomata ( $(\sum \text{stomata}/\text{mm}^2)$ )	Luas Daun ( $\text{cm}^2$ )
Sengon	BP 358	Atas	Utara	0.68	490.78	1.94	107.36	10.17	175.68
Sengon	BP 358	Atas	Barat	0.68	500.82	1.95	114.52	8.33	199.73
Sengon	BP 358	Atas	Selatan	0.71	513.38	1.97	142.24	8.83	192.98
Sengon	BP 358	Atas	Timur	0.72	522.32	1.98	116.61	8.33	181.57
Sengon	BP 358	Tengah	Utara	0.68	522.32	1.98	126.53	9.50	163.70
Sengon	BP 358	Tengah	Barat	0.71	524.34	1.99	144.30	8.33	137.72
Sengon	BP 358	Tengah	Selatan	0.73	523.91	1.99	125.89	9.33	165.92
Sengon	BP 358	Tengah	Timur	0.71	519.92	1.98	102.21	9.33	162.48
Sengon	BP 358	Bawah	Utara	0.74	516.65	1.97	117.14	9.33	181.17
Sengon	BP 358	Bawah	Barat	0.77	510.67	1.97	161.24	7.67	174.10
Sengon	BP 358	Bawah	Selatan	0.69	509.87	1.96	129.57	7.83	173.78
Sengon	BP 358	Bawah	Timur	0.75	510.08	1.97	101.32	10.67	178.02
Sengon	BP409	Atas	Utara	0.67	508.06	1.96	109.56	8.00	207.53
Sengon	BP409	Atas	Barat	0.64	510.22	1.97	95.68	10.00	218.95
Sengon	BP409	Atas	Selatan	0.69	515.86	1.97	109.89	11.33	205.82
Sengon	BP409	Atas	Timur	0.65	523.38	1.98	128.82	9.83	199.12
Sengon	BP409	Tengah	Utara	0.71	523.05	1.98	115.33	10.83	173.45
Sengon	BP409	Tengah	Barat	0.69	521.48	1.98	98.37	9.33	179.87
Sengon	BP409	Tengah	Selatan	0.70	521.34	1.98	119.88	8.67	179.70
Sengon	BP409	Tengah	Timur	0.71	511.37	1.97	121.21	8.17	164.62
Sengon	BP409	Bawah	Utara	0.63	498.25	1.95	109.17	8.67	194.92
Sengon	BP409	Bawah	Barat	0.69	490.59	1.94	104.25	9.50	189.48
Sengon	BP409	Bawah	Selatan	0.65	492.61	1.94	134.78	9.33	208.62
Sengon	BP409	Bawah	Timur	0.70	493.90	1.94	108.11	8.50	215.22

3. Nilai korelasi hasil fotosintesis dengan produksi pada penangung lamtoro dan sengon.

Jenis Naungan	Klon Kopi	No tanaman sampel	Hasil fotosintesis (Fv/Fm)	Produksi (Kg/ha)
Lamtoro	BP 358	1	0.68	69.98
Lamtoro	BP 358	2	0.59	241.67
Lamtoro	BP 358	3	0.65	332.36
Lamtoro	BP 358	4	0.70	412.43
Lamtoro	BP 358	5	0.59	496.10
Lamtoro	BP 358	6	0.63	785.58
Lamtoro	BP 409	1	0.74	322.32
Lamtoro	BP 409	2	0.58	533.73
Lamtoro	BP 409	3	0.53	642.44
Lamtoro	BP 409	4	0.58	782.56
Lamtoro	BP 409	5	0.58	1474.30
Lamtoro	BP 409	6	0.62	785.58
Sengon	BP 358	1	0.72	139.34
Sengon	BP 358	2	0.71	447.89
Sengon	BP 358	3	0.69	175.96
Sengon	BP 358	4	0.72	619.16
Sengon	BP 358	5	0.75	658.50
Sengon	BP 358	6	0.69	853.12
Sengon	BP 409	1	0.65	1480.52
Sengon	BP 409	2	0.59	473.66
Sengon	BP 409	3	0.75	671.83
Sengon	BP 409	4	0.74	759.81
Sengon	BP 409	5	0.70	693.16
Sengon	BP 409	6	0.66	1247.69

## E. Data Hasil Percobaan

### 1. Nilai hasil fotosintesis (Fv/Fm) pengamatan pertama.

Jenis Naungan	Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Hasil Fotosintesis (Fv/Fm) Pada Posisi Pengambilan Sampel Daun Tanaman Kopi												Rerata
				Atas				Tengah				Bawah				
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Lamtoro	BP 358	1	1	0.38	0.73	0.66	0.70	0.75	0.54	0.76	0.74	0.73	0.71	0.74	0.73	0.68
			2	0.61	0.35	0.34	0.67	0.72	0.71	0.75	0.15	0.71	0.62	0.70	0.74	0.59
		2	3	0.56	0.41	0.48	0.55	0.72	0.79	0.77	0.58	0.70	0.78	0.80	0.77	0.66
			4	0.62	0.69	0.67	0.68	0.70	0.71	0.76	0.67	0.65	0.63	0.72	0.72	0.68
		3	5	0.47	0.61	0.47	0.69	0.45	0.74	0.53	0.38	0.76	0.21	0.74	0.71	0.56
			6	0.54	0.72	0.41	0.21	0.76	0.77	0.72	0.48	0.81	0.73	0.77	0.78	0.64
	BP 409	1	1	0.78	0.79	0.61	0.78	0.76	0.78	0.78	0.66	0.85	0.84	0.83	0.68	0.76
			2	0.42	0.53	0.62	0.69	0.32	0.50	0.73	0.40	0.50	0.82	0.73	0.68	0.58
		2	3	0.27	0.82	0.68	0.53	0.58	0.52	0.28	0.69	0.48	0.43	0.67	0.56	0.54
			4	0.58	0.33	0.61	0.29	0.65	0.28	0.40	0.87	0.56	0.86	0.79	0.79	0.58
		3	5	0.67	0.13	0.80	0.65	0.57	0.24	0.85	0.73	0.81	0.40	0.81	0.52	0.60
			6	0.55	0.40	0.66	0.71	0.57	0.69	0.61	0.71	0.82	0.63	0.32	0.84	0.63
Sengon	BP 358	1	1	0.63	0.62	0.85	0.79	0.71	0.80	0.84	0.76	0.63	0.75	0.68	0.64	0.73
			2	0.66	0.75	0.74	0.68	0.70	0.77	0.74	0.61	0.79	0.80	0.70	0.78	0.73
		2	3	0.60	0.66	0.62	0.61	0.74	0.74	0.76	0.52	0.71	0.74	0.86	0.80	0.70
			4	0.69	0.71	0.72	0.86	0.83	0.63	0.66	0.76	0.73	0.79	0.69	0.80	0.74
		3	5	0.71	0.73	0.76	0.74	0.77	0.75	0.79	0.70	0.78	0.83	0.69	0.69	0.74
			6	0.75	0.66	0.65	0.55	0.59	0.63	0.71	0.77	0.81	0.82	0.78	0.68	0.70
	BP 409	1	1	0.67	0.60	0.66	0.58	0.67	0.53	0.73	0.74	0.79	0.73	0.69	0.67	0.67
			2	0.68	0.58	0.73	0.49	0.48	0.62	0.74	0.77	0.27	0.56	0.46	0.68	0.59
		2	3	0.74	0.73	0.78	0.68	0.68	0.81	0.78	0.83	0.77	0.88	0.75	0.86	0.77
			4	0.56	0.75	0.58	0.81	0.81	0.73	0.77	0.85	0.78	0.81	0.68	0.84	0.75
		3	5	0.53	0.62	0.71	0.73	0.75	0.85	0.75	0.84	0.69	0.75	0.73	0.77	0.73
			6	0.75	0.65	0.79	0.64	0.67	0.74	0.75	0.71	0.66	0.77	0.78	0.78	0.72

2. Nilai hasil fotosintesis (Fv/Fm) pengamatan kedua.

Jenis Naungan	Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Hasil Fotosintesis (Fv/Fm) Pada Posisi Pengambilan Sampel Daun Tanaman Kopi												Rerata	
				Atas				Tengah				Bawah					
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Lamtoro	BP 358	1	1	0.35	0.75	0.58	0.72	0.75	0.48	0.76	0.70	0.73	0.74	0.75	0.72	0.67	
			2	0.63	0.30	0.37	0.67	0.69	0.72	0.71	0.17	0.71	0.67	0.68	0.78	0.59	
		2	3	0.54	0.38	0.43	0.50	0.70	0.70	0.73	0.64	0.72	0.75	0.77	0.75	0.64	
			4	0.63	0.71	0.77	0.70	0.67	0.74	0.76	0.71	0.60	0.72	0.72	0.74	0.70	
		3	5	0.46	0.66	0.50	0.76	0.42	0.68	0.53	0.49	0.75	0.15	0.84	0.71	0.58	
			6	0.30	0.71	0.31	0.28	0.69	0.72	0.69	0.44	0.73	0.73	0.75	0.74	0.59	
		BP 409	1	1	0.75	0.73	0.66	0.75	0.76	0.76	0.77	0.67	0.81	0.77	0.77	0.78	0.75
			2	0.34	0.50	0.59	0.63	0.39	0.52	0.70	0.31	0.58	0.79	0.72	0.69	0.56	
	2		3	0.55	0.83	0.67	0.58	0.52	0.14	0.20	0.66	0.41	0.57	0.68	0.76	0.55	
			4	0.62	0.44	0.69	0.41	0.64	0.28	0.43	0.81	0.55	0.80	0.80	0.74	0.60	
	3		5	0.68	0.11	0.71	0.53	0.36	0.24	0.81	0.83	0.86	0.41	0.79	0.35	0.56	
			6	0.59	0.23	0.69	0.16	0.66	0.68	0.66	0.62	0.75	0.50	0.48	0.74	0.56	
Sengon	BP 358	1	1	0.69	0.64	0.73	0.66	0.73	0.79	0.79	0.85	0.62	0.72	0.64	0.73	0.72	
			2	0.71	0.74	0.65	0.70	0.66	0.67	0.62	0.62	0.67	0.72	0.72	0.75	0.69	
		2	3	0.76	0.65	0.63	0.65	0.65	0.64	0.79	0.54	0.82	0.56	0.70	0.75	0.68	
			4	0.63	0.76	0.73	0.74	0.65	0.69	0.75	0.77	0.77	0.81	0.58	0.77	0.72	
		3	5	0.77	0.62	0.69	0.86	0.66	0.82	0.78	0.87	0.70	0.81	0.69	0.73	0.75	
			6	0.67	0.61	0.75	0.72	0.56	0.75	0.73	0.65	0.75	0.80	0.75	0.73	0.70	
		BP 409	1	1	0.65	0.62	0.69	0.57	0.74	0.50	0.70	0.71	0.57	0.66	0.69	0.70	0.65
			2	0.71	0.59	0.41	0.54	0.64	0.69	0.70	0.40	0.73	0.76	0.31	0.43	0.57	
	2		3	0.75	0.81	0.75	0.73	0.80	0.75	0.44	0.80	0.71	0.73	0.77	0.86	0.74	
			4	0.69	0.75	0.77	0.78	0.82	0.79	0.78	0.85	0.64	0.69	0.57	0.80	0.74	
	3		5	0.70	0.68	0.74	0.69	0.72	0.70	0.68	0.64	0.57	0.49	0.70	0.67	0.66	
			6	0.59	0.68	0.74	0.36	0.74	0.63	0.63	0.58	0.69	0.74	0.68	0.60	0.64	

3. Nilai hasil fotosintesis (Fv/Fm) pengamatan ketiga.

Jenis Naungan	Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Hasil Fotosintesis (Fv/Fm) Pada Posisi Pengambilan Sampel Daun Tanaman Kopi												Rerata
				Atas				Tengah				Bawah				
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Lamtoro	BP 358	1	1	0.41	0.74	0.62	0.71	0.78	0.51	0.75	0.72	0.75	0.76	0.74	0.74	0.68
			2	0.65	0.39	0.42	0.72	0.71	0.69	0.72	0.14	0.72	0.62	0.66	0.70	0.60
		2	3	0.58	0.57	0.46	0.45	0.73	0.73	0.73	0.61	0.75	0.73	0.76	0.77	0.65
			4	0.57	0.75	0.76	0.75	0.70	0.72	0.73	0.68	0.67	0.63	0.74	0.72	0.70
		3	5	0.50	0.73	0.55	0.77	0.40	0.74	0.59	0.41	0.74	0.30	0.76	0.73	0.60
			6	0.52	0.77	0.33	0.34	0.72	0.76	0.69	0.53	0.78	0.60	0.79	0.74	0.63
	BP 409	1	1	0.76	0.70	0.64	0.73	0.82	0.79	0.82	0.70	0.76	0.72	0.74	0.63	0.73
			2	0.45	0.57	0.68	0.67	0.41	0.53	0.76	0.50	0.43	0.80	0.69	0.61	0.59
		2	3	0.40	0.83	0.60	0.55	0.51	0.40	0.28	0.59	0.49	0.47	0.60	0.50	0.52
			4	0.66	0.35	0.69	0.34	0.62	0.12	0.30	0.79	0.56	0.69	0.78	0.75	0.55
		3	5	0.45	0.37	0.81	0.60	0.51	0.24	0.82	0.80	0.83	0.42	0.79	0.46	0.59
			6	0.58	0.32	0.72	0.72	0.69	0.76	0.65	0.73	0.74	0.55	0.70	0.79	0.66
Sengon	BP 358	1	1	0.62	0.62	0.78	0.74	0.76	0.83	0.74	0.81	0.74	0.76	0.60	0.78	0.73
			2	0.65	0.63	0.80	0.66	0.68	0.71	0.65	0.70	0.78	0.78	0.76	0.81	0.72
		2	3	0.65	0.67	0.64	0.67	0.68	0.66	0.75	0.51	0.81	0.72	0.78	0.83	0.70
			4	0.65	0.71	0.69	0.82	0.63	0.57	0.80	0.78	0.75	0.79	0.68	0.74	0.72
		3	5	0.70	0.76	0.69	0.78	0.72	0.79	0.77	0.80	0.74	0.77	0.64	0.78	0.74
			6	0.65	0.63	0.72	0.68	0.57	0.59	0.53	0.69	0.66	0.82	0.54	0.76	0.65
	BP 409	1	1	0.67	0.58	0.63	0.58	0.57	0.56	0.67	0.75	0.55	0.66	0.65	0.69	0.63
			2	0.64	0.52	0.73	0.62	0.63	0.77	0.66	0.56	0.57	0.31	0.28	0.34	0.55
		2	3	0.79	0.71	0.78	0.75	0.72	0.73	0.59	0.70	0.71	0.79	0.75	0.74	0.73
			4	0.78	0.50	0.63	0.63	0.80	0.74	0.81	0.80	0.74	0.73	0.80	0.79	0.73
		3	5	0.65	0.67	0.79	0.81	0.73	0.60	0.78	0.72	0.33	0.81	0.68	0.78	0.70
			6	0.57	0.51	0.59	0.61	0.82	0.59	0.69	0.62	0.65	0.58	0.73	0.53	0.62

4. Indeks Klorofil daun hasil pembacaan *Chlorophyllmeter SPAD-502* pengamatan pertama.

Jenis Naungan	Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Indeks Klorofil Daun Pada Posisi Pengambilan Sampel Daun Tanaman Kopi												Rerata
				Atas				Tengah				Bawah				
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Lamtoro	BP 358	1	1	70.9	68.5	69.1	71.9	65.4	62.4	68.5	74.4	64.1	69.7	70.4	64.5	68.32
			2	61.8	65.4	60.8	60.3	70.2	66.8	70.4	73.5	57.3	56.4	58.3	67	64.02
		2	3	65.1	64.8	77.7	64.9	64.7	62.6	62.9	60.7	58	58.9	74.1	74.3	65.73
			4	69.6	64.1	64.1	66.9	74.6	69.1	75.31	68.3	57.8	60.5	57.1	53.6	65.08
		3	5	63.7	70.2	64.8	65.8	66.6	62.5	74.3	68	62.3	61.6	65.3	67.9	66.08
			6	69.9	66.6	65.5	56.4	68.6	68.6	62.8	64.3	70.3	66.4	68.8	69.7	66.49
	BP 409	1	1	66.1	66	63.5	66.6	65.5	71.1	71.6	69.5	74.9	76.8	69.8	67.8	69.10
			2	65.5	69.1	63.2	72.7	64.3	61.2	68.1	59.8	60.1	66.4	70.2	60.8	65.12
		2	3	61.6	65.7	60.9	61.8	70.7	65.4	60.5	67.1	65.6	49.2	62.6	72.3	63.62
			4	64.5	69.5	67.2	69.3	76.9	59.7	65.6	68.3	64.1	70.1	72.1	64.7	67.67
		3	5	71.9	70.2	69.9	68.3	66.4	65.6	71.2	64.2	54.7	70.4	76.8	70.3	68.33
			6	68.5	65.7	63.9	62.1	68.8	63.9	68.7	62.7	69.2	62.2	69.2	55.6	65.04
Sengon	BP 358	1	1	62.5	69.2	62.3	59	67.1	64.9	69.9	67.9	69.8	66.4	61.1	68.4	65.71
			2	63.8	67.1	67.1	68.9	65.5	61.4	67.9	69.5	72.1	69.5	63	74.2	67.50
		2	3	59.7	64.4	69.6	62.2	69.3	65	66.7	65.3	65.3	68.6	72.1	64.8	66.08
			4	62.9	65.8	72.3	65.6	62.5	60.1	64.8	70.9	70.2	64	59.6	63.8	65.21
		3	5	68.3	65	67.8	72.6	72.5	70	71.3	69.7	63	61.2	67.5	62.4	67.61
			6	68.2	61.8	66.4	61.1	68.9	57.9	71.1	65.4	67.5	70.6	68.9	71.2	66.58
	BP 409	1	1	64.4	62.6	64.9	66	67.1	65.6	62.5	68.7	67.8	63.3	66.1	72.7	65.98
			2	72	68	70.1	69.7	65	63.9	62.8	63.7	62.5	63.9	70.6	69.8	66.83
		2	3	66.9	72.1	70.3	64.2	65.6	66.6	65.7	70.4	65.3	75	68.1	68	68.18
			4	68	71.9	70.8	63.4	74.8	68.3	72.9	70.7	72.9	73.7	63.6	77.6	70.72
		3	5	65.4	67	70.6	64.5	74.2	63.7	68.9	73.7	65.4	63.7	67.5	66.5	67.59
			6	63.7	67.1	67.3	68	67.5	60.3	63.3	62	63.2	64.8	68.5	69.4	65.43

Keterangan :

Nilai Indeks klorofil daun (X) digunakan untuk mengetahui nilai klorofil a ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ), klorofil b ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ), total klorofil ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ) dan kandungan N total daun ( $\text{g}/\text{m}^2$ ). Persamaan untuk mendapatkan nilai klorofil a (Ka), Klorofil b (Kb), Total klorofil (KT) dan N total daun (N) sebagai berikut ;

$$\text{Ka} = 15,5866 + 1,0338X + 0,0679X^2$$

$$\text{Kb} = 30,1471 - 0,4592X + 0,0270X^2$$

$$\text{KT} = 44,5885 + 0,7188X + 0,0933X^2$$

$$\text{N} = 0,6716 + 0,0194X$$

5. Indeks Klorofil daun hasil pembacaan *Chlorophyllmeter SPAD-502* pengamatan kedua.

Jenis Naungan	Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Indeks Klorofil Daun Pada Posisi Pengambilan Sampel Daun Tanaman Kopi												Rerata
				Atas				Tengah				Bawah				
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Lamtoro	BP 358	1	1	72.5	68.5	64.9	72.4	65	62.6	69.9	70.5	62.9	68	69.7	65.8	67.73
			2	64.1	64.8	66	63.8	71.4	71.6	73.5	76.6	59	58.3	55.5	65.1	65.81
		2	3	63.2	64.9	80.7	64.1	65.7	65.8	66.3	62.3	58.8	56.4	68.8	73.3	65.86
			4	65.3	62	64.9	66.7	71.8	71.3	74.4	60.3	59	59.8	60.6	60.6	64.73
		3	5	64.1	70.1	65.7	66.3	64.9	63.3	72.6	71.6	62.4	65.1	67.6	68.1	66.82
			6	63.9	62.5	62.8	58	63.8	70.8	60	65.4	69.4	64.3	71.3	68.2	65.03
	BP 409	1	1	70.8	70.2	63.2	65.4	62.7	68.7	66.5	66.1	76.8	77.2	67.3	68.3	68.60
			2	65.5	70.2	63.1	67	64.4	58.9	68.8	60	59.3	66.1	65.5	63.8	64.38
		2	3	60.8	68	61.9	63.4	70.9	66.6	58.1	67	68.3	70.4	65.8	74.3	66.29
			4	63.4	65.7	66.6	68.8	75	59.5	63.4	72.1	67.1	68.2	68.4	63.9	66.84
		3	5	70.3	68.1	69.9	66.7	70.2	67.6	72	63.1	55.3	69.2	79.3	68.8	68.38
			6	70.1	65.6	67.2	60.7	66.7	67	68.6	63.1	65.3	63.5	70.6	56	65.37
Sengon	BP 358	1	1	59.5	70.2	60.8	62.8	68.4	65.4	70.2	69.2	68.7	60.4	59.3	65.7	65.05
			2	62.2	67	69.7	67.5	65.5	59.6	69.5	63.8	70.2	69.9	67.4	73.4	67.14
		2	3	63	63.4	68.7	61.8	67.2	66.9	64.7	67.7	72	63.6	68.7	63	65.89
			4	64.2	66.3	72.1	63.8	63.9	63.2	64.3	71.6	68.4	67.2	61	65.2	65.93
		3	5	69.1	63.7	68	70.3	70.8	72.4	70.5	68.5	64.4	63.2	68	61.4	67.53
			6	71.1	64	65.9	59.3	69.9	57.7	66.6	62.3	67.7	71.8	66.8	72.9	66.33
	BP 409	1	1	67.4	60.8	64.3	67	69	63.5	66.6	68.5	69.4	62.8	63.5	70.3	66.09
			2	69.1	63.6	72.9	70.5	67.3	64.2	61.2	65.3	64.3	62.3	72.1	70	66.90
		2	3	66.5	70.5	70.5	60.5	68.1	63.7	64.6	72.9	59	72.5	65.6	71.8	67.18
			4	67.2	70.6	68.3	62.3	75.6	69	76.3	72.3	66.4	72.1	62.8	76.5	69.95
		3	5	63.6	69.9	67.8	65.8	75.9	63.3	70.3	73.4	67.1	64.5	67.6	64.4	67.80
			6	59.8	68.4	64	68.3	64.9	61.7	60.9	58.8	65.8	62.4	63.2	70.3	64.04

Keterangan :

Nilai Indeks klorofil daun (X) digunakan untuk mengetahui nilai klorofil a ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ), klorofil b ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ), total klorofil ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ) dan kandungan N total daun ( $\text{g}/\text{m}^2$ ). Persamaan untuk mendapatkan nilai klorofil a (Ka), Klorofil b (Kb), Total klorofil (KT) dan N total daun (N) sebagai berikut ;

$$\text{Ka} = 15,5866 + 1,0338X + 0,0679X^2$$

$$\text{Kb} = 30,1471 - 0,4592X + 0,0270X^2$$

$$\text{KT} = 44,5885 + 0,7188X + 0,0933X^2$$

$$\text{N} = 0,6716 + 0,0194X$$

6. Indeks Klorofil daun hasil pembacaan *Chlorophyllmeter SPAD-502* pengamatan ketiga.

Jenis Naunan	Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Indeks Klorofil Daun Pada Posisi Pengambilan Sampel Daun Tanaman Kopi												Rerata
				Atas				Tengah				Bawah				
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Lamtoro	BP 358	1	1	73.8	68.1	64.5	74.4	63.7	64.1	69.5	72.7	61.5	68.3	69.3	69.2	68.26
			2	65.3	65.1	61.8	61.6	70	72	78.2	74.1	66.9	59.6	53.5	70	66.51
		2	3	64.4	64	75.7	65.8	66.2	58.3	68.2	61.4	58.2	60.3	74.3	72.4	65.77
			4	66	64.8	64.2	66.8	73.4	71.4	76.1	64.1	61.3	57.1	61.8	63.2	65.85
		3	5	68.2	70.6	62.4	64.9	63.5	64.7	73.8	69.3	66.4	64.8	69.9	67.3	67.15
			6	64.2	64.6	61.8	60.1	69.7	67.5	61	67.2	70.8	61.5	68.8	68	65.43
	BP 409	1	1	73	71	65	67.3	64.4	71.1	70.6	67.9	77.3	75.5	68.2	69.1	70.03
			2	67.6	70.8	63.7	69.8	67.2	60.3	67.8	62.4	57.7	69.2	70.1	65.7	66.03
		2	3	62.6	67.3	62.2	65.6	74.1	64.5	64.2	69.7	66.2	70.4	68.4	68.2	66.95
			4	68.1	63.5	67.8	65.3	69.1	60.8	64.8	66.4	66.8	70.2	65.6	69.1	66.46
		3	5	71	70.6	68.2	63.5	64.3	69.8	70.2	64.6	55.6	72.5	79	65.3	67.88
			6	70	64.4	63.4	58.6	64.7	62.5	68.4	57.6	62.9	66.3	69.5	54.4	63.56
Sengon	BP 358	1	1	62.6	68.6	64.4	66.2	68.5	66.5	67.8	70.5	73.4	66.7	63.7	63.9	66.90
			2	62.7	65.1	71.4	69.8	67.6	64.2	64.5	66.7	69.9	72.8	66.6	67.4	67.39
		2	3	62.6	64.7	69.4	64.1	69.9	65.1	68.7	65.6	65.7	62	68.3	63.8	65.83
			4	61.5	65.6	66.8	67.2	65.7	64.8	66.7	72.4	66.1	69	62.2	65.6	66.13
		3	5	65.3	66.2	64.8	68.7	71.1	69.8	70.9	68.6	63.6	64.2	67.1	68.3	67.38
			6	71.6	68.8	66.8	66.9	68.6	61.3	72.6	73.7	66.3	71.1	64.4	68.8	68.41
	BP 409	1	1	63.6	62.1	62.6	65	67.5	64.2	66	66.6	73.3	65.7	67.8	73.3	66.48
			2	69.2	67.3	70.3	71.1	69.8	63.3	65.6	63.3	63.8	62.9	70.5	69.8	67.24
		2	3	67.4	71.5	68.3	67.7	64.6	68.6	66.2	69.4	64.8	76	68.1	71.1	68.64
			4	67.5	71	66.9	64.5	73.6	67.9	74	70.9	73.8	73.5	65.8	77.5	70.58
		3	5	66.1	68	69.8	66.9	75.7	67	70.4	76.9	64.4	62.8	65.7	62.8	68.04
			6	62	70	68.7	65.8	66.3	63	59.4	59.1	66.6	65.7	66.2	67.2	65.00

Keterangan :

Nilai Indeks klorofil daun (X) digunakan untuk mengetahui nilai klorofil a ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ), klorofil b ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ), total klorofil ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ ) dan kandungan N total daun ( $\text{g}/\text{m}^2$ ). Persamaan untuk mendapatkan nilai klorofil a (Ka), Klorofil b (Kb), Total klorofil (KT) dan N total daun (N) sebagai berikut ;

$$\text{Ka} = 15,5866 + 1,0338X + 0,0679X^2$$

$$\text{Kb} = 30,1471 - 0,4592X + 0,0270X^2$$

$$\text{KT} = 44,5885 + 0,7188X + 0,0933X^2$$

$$\text{N} = 0,6716 + 0,0194X$$

7. Nilai Konduktivitas stomata (mmol/m<sup>2</sup>/detik) pengamatan pertama.

Jenis Naungan	Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Konduktivitas stomata (mmol/m <sup>2</sup> /detik) Pada Posisi Pengambilan Sampel Daun Tanaman Kopi												Rerata
				Atas				Tengah				Bawah				
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Lamtoro	BP 358	1	1	52.4	116.4	69.6	81.2	116.6	76.5	42.4	103.4	139.3	29.7	48.8	126.5	83.57
			2	34.1	122.3	86.6	37.1	66.4	31.1	138.6	83.7	186.4	69.7	61.5	87.6	83.76
		2	3	175.4	78.6	90.2	115.4	85.5	51.4	112.4	108.8	38.7	57.8	135.5	181.3	102.58
			4	78.5	43.1	131.3	95.6	82.4	75.4	40.1	147.6	70.1	195.4	78.7	70.5	92.39
		3	5	44.4	158.4	61.6	73.2	108.6	68.5	34.4	95.4	131.3	41.7	40.8	118.5	81.40
			6	26.1	114.3	78.6	29.1	58.4	23.1	130.6	75.7	178.4	61.7	53.5	79.6	75.76
	BP 409	1	1	29.4	66.4	64.8	81.7	31.5	100.7	125	71.3	75.4	81.4	41.8	68.9	69.86
			2	104.6	81.7	148.5	57.8	55.4	135.4	93.4	69.4	49.3	144.6	80.1	101.2	93.45
		2	3	95.9	160.6	98.1	136.3	100.4	114.1	162.4	95.7	86.1	80.8	153.6	66.4	112.53
			4	53.1	110.2	34.4	64.6	97.6	38.4	36.8	102.1	58.7	104.5	70.7	106.8	73.16
		3	5	31.4	48.4	56.8	73.7	23.5	92.7	117	63.3	67.4	73.4	33.8	60.9	61.86
			6	96.6	73.7	140.5	49.8	47.4	127.4	85.4	61.4	41.3	136.6	72.1	93.2	85.45
Sengon	BP 358	1	1	108	107.4	68.8	149.9	70	141.8	92.6	65.8	83.5	154.1	224.8	95.9	113.55
			2	125	43.3	87.1	194	166.2	122.1	142.8	111.2	96.2	115.2	177.7	45.9	118.89
		2	3	97.1	135.9	185.2	105.2	109.5	91.3	138.7	74.5	151.8	123.3	79.3	80	114.32
			4	88.8	99.4	218.4	105.6	108.4	144	180	67.8	119.5	138.7	110	80.1	121.73
		3	5	92.5	74.3	121.7	57.5	134.8	106.3	62.3	63	118.9	168.2	88.2	71.8	96.63
			6	91.4	127	163	50.3	102.5	121.7	93	52.4	82.4	201.4	133.3	84.8	108.60
	BP 409	1	1	78.8	69.7	116.9	51.6	87	53.9	90.9	66.2	130.1	51.4	130.2	89.3	84.67
			2	90.3	83.7	111.8	131.3	119.3	78.6	95.4	109.8	136.2	66.3	153.9	76.1	104.39
		2	3	54.9	62.9	99.9	75.2	139.1	60.4	139.2	98.3	78.7	125.9	60.6	99.3	91.20
			4	128.3	87.6	104.4	62.4	145.2	75.3	162.9	103.6	92.7	120.8	140.3	100.4	110.33
		3	5	90.2	78.4	166.5	100.7	125.2	103	177.6	79.7	77.3	156	114.7	98.5	113.98
			6	122.5	104.5	103.3	79.4	50	77.7	93.9	120.6	43.4	121.3	146.3	118.8	98.48

8. Nilai Konduktivitas stomata (mmol/m<sup>2</sup>/detik) pengamatan kedua.

Jenis Naungan	Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Konduktivitas stomata (mmol/m <sup>2</sup> /detik) Pada Posisi Pengambilan Sampel Daun Tanaman Kopi												Rerata
				Atas				Tengah				Bawah				
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Lamtoro	BP 358	1	1	136.8	99.5	106.5	138.7	172.4	181.7	83.4	159.4	121.8	78.4	94.6	190.3	130.29
			2	59.3	238.5	19.6	35.5	138.4	83	85.7	110.4	110.9	138.1	110.2	92.8	101.87
		2	3	175.4	78.6	90.2	115.4	85.5	51.4	112.4	108.8	38.7	57.8	135.5	181.3	102.58
			4	78.5	43.1	131.3	95.6	82.4	75.4	40.1	147.6	70.1	195.4	78.7	70.5	92.39
		3	5	44.4	158.4	61.6	73.2	108.6	68.5	34.4	95.4	131.3	41.7	40.8	118.5	81.40
			6	51.3	230.5	11.6	27.5	130.4	75	77.7	102.4	102.9	130.1	102.2	84.8	93.87
	BP 409	1	1	40.1	119.2	48.5	91.7	73.4	105.1	44.1	42.1	67.8	71.4	60.8	39.2	66.95
			2	25.2	95.5	61.7	97.8	78.5	25.4	55.6	56.1	63.3	27.8	93.1	43.9	60.33
		2	3	40.5	109.7	134	80.3	84.4	90.4	50.8	77.9	65.4	73.8	90.7	113.6	84.29
			4	64.4	52.9	116.4	134.1	58.3	49.1	172.9	190.7	65.1	107.9	92.2	110.1	101.18
		3	5	32.1	111.2	40.5	83.7	65.4	97.1	36.1	34.1	59.8	63.4	52.8	31.2	58.95
			6	27.2	87.5	53.7	89.8	70.5	17.4	47.6	48.1	55.3	39.8	85.1	35.9	54.83
Sengon	BP 358	1	1	129	174.7	86.2	272.3	117.2	181.9	174.4	109.9	121.5	224.1	133.3	174.1	158.22
			2	42	71.5	163.7	133.3	119.5	132.8	208.4	208.6	137.1	126.6	144.2	114.4	133.51
		2	3	116.4	77.8	158.9	134	150.8	101.6	74.8	175.2	163.1	233.8	104.9	105.2	133.04
			4	52.3	96.1	203	62	131.1	151.8	120.2	75.5	124.2	186.7	100	99.4	116.86
		3	5	133.8	84.6	57.8	158.2	146.1	216.8	87.9	88.2	60.8	141.9	117	35.3	110.70
			6	114.1	134.8	103.2	70.6	107.2	169.7	37.9	79	79.1	186	53.7	92.5	102.32
	BP 409	1	1	180.3	120.5	111	143.4	180.6	84.3	83.5	186.3	149.7	80.1	125.8	117	130.21
			2	152	111.9	113.8	141.1	217.4	114.1	110.9	94.2	123.5	122.9	178.5	122.9	133.60
		2	3	123.4	93.3	92.5	195.3	158.7	89.1	134.8	126	129.5	100	152.4	161	129.67
			4	226.4	123.1	119.9	79	132.5	131.9	187.5	122.1	120.9	122.8	70.8	61.7	124.88
		3	5	45.9	82.9	58.2	111.3	43.4	122.2	81.3	128.2	108.9	43.6	82.3	75.7	81.99
			6	70.6	87.4	101.8	96	58.3	145.9	68.1	150.1	103.8	123.3	87.8	103.2	99.69

9. Nilai Konduktivitas stomata (mmol/m<sup>2</sup>/detik) pengamatan ketiga.

Jenis Naungan	Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Konduktivitas stomata (mmol/m <sup>2</sup> /detik) Pada Posisi Pengambilan Sampel Daun Tanaman Kopi												Rerata
				Atas				Tengah				Bawah				
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Lamtoro	BP 358	1	1	106.4	141.7	76.5	70.6	99.8	72.4	46.5	105.7	172.3	111.4	59.5	97.6	96.70
			2	53.7	100.4	28.4	69.5	84.4	41.7	41.7	73.4	139.1	66.3	51.2	61.1	67.58
		2	3	150.7	85.5	79.6	181.4	81.4	55.5	114.7	130.8	120.4	68.5	145.8	44.5	104.90
			4	119.4	62.7	109.4	37.4	101.8	93.4	50.7	50.7	106.6	148.1	75.3	60.2	84.64
		3	5	98.4	133.7	68.5	62.6	91.8	64.4	38.5	97.7	64.3	103.4	51.5	89.6	80.37
			6	45.7	92.4	20.4	61.5	76.4	33.7	37.7	65.4	131.1	58.3	43.2	53.1	59.91
	BP 409	1	1	86.9	151.6	89.1	127.3	91.4	105.1	153.4	86.7	77.1	71.8	144.6	57.4	103.53
			2	44.1	98.9	83.2	101.1	88.6	107.4	125.1	78.1	49.7	163.9	181.4	87.2	100.73
		2	3	82.4	114.1	53.1	51.1	76.8	80.4	69.8	48.2	128.2	57.5	100.7	34.2	74.71
			4	87.5	96.2	153.6	89.1	72.3	90.7	157.5	66.8	87.1	144.4	102.4	78.4	102.17
		3	5	78.9	143.6	81.1	119.3	83.4	97.1	145.4	78.7	69.1	63.8	136.6	49.4	95.53
			6	36.1	90.9	75.2	93.1	80.6	99.4	117.1	70.1	41.7	155.9	173.4	79.2	92.73
Sengon	BP 358	1	1	113.6	100.5	82.3	129.7	75.8	142.8	114.3	70.3	88.1	126.9	176.2	96.2	109.73
			2	65.5	99.4	135	171	71	118.5	129.7	101	78.9	90.4	209.4	141.3	117.59
		2	3	183.7	95.2	281.3	51	190.9	183.4	118.9	128.5	233.1	142.3	183.1	146.1	161.46
			4	80.5	172.7	142.3	109.2	141.8	217.4	217.6	113.5	135.6	153.2	121	166.7	147.63
		3	5	173.9	166.4	101.9	111.5	216.1	125.3	166.1	129.1	78.2	264.3	54	63.5	137.53
			6	124.8	200.4	200.6	133.6	118.6	136.2	106.4	126.2	155.7	125.3	122.1	130.5	140.03
	BP 409	1	1	70.4	98.2	86.4	174.5	111.6	133.2	111	185.6	108.4	85.3	164	122.7	120.94
			2	108.7	130.5	112.5	111.3	87.7	58	85.7	101.9	106.5	51.4	129.3	154.3	103.15
		2	3	150.3	142.2	120	194.6	117.4	94.3	173	131.7	107.2	95.4	183.5	117.7	135.61
			4	96.7	67	94.7	172.6	115.5	60.4	138.3	141.7	139.5	121.5	172.3	112.5	119.39
		3	5	76.3	75.5	178.3	209.4	72.1	117.8	109	115.5	103	135.4	144	153.9	124.18
			6	106.1	102.9	86.2	189.6	114.9	170.5	114.9	120.3	105.8	133.1	189.3	110.9	128.71

10. Nilai Kerapatan stomata daun kopi dengan penaung lamtoro.

Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Posisi Pengambilan Sampel Daun	Kerapatan Stomata Daun ( $\Sigma$ stomata/mm <sup>2</sup> ) Pada Posisi Pengambilan Sampel Daun Tanaman Kopi				Rerata
				Utara	barat	Selatan	timur	
BP 358	1	1	atas	434.45	543.07	398.25	325.84	425.40
			Tengah	362.04	506.86	398.25	362.04	407.30
			Bawah	434.45	470.66	543.07	398.25	461.61
		2	atas	506.86	506.86	506.86	434.45	488.76
			Tengah	434.45	579.27	325.84	687.88	506.86
			Bawah	434.45	362.04	434.45	362.04	398.25
	2	3	atas	434.45	434.45	506.86	506.86	470.66
			Tengah	470.66	470.66	506.86	543.07	497.81
			Bawah	470.66	362.04	651.68	398.25	470.66
		4	atas	362.04	325.84	543.07	506.86	434.45
			Tengah	615.47	470.66	362.04	398.25	461.61
			Bawah	434.45	325.84	253.43	362.04	343.94
	3	5	atas	579.27	470.66	434.45	325.84	452.55
			Tengah	470.66	398.25	398.25	434.45	425.40
			Bawah	325.84	506.86	398.25	398.25	407.30
		6	atas	362.04	506.86	398.25	325.84	398.25
			Tengah	579.27	398.25	398.25	543.07	479.71
			Bawah	470.66	434.45	434.45	398.25	434.45
BP 409	1	1	atas	579.27	434.45	506.86	434.45	488.76
			Tengah	506.86	470.66	579.27	543.07	524.96
			Bawah	506.86	434.45	398.25	543.07	470.66
		2	atas	434.45	543.07	434.45	506.86	479.71
			Tengah	362.04	543.07	398.25	434.45	434.45
			Bawah	362.04	615.47	434.45	579.27	497.81
	2	3	atas	470.66	434.45	470.66	398.25	443.50
			Tengah	543.07	434.45	398.25	434.45	452.55
			Bawah	434.45	434.45	398.25	579.27	461.61
		4	atas	398.25	398.25	470.66	470.66	434.45
			Tengah	398.25	506.86	253.43	398.25	389.20
			Bawah	362.04	543.07	434.45	434.45	443.50
	3	5	atas	543.07	434.45	398.25	543.07	479.71
			Tengah	506.86	470.66	470.66	398.25	461.61
			Bawah	362.04	470.66	362.04	362.04	389.20
		6	atas	470.66	651.68	434.45	543.07	524.96
			Tengah	398.25	434.45	434.45	434.45	425.40
			Bawah	470.66	579.27	362.04	651.68	515.91

11. Nilai Kerapatan stomata daun kopi dengan penaung sengon.

Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Posisi Pengambilan Sampel Daun	Kerapatan Stomata Daun ( $\Sigma$ stomata/mm <sup>2</sup> ) Pada Posisi Pengambilan Sampel Daun Tanaman Kopi				Rerata
				utara	Barat	Selatan	timur	
BP 358	1	1	atas	253.43	434.45	325.84	289.63	325.84
			tengah	398.25	470.66	362.04	398.25	407.30
			bawah	289.63	289.63	217.23	434.45	307.74
		2	atas	398.25	217.23	362.04	253.43	307.74
			tengah	362.04	289.63	253.43	289.63	298.69
			bawah	362.04	217.23	181.02	289.63	262.48
	2	3	atas	289.63	325.84	325.84	217.23	289.63
			tengah	362.04	253.43	362.04	217.23	298.69
			bawah	325.84	362.04	253.43	470.66	352.99
		4	atas	470.66	289.63	253.43	398.25	352.99
			tengah	362.04	325.84	362.04	362.04	352.99
			bawah	325.84	289.63	398.25	362.04	343.94
	3	5	atas	398.25	253.43	362.04	362.04	343.94
			tengah	253.43	253.43	289.63	398.25	298.69
			bawah	289.63	181.02	325.84	362.04	289.63
		6	atas	398.25	289.63	289.63	289.63	316.79
			tengah	325.84	217.23	398.25	362.04	325.84
			bawah	434.45	325.84	325.84	398.25	371.09
BP 409	1	1	atas	289.63	289.63	398.25	325.84	325.84
			tengah	470.66	398.25	325.84	289.63	371.09
			bawah	289.63	398.25	434.45	325.84	362.04
		2	atas	253.43	506.86	362.04	434.45	389.20
			tengah	325.84	289.63	253.43	325.84	298.69
			bawah	253.43	289.63	289.63	253.43	271.53
	2	3	atas	289.63	362.04	470.66	325.84	362.04
			tengah	362.04	289.63	325.84	362.04	334.89
			bawah	289.63	325.84	325.84	398.25	334.89
		4	atas	434.45	398.25	470.66	470.66	443.50
			tengah	398.25	434.45	289.63	253.43	343.94
			bawah	362.04	325.84	289.63	289.63	316.79
	3	5	atas	181.02	362.04	398.25	289.63	307.74
			tengah	398.25	325.84	362.04	289.63	343.94
			bawah	253.43	470.66	289.63	217.23	307.74
		6	atas	289.63	253.43	362.04	253.43	289.63
			tengah	398.25	289.63	325.84	253.43	316.79
			bawah	434.45	253.43	398.25	362.04	362.04

12. Nilai luas daun kopi (cm<sup>2</sup>) dengan penaung lamtoro.

Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Posisi Pengambilan Sampel Daun	Luas Daun Kopi (cm <sup>2</sup> ) Pada Posisi Pengambilan Sampel Daun Tanaman Kopi				Rerata
				Utara	Barat	Selatan	Timur	
BP 358	1	1	atas	162.8	215	231.9	286.6	224.075
			Tengah	148.1	276.2	253.8	187.8	216.475
			Bawah	193.7	198.4	155.8	155.8	175.925
		2	atas	150.5	162.7	170.8	116.1	150.025
			Tengah	107.1	88.7	107.8	142.1	111.425
			Bawah	170.6	157.3	80.6	177.6	146.525
	2	3	atas	157.1	118	131.7	145.6	138.1
			Tengah	196	183.2	165.6	132.3	169.275
			Bawah	106	111.4	86.6	102.2	101.55
		4	atas	162.2	143.5	141.6	179.2	156.625
			Tengah	164.8	148.1	168.3	171	163.05
			Bawah	133	129.1	151.4	167.4	145.225
	3	5	atas	177.5	152	146.6	142.2	154.575
			Tengah	117.5	117.1	121.4	135.4	122.85
			Bawah	93.4	109.2	115.2	141.1	114.725
		6	atas	88.1	77.4	85.7	81.2	83.1
			Tengah	163.5	109.1	129	131.6	133.3
			Bawah	116.2	148.3	86	99.8	112.575
BP 409	1	1	atas	153.3	196.3	196.5	155	175.275
			Tengah	207.4	198.8	185.7	243.7	208.9
			Bawah	162.2	124.6	135	170.2	148
		2	atas	190.9	161.7	197.5	161.8	177.975
			Tengah	139.3	165.6	176.3	125.6	151.7
			Bawah	200	231.2	176.8	218.7	206.675
	2	3	atas	176.8	186.2	211.3	173.8	187.025
			Tengah	120.1	163.4	166.4	139.7	147.4
			Bawah	204	128.9	125.3	227.9	171.525
		4	atas	218.7	210.8	191	201.2	205.425
			Tengah	194.6	182.1	182.8	155.3	178.7
			Bawah	169.5	149.6	174.5	206.7	175.075
	3	5	atas	126.3	112.7	126.7	173.3	134.75
			Tengah	189.6	125	175	232.8	180.6
			Bawah	262	161.7	214.4	236.3	218.6
		6	atas	162.8	162	151.8	167.1	160.925
			Tengah	258.7	216.4	231.7	168.3	218.775
			Bawah	219.7	238.7	164.4	183.4	201.55

13. Nilai luas daun kopi (cm<sup>2</sup>) dengan penaung sengon.

Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Posisi Pengambilan Sampel Daun	Luas Daun Kopi (cm <sup>2</sup> ) Pada Posisi Pengambilan Sampel Daun Tanaman Kopi				Rerata
				utara	Barat	Selatan	timur	
BP 358	1	1	atas	150.2	206.2	164.2	188.5	177.275
			Tengah	103.8	90.7	99.5	107.7	100.425
			Bawah	95.1	99.2	187.2	187.4	142.225
		2	atas	225	285.9	224.8	173.6	227.325
			Tengah	273.7	174.2	254.4	233.2	233.875
			Bawah	205.1	226.2	177.5	123.4	183.05
	2	3	atas	145.5	144.2	205.4	212.9	177
			Tengah	112.2	83.5	179	165.7	135.1
			Bawah	230.4	228.5	190.2	205.5	213.65
		4	atas	162.8	141.2	120.8	70.1	123.725
			Tengah	175.3	190.7	134.3	165.9	166.55
			Bawah	135.8	133.9	109.2	126.4	126.325
	3	5	atas	198.5	172.2	228.3	244.7	210.925
			Tengah	193.6	157.9	210.2	176.6	184.575
			Bawah	238.1	237.6	217.7	257.8	237.8
		6	atas	172.1	248.7	214.4	199.6	208.7
			Tengah	123.6	129.3	118.1	125.8	124.2
			Bawah	182.5	119.2	160.9	167.6	157.55
BP 409	1	1	atas	225.8	255.2	139.3	152.4	193.175
			Tengah	151.8	136.6	106.2	145.4	135
			Bawah	203.3	191.2	238.1	211.7	211.075
		2	atas	191.8	213.4	148.6	186.3	185.025
			Tengah	256.2	280.9	263.7	237.2	259.5
			Bawah	253.9	262.9	263.3	248.3	257.1
	2	3	atas	135.9	112.7	159.7	100	127.075
			Tengah	121.9	127.9	133	122.3	126.275
			Bawah	157.4	172.3	140.6	174.7	161.25
		4	atas	205.3	217	275.8	182.6	220.175
			Tengah	123.2	161.2	133.3	139	139.175
			Bawah	135.1	91.1	195	183.6	151.2
	3	5	atas	255.4	291.1	298.2	268.8	278.375
			Tengah	184.3	190.5	209.5	178.1	190.6
			Bawah	253.8	222.3	202.6	221.6	225.075
		6	atas	231	224.3	213.3	304.6	243.3
			Tengah	203.3	182.1	232.5	165.7	195.9
			Bawah	166	197.1	212.1	251.4	206.65

14. Data intensitas cahaya (%) pengamatan pertama.

Jenis Naungan	Sub Plot	Intensitas Sinar		Intensitas Cahaya Dibawah Penaung (%)
		Dibawah Naungan (lux)	Tanpa Penaung (lux)	
Lamtoro	1	841	1120	75.09
	2	786	1070	73.46
	3	877	1127	77.82
Sengon	1	516	946	54.55
	2	503	1035	48.60
	3	402	815	49.33

15. Data intensitas cahaya (%) pengamatan kedua.

Jenis Naungan	Sub Plot	Intensitas Sinar		Intensitas Cahaya Dibawah Penaung (%)
		Dibawah Naungan (lux)	Tanpa Penaung (lux)	
Lamtoro	1	855	1065	80.28
	2	791	1088	72.70
	3	804	1099	73.16
Sengon	1	499	1078	46.29
	2	531	1082	49.08
	3	367	710	51.69

16. Data intensitas cahaya (%) pengamatan ketiga.

Jenis Naungan	Sub Plot	Intensitas Sinar		Intensitas Cahaya Dibawah Penaung (%)
		Dibawah Naungan (lux)	Tanpa Penaung (lux)	
Lamtoro	1	857	1085	78.99
	2	944	1049	89.99
	3	911	964	94.50
Sengon	1	552	905	60.99
	2	630	1122	56.15
	3	584	1090	53.58

17. Data suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan kelembaban (%) pada areal penelitian dibawah penang lamtoro.

Hari Pengamatan	Waktu Pengamatan	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Kelembaban relatif (%)
1	06.00 - 06.15	22	77
	11.00 - 11.15	28	66
	15.00 - 15.15	24	88
	19.00 - 19.15	23	78
2	06.00 - 06.15	24	80
	11.00 - 11.15	24	88
	15.00 - 15.15	22	88
	19.00 - 19.15	22	88
3	06.00 - 06.15	23	88
	11.00 - 11.15	27	80
	15.00 - 15.15	23	88
	19.00 - 19.15	22	88
4	06.00 - 06.15	25	80
	11.00 - 11.15	27	86
	15.00 - 15.15	25	80
	19.00 - 19.15	22	88
5	06.00 - 06.15	23	78
	11.00 - 11.15	26	88
	15.00 - 15.15	27	88
	19.00 - 19.15	22	77
6	06.00 - 06.15	24	80
	11.00 - 11.15	28	92
	15.00 - 15.15	22	88
	19.00 - 19.15	22	88
7	06.00 - 06.15	24	80
	11.00 - 11.15	27	80
	15.00 - 15.15	23	88
	19.00 - 19.15	21	87
Rata2 Harian	Rata2 06.00 - 06.15	23.57	80.43
	Rata2 11.00 - 11.15	26.71	82.86
	Rata2 15.00 - 15.15	23.71	86.86
	Rata2 19.00 - 19.15	22.00	84.86
Rata2 Total		24	83.75

18. Data suhu ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan kelembaban (%) pada areal penelitian dibawah penaung sengan

Hari Pengamatan	Waktu Pengamatan	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Kelembaban relatif (%)
1	06.00 - 06.15	22	78
	11.00 - 11.15	27	73
	15.00 - 15.15	25	72
	19.00 - 19.15	22	88
2	06.00 - 06.15	23	88
	11.00 - 11.15	25	90
	15.00 - 15.15	23	78
	19.00 - 19.15	23	88
3	06.00 - 06.15	25	80
	11.00 - 11.15	28	92
	15.00 - 15.15	24	80
	19.00 - 19.15	23	88
4	06.00 - 06.15	23	88
	11.00 - 11.15	27	80
	15.00 - 15.15	24	88
	19.00 - 19.15	22	88
5	06.00 - 06.15	22	78
	11.00 - 11.15	26	80
	15.00 - 15.15	28	82
	19.00 - 19.15	28	82
6	06.00 - 06.15	24	80
	11.00 - 11.15	27	73
	15.00 - 15.15	26	80
	19.00 - 19.15	24	80
7	06.00 - 06.15	23	78
	11.00 - 11.15	33	78
	15.00 - 15.15	22	88
	19.00 - 19.15	22	77
rata2 Harian	Rata2 06.00 - 06.15	23.14	81.43
	Rata2 11.00 - 11.15	27.57	80.86
	Rata2 15.00 - 15.15	24.57	81.14
	Rata2 19.00 - 19.15	23.43	84.43
Rata2 Total		24.68	81.96

19. Data taksasi produksi buah

Jenis Naungan	Klon Kopi	Sub Plot	No Tanaman Sampel	Jumlah cabang produktif	Jumlah dompol pada ulangan				Jumlah buah/dompol pada ulangan (butir)				Jumlah total buah (butir)
					1	2	3	4	1	2	3	4	
Lamtoro	BP 358	1	1	28	4	2	2	2	2	3	2	2	196.9
			2	32	7	6	5	3	3	4	3	4	679.9
		2	3	24	5	3	4	5	5	5	4	2	935.0
			4	29	9	8	5	4	4	4	4	5	1160.3
		3	5	40	10	8	11	6	6	6	5	5	1395.6
			6	34	7	7	4	5	6	5	5	6	1296.6
	BP 409	1	1	49	3	5	3	7	5	2	3	3	906.8
			2	41	9	10	9	5	5	2	3	4	1501.5
		2	3	70	9	5	7	6	4	5	3	5	1807.3
			4	50	12	6	9	10	3	5	5	4	2201.5
		3	5	52	10	6	9	10	8	8	3	5	4147.5
			6	78	9	5	7	5	3	4	4	5	2210.0
Sengon	BP 358	1	1	35	4	4	5	3	4	4	4	2	392.0
			2	37	8	3	4	6	3	10	8	9	1260.0
		2	3	55	4	2	4	5	4	7	4	7	495.0
			4	42	6	5	10	10	8	7	10	6	1741.8
		3	5	29	6	5	5	3	10	12	10	7	1852.5
			6	41	7	4	8	11	7	10	12	11	2400.0
	BP 409	1	1	62	14	5	8	7	6	14	8	12	4165.0
			2	52	4	9	4	3	6	12	4	4	1332.5
		2	3	63	2	5	5	4	10	6	5	6	1890.0
			4	56	6	6	3	4	10	7	10	9	2137.5
		3	5	79	6	7	7	5	7	6	5	6	1950.0
			6	85	4	6	5	3	9	8	10	13	3510.0