



**DINAMIKA SUHU UDARA SIANG-MALAM TERHADAP  
FOTORESPIRASI FASE GENERATIF KOPI ROBUSTA  
DIBAWAH NAUNGAN YANG BERBEDA PADA  
SISTEM AGROFORESTRY**

**Skripsi**

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat dalam menyelesaikan  
Program Sarjana Pertanian

Oleh  
**SUTAN BUDI UTOMO**  
**NIM:071510101108**

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



**DINAMIKA SUHU UDARA SIANG-MALAM TERHADAP  
FOTORESPIRASI FASE GENERATIF KOPI ROBUSTA  
DIBAWAH NAUNGAN YANG BERBEDA PADA  
SISTEM AGROFORESTRY**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**SUTAN BUDI UTOMO  
NIM:071510101108**

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

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Istri tercinta (Linda) dan anak-anakku tersayang (Rani, Ping dan Akbar) yang dengan sabar menunggu dan mendoakan serta memberikan izin untuk melakukan studi dari awal sampai selesai

guru-guru yang terhormat, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran

teman-teman Mahasiswa Beasiswa Unggulan Angkatan 2006 dan 2007, Team Tembako SU (We Are Tobacco People), khususnya sahabat-sahabatku dan tim penelitian ini

Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember;

## **PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SUTAN BUDI UTOMO

NIM : 071510101108

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul : *DINAMIKA SUHU UDARA SIANG-MALAM TERHADAP FOTORESPIRASI FASE GENERATIF KOPI ROBUSTA DIBAWAH NAUNGAN YANG BERBEDA PADA SISTEM AGROFORESTRY* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta 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 adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 14 Juli 2011

Yang menyatakan,

Sutan Budi Utomo  
NIM 071510101108

**SKRIPSI**

**DINAMIKA SUHU UDARA SIANG-MALAM TERHADAP  
FOTORESPIRASI FASE GENERATIF KOPI ROBUSTA  
DIBAWAH NAUNGAN YANG BERBEDA PADA  
SISTEM AGROFORESTRY**

Oleh

**SUTAN BUDI UTOMO**  
NIM 071510101108

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Anang Syamsunihar, MP.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Sholeh Avivi, MSi.

## **PENGESAHAN**

Skripsi berjudul *DINAMIKA SUHU UDARA SIANG-MALAM TERHADAP FOTORESPIRASI FASE GENERATIF KOPI ROBUSTA DIBAWAH NAUNGAN YANG BERBEDA PADA SISTEM AGROFORESTRY* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Pertanian Universitas Jember pada:

hari : Kamis  
tanggal : 14 JULI 2011  
tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Tim Penguji  
Ketua,

**Dr Ir. Anang Syamsunihar, MP.**  
NIP.196606261991031002

Anggota I,

Anggota II,

**Dr. Ir. Sholeh Avivi, MSi.**  
NIP.196907212000121002

**Ir.R. Soedradjad, MT**  
NIP.195707181984031001

Mengesahkan  
Dekan,

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

## RINGKASAN

Dinamika suhu udara siang-malam terhadap fotorespirasi fase generatif kopi robusta dibawah naungan yang berbeda pada sistem agroforestry; Sutan Budi Utomo, 071510101108; 2011: 43 halaman; Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jember

---

Tanaman kopi tidak menghendaki penyinaran dengan intensitas cahaya tinggi (100%), akan tetapi intensitas cahaya yang dikehendaki sekitar 60%-80% dengan temperatur udara 20-25<sup>0</sup>C. Pengaruh intensitas cahaya yang terlalu tinggi menyebabkan kenaikan suhu disekitar tanaman terutama dipermukaan daun kopi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui penggunaan dua pohon penabung yang berbeda terhadap dinamika suhu siang malam dan proses fotorespirasi tanaman kopi robusta (*Coffea canephora*). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengukuran terhadap intensitas cahaya, suhu maksimum-minimum, fotosintesis, kandungan klorofil, daya hantar stomata, produk fotorespirasi dan data hasil panen. Hasil penelitian menunjukkan tanaman kopi robusta yang dinaungi sengon memperoleh intensitas cahaya sebesar 46,50 %, sedangkan yang di naungi lamtoro sebesar 82,58%, suhu udara maksimum siang hari dibawah naungan lamtoro lebih tinggi yaitu 29,2<sup>0</sup>C dari pada suhu dibawah naungan sengon yaitu 28,1<sup>0</sup>C, laju fotosintesis pada tanaman kopi dibawah naungan sengon menunjukkan lebih baik dari pada naungan lamtoro yaitu 0,756  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  pada naungan sengon dan 0,533  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  naungan lamtoro, kandungan klorofil daun tanaman kopi dibawah naungan lamtoro lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan klorofil dibawah naungan sengon yaitu 59,16 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$  dibawah naungan lamtoro dan 56,69 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$  dibawah naungan sengon, nilai daya hantar stomata pada tanaman kopi dibawah naungan lamtoro lebih tinggi yaitu 228,96  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  sedangkan nilai daya hantar stomata tanaman kopi dibawah naungan sengon lebih rendah yaitu 80,08  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , kandungan glikin tanaman kopi dibawah penabung lamtoro (4,99 ppm) lebih tinggi nilainya dari pada kandungan glikin di bawah naungan sengon (4,37 ppm), dan produksi kopi dibawah pohon penabung sengon lebih tinggi dari pada produksi kopi dibawah naungan lamtoro yaitu 1109,1 kg/ha dan produksi kopi dibawah penabung lamtoro yaitu 919,4 kg/ha.

## SUMMARY

The dynamics of night and days air temperature to generative phase of Robusta coffee in different shading of agro forestry system; Sutan Budi Utomo, 071510101108; 2011: 43 pages, Faculty of Cultivation Agriculture. Jember University.

---

Coffee plants didn't need light with high intensity (100%), but It just need for about 60%-80% by 20-25% air temperature. The side effect of high light intensity will make temperature ascension on coffee leaf surrounding. The aim of this research is to find out the use of two different shade plants concerning the dynamics of night and days air temperature and photorespirations process of Robusta coffee plant ( *Coffea conephora*). The method that used in this research is by measure the light intensity, maximum and minimum temperature, photosynthesis, chlorophyll content, stomata conductivity, photorespiration product, and the harvest result. The result of this research indicate that Robusta coffee which is shading by sengon plants got light intensity for about 46,50%, whereas shading by Lamtoro plants is higher than sengon on maximum temperature at noon that is 29,2°C under shading the sengon tree 28,1<sup>0</sup>C. The rate of photosynthesis in coffee plants under the auspices sengon show better than the shade on shade lamtoro sengon namely 0.765 and 0.533 in the shade lamtoro, chlorophyll content of leaves of coffee plants under the auspices of lamtoro higher than the chlorophyll content in the shade under sengon is 59,16 lamtoro shade and under 56.69 the auspices of sengon, the stomata konduktion on coffee plants under the auspices of lamtoro higher at 228.96 ummol/m<sup>2</sup>/s sedanangkan stomata value konduktion coffee plants under the auspices of sengon lower at 80.08 ummol/m<sup>2</sup> / s, the content of the coffee plants under the shade glysin lamtoro (4.99 ppm) is higher in value than the content glysin under the auspices of sengon (4.37 ppm), and the production of coffee under shade trees sengon higher than on the production of coffee under lamtoro auspices of 1109.1 kg / ha and production of coffee under the shade lamtoro is 919.4 kg / ha.



## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Dinamika suhu udara siang-malam terhadap fotorespirasi fase generatif kopi robusta dibawah naungan yang berbeda pada sistem agroforestry*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan stasa satu (S1) pada Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi (DIKTI) yang berkenan memberikan beasiswa unggulan sehingga memberikan kesempatan besar kepada penulis untuk menyelesaikan studinya sampai meraih gelar S1.
2. Dr Ir. Anang Syamsunihar, MP. selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr. Ir. Sholeh Avivi, MSi., selaku Dosen Pembimbing Anggota I dan Ir.R. Soedradjat,MT Dosen Pembimbing Anggota II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
3. Ir. Sigit Prastowo,M.P., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa.
4. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan dorongan baik moril maupun materil sehingga skripsi ini dapat penulis selesaikan.
5. Kepada istriku dan anak-anakku tercinta yang telah memberikan bantuan doa dan kesabarannya.
6. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan selama mengikuti studi dan penulisan skripsi ini.

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

Jember, 14 Juli 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>SUMARY</b> .....	<b>viii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB. 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Perumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan dan Manfaat</b> .....	<b>3</b>
1.2.1 Tujuan Penelitian .....	<b>3</b>
1.2.2 Manfaat Penelitian .....	<b>3</b>
<b>BAB. II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Tanaman Kopi</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Tanaman Penaung Dalam Budidaya Tanaman Kopi</b> .....	<b>6</b>
2.2.1 Naungan Sengon .....	<b>8</b>
2.3.2 Naungan Lamtoro .....	<b>8</b>
<b>2.3 Fotorespirasi</b> .....	<b>9</b>
<b>BAB. III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>12</b>
<b>3.1 Lokasi dan Waktu</b> .....	<b>12</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3 Pelaksanaan Penelitian</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3.1 Observasi Lapangan dan Penentuan Lokasi</b> .....	<b>13</b>

3.3.2 Pengukuran Parameter di Lapangan .....	14
3.3.3 Pengambilan dan Penyimpanan Contoh Daun Kopi.....	15
3.3.4 Persiapan dan Analisis Daun di Laboratorium .....	15
3.3.5 Parameter Penelitian .....	16
3.3.6 Interpretasi Penelitian .....	17
<b>BAB. IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>18</b>
<b>BAB. V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>30</b>
5.1 Kesimpulan .....	30
5.2 Saran .....	30
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>31</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	
<b>A.TABEL DATA.....</b>	<b>35</b>
<b>B. FOTO-FOTO PENELITIAN.....</b>	<b>41</b>

## DAFTAR GAMBAR

No	Keterangan	Halaman
Gambar 1	Siklus dalam fotorespirasi.....	10
Gambar 2	Denah Plot lokasi penelitian.....	13
Gambar 3	Naungan sengon dan lamtoro.....	14
Gambar 4	Intensitas cahaya rerata yang diteruskan oleh kanopi penaung	18
Gambar 5	Intensitas cahaya rerata dibawah kanopi kopi.....	19
Gambar 6	Rata-rata suhu maximum dan minimum pada siang hari.....	20
Gambar 7	Rata-rata suhu maximum dan minimum pada malam hari.....	21
Gambar 8	Daya hantar stomata .....	22
Gambar 9	Kandungan klorofil.....	24
Gambar 10	Laju fotosintesis daun kopi dibawah naungan sengon dan lamtoro.....	25
Gambar 11	Kandungan glysine.....	27
Gambar 12	Produksi kopi.....	28

## DAFTAR LAMPIRAN

No	Keterangan	Halaman
Lampiran 1	Suhu Maximum dan Minimum.....	35
Lampiran 2	Intensitas Cahaya Matahari.....	35
Lampiran 3	Laju Fotosintesis.....	37
Lampiran 4	Daya Hantar Stomata	38
Lampiran 5	Kandungan Klorofil.....	39
Lampiran 6	Glysin.....	40
Lampiran 7	Hasil Produksi	40

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Tanaman kopi (*Coffea* sp .) merupakan tanaman C3, dengan ciri khas efisiensi fotosintesis rendah, karena terjadi fotorespirasi. Efisiensi fotosintesis tanaman kopi yang rendah menjadikan laju pertumbuhan tanaman kopi itu sendiri menjadi tidak optimal (Mawardi, 2004). Terdapat empat jenis kopi yang umumnya dibudidayakan di Indonesia akan tetapi dari keempat jenis kopi tersebut hanya jenis Robusta yang lebih banyak diusahakan baik oleh perkebunan negara maupun perkebunan rakyat.

Produksi potensial ditentukan oleh sifat genetis bahan tanam yang digunakan, sedangkan produksi aktual di lapangan ditentukan oleh lingkungan tempat tumbuhnya, baik berupa kondisi kesesuaian lahan maupun cara budidayanya. Kondisi kesesuaian lahan tanaman kopi sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, terutama kondisi iklim mikro disekitar tanaman kopi. Selain itu tanaman kopi tidak menghendaki penyinaran langsung (100%), akan tetapi intensitas cahaya yang dikehendaki sekitar 40% sampai 70% (Muschler.,1995).

Pengaruh intensitas cahaya yang terlalu tinggi menyebabkan kenaikan suhu disekitar tanaman terutama dipermukaan daun kopi. Peningkatan suhu disekitar tanaman kopi akan berdampak pada konsentrasi CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dipermukaan daun. Menurut Prawoto (2007) temperatur yang tinggi dan intensitas cahaya yang berlebihan juga mengakibatkan O<sub>2</sub> terlepas dari H<sub>2</sub>O sehingga O<sub>2</sub> lebih banyak dipermukaan daun dari pada CO<sub>2</sub> dan akan menyebabkan terjadinya fotorespirasi.

Mengingat tanaman kopi tidak menghendaki intensitas cahaya matahari yang tinggi, maka budidaya kopi dapat dilakukan dengan sistem agroforestri yaitu dengan penanaman pohon secara bersama-sama dengan tanaman budidaya dengan harapan antara tanaman budidaya dan tanaman pohon yang ditanam saling memberi keuntungan. Menurut Razak (2008) Agroforestry sebagai bentuk

menumbuhkan dengan sengaja dan mengelola pohon secara bersama-sama dengan tanaman pertanian dan atau pakan ternak dalam sistem yang bertujuan menjadi berkelanjutan secara ekologi, sosial dan ekonomi. Penanaman tanaman penaung bersamaan dengan tanaman budidaya merupakan salah satu cara untuk menyesuaikan kondisi lingkungan dengan syarat tumbuh tanaman kopi. Tanaman penaung yang sering digunakan di perkebunan rakyat yaitu lamtoro dan sengon, sehingga dari kedua jenis pohon penaung tersebut memberikan intensitas cahaya matahari yang diterima tanaman kopi akan berbeda. Intensitas penaung yang berbeda akan berpengaruh terhadap fisiologi tanaman, yaitu fotosintesis dan fotorespirasi. Sehingga perlu dilakukan pengkajian pengaruh tanaman penaung yang berbeda yaitu sengon dan lamtoro terhadap fotorespirasi tanaman kopi.

Pengkajian-pengkajian tentang masalah penggunaan penaung dalam budidaya tanaman kopi sangatlah perlu dilakukan mengingat tanaman kopi merupakan tanaman C3 yang cenderung melakukan proses fotorespirasi, sehingga akan menurunkan efisiensi proses fotosintesis. Pengkajian ini akan memberikan gambaran dan pengetahuan tentang penggunaan penaung yang paling sesuai untuk tanaman kopi, mengingat budidaya kopi khususnya kopi robusta lebih banyak diusahakan oleh perkebunan rakyat yang masih perlu mendapatkan informasi-informasi penting yang berkaitan dengan budidaya tanaman kopi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Kopi merupakan tanaman C3 yang cenderung melakukan fotorespirasi dimana proses fotorespirasi merugikan bagi tanaman. Proses fotorespirasi terjadi pada saat intensitas cahaya tinggi dengan peningkatan suhu mikro disekitar tanaman. Kondisi ini lebih tinggi tingkat terjadinya fotorespirasi pada kebun kopi tanpa penaung, idealnya dalam budidaya kopi membutuhkan naungan. Penggunaan naungan yang dapat meminimalisir terjadinya proses fotorespirasi belum dikaji secara mendalam. Pada penelitian ini tanaman kopi dengan dua jenis penaung yang berbeda yaitu lamtoro dan sengon diamati dinamika suhu siang malam dan diukur laju fotorespirasi pada tanaman kopi. Produk utama yang dihasilkan dalam

proses fotorespirasi adalah glysine, sehingga identifikasi laju fotorespirasi dapat diketahui dengan mengukur kandungan glysine dalam tanaman.

### **1.3 Tujuan dan Manfaat**

#### **1.3.1 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan dua pohon penaung yang berbeda terhadap dinamika suhu udara siang malam dan proses fotorespirasi tanaman kopi robusta (*Coffea conephora*) di perkebunan kopi rakyat dan untuk mengetahui penaung yang paling sesuai untuk tanaman kopi.

#### **1.3.2 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi tentang penggunaan pohon penaung yang memberikan dinamika suhu udara siang malam terbaik, sehingga fotorespirasi dapat ditekan.



## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Tanaman Kopi**

Terdapat lebih dari 70 jenis kopi di dunia Umumnya jenis kopi yang banyak dikenal yaitu kopi arabika, kopi robusta, kopi ekselsa dan kopi liberika, namun pada penelitian ini menggunakan tanaman kopi jenis robusta. Pertumbuhan kopi meliputi dua fase yaitu fase vegetatif dan fase generatif. Fase generatif untuk tanaman kopi relatif lebih panjang dari pada fase vegetatif yaitu dimulai dari fase primordia bunga sampai buah siap panen. Sedangkan fase vegetatif dimulai dari setelah panen sampai terbentuknya primordia bunga. Kopi robusta dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian tempat 300-500 m dpl dengan curah hujan 2.000-3.000 mm/th serta penyinaran dibawah 80%. Kemiringan tanah yang dapat ditanami kopi kurang dari 45% dengan kedalaman tanah efektif lebih dari 100 cm (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2006).

Faktor suhu mempunyai peranan penting untuk pertumbuhan maupun produksi tanaman kopi. Suhu optimum untuk tanaman kopi Robusta sama dengan kondisi habitat aslinya yaitu 21<sup>0</sup> – 25<sup>0</sup> C. Suhu udara lebih dari 25<sup>0</sup>C laju fotosintesis menurun dan daun rusak yang dimulai dengan terjadinya klorosis, sebaliknya pada suhu yang terlalu rendah (kurang dari 20<sup>0</sup> C) dapat menyebabkan terganggunya aktifitas fisiologis daun sehingga warnanya berubah kekuningan yang dimulai dari bagian pinggir (Pujiyanto,1999). Selain iklim, sifat fisik dan kimia tanah juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman kopi dimana sifat fisik yang dikehendaki tanaman kopi yaitu lapisan atas tanah lebih dalam, permeabel dan gembur, sehingga akar mampu tumbuh dan berkembang serta mendapatkan nutrisi dari dalam tanah dengan lebih baik (Garden Colaborations and Land Grant University extensions, 2007). Tanah untuk tanamn kopi robusta menghendaki tanah agak asam sampai netral dengan kisaran pH 5,5 sampai 6,5 (Hulupi, 2007).

Musim kering dengan temperatur yang tinggi juga diperlukan untuk persiapan pembungaan dan pembentukan buah, tetapi pada saat mekarnya bunga dibutuhkan curah hujan secukupnya, sedangkan penyinaran dibutuhkan 500-600  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  cahaya langsung dan pada daun atas kopi yang ternaungi sebesar 300

$\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  (Prawoto, 2007). Penyinaran yang terus menerus dan secara langsung akan mengakibatkan daun berwarna kuning karena klorofil rusak (Salisbury dan Ross, 1992). Mengingat tanaman kopi yang tidak menghendaki penyinaran langsung, maka dalam budidaya tanaman kopi sangat baik apabila pola penanaman dilakukan dengan sistem agroforestry.

Secara umum, *agroforestry* didefinisikan sebagai suatu sistem penggunaan lahan dan teknologi, dimana tanaman keras berkayu ditanam bersama-sama dengan tanaman pertanian dan hewan dengan tujuan tertentu dimana didalamnya terdapat interaksi ekologi dan ekonomi (*World Congress of Agroforestry*) (Soedradjad dan Syamsunihar, 2010). Agroforestry pada dasarnya adalah pola pertanaman yang memanfaatkan sinar matahari dan tanah yang berlapis untuk meningkatkan produktivitas lahan. Penanaman dengan sistem agroforestry seperti halnya penanaman secara tumpangsari, dimana pada satu lahan ditanami beberapa tanaman misalnya sengon (*Paraserianthes falcataria*) yang memiliki tajuk (*canopy*) yang tinggi dan luas. Setelah penanaman sengon dibawah tanaman sengon ditanam tanaman kopi (*Coffea* spp) yang memang memerlukan naungan untuk berproduksi. Lapisan terbawah di dekat permukaan tanah dimanfaatkan untuk menanam empon-empon atau rimpang-rimpangan yang toleran atau tahan terhadap naungan. Bisa dimengerti bahwa dengan menggunakan pola tanam agroforestry ini, dari sebidang lahan bisa dihasilkan beberapa komoditas yang bernilai ekonomi. Akan tetapi sebenarnya pola tanam agroforestry sendiri tidak sekedar untuk meningkatkan produktivitas lahan, tetapi juga melindungi lahan dari kerusakan dan mencegah penurunan kesuburan tanah melalui mekanisme alami. Tanaman kayu yang berumur panjang diharapkan mampu memompa zat-zat hara (*nutrient*) di lapisan tanah yang dalam, kemudian ditransfer ke permukaan tanah melalui luruhnya biomasa (Budiadi, 2005).

Selain itu, hal yang juga mempengaruhi proses fisiologi tanaman kopi yaitu kecepatan angin. Angin yang kencang akan mempertinggi penguapan air, mengganggu proses penyerbukan dan pembuahan tanaman kopi. Namun kecepatan angin yang sesuai akan membantu dalam proses penyerbukannya (Hulupi, 2007). Peningkatan konsentrasi  $\text{CO}_2$  di udara akan meningkatkan laju

fotosintesis tanaman, meningkatkan pertumbuhan dan produktifitas tanaman. Peningkatan CO<sub>2</sub> diudara juga akan meningkatkan perbedaan suhu udara maksimum (siang) dan minimum (malam) dan akan menyebabkan meningkatnya fotorespirasi dan respirasi (June,2008). Kopi robusta termasuk tanaman C<sub>3</sub> sehingga perlu pohon penaung selama pertumbuhannya agar intensitas cahaya yang sampai ke tajuk tanaman kopi merupakan intensitas optimal untuk proses metabolismenya (Lambers, *et al*, 2008). Kondisi lingkungan merupakan pembatas utama dalam proses-proses metabolisme tanaman kopi, seperti fotosintesis (Ramalho, 2006), fotorespirasi (Sanchez, *et al*. 2005) dan transpirasi (Swarthout, 2008).

## **2.2 Tanaman Penaung dalam Budidaya tanaman Kopi.**

Tanaman kopi Robusta agar dapat tumbuh secara optimum membutuhkan kondisi lingkungan yang sangat sesuai. Penanaman tanaman penaung merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memperoleh kondisi lingkungan yang sesuai. Pemberian naungan akan mengurangi intensitas cahaya yang diterima tanaman dan mengakibatkan adanya perubahan-perubahan unsur-unsur iklim seperti suhu udara dan kelembaban udara di sekitar daerah pertanaman (Bahar, 1995). Menurut Cunningham and Read. (2002) temperatur optimum untuk fotosintesis antara spesies tanaman berbeda. Beberapa manfaat tanaman penaung bagi tanaman kopi antara lain untuk mengurangi intensitas cahaya matahari agar tidak terlalu panas, mengurangi perbedaan temperatur antara siang dan malam, menjaga iklim mikro agar lebih stabil, sumber bahan organik, penahan angin dan erosi (Yahmadi,2007). Menurut Ronquium, *et al*. (2006) tingginya intensitas cahaya matahari dan temperatur di lahan pertanaman kopi berimplikasi terhadap jumlah asimilasi karbon (*Net Carbon Assimilation*), menurunkan efisiensi fotosistem II dan konduktivitas stomata. Temperatur juga dapat menyebabkan terjadinya titik kompensasi CO<sub>2</sub> dimana titik kompensasi CO<sub>2</sub> meningkat seiring meningkatnya temperatur (Esipe and Colman, 1987). Menurut Schroeder, (1951); Alvim, (1977) menyatakan tanaman penaung dapat mengurangi beban panas pada siang hari dan dapat dijadikan penyangga suhu pada malam hari sehingga suhu udara lebih stabil. Cahaya yang dapat diterima oleh tanaman juga dipengaruhi

oleh kondisi tempat (Duryat, 2008). Tanaman penaung untuk tanaman kopi biasanya menggunakan tanaman seperti lamtoro, dadap dan sengon. Tanaman sengon, dadap dan lamtoro sebagai penaung berfungsi sebagai pengendali iklim mikro agar pertumbuhan tanaman kopi robusta menjadi optimal (Soedradjad dan Syamsunihar, 2010).

Tanaman penaung untuk tanaman kopi harus memiliki syarat sebagai berikut: tajuk tidak terlalu rimbun, dan tahan dipangkas (mampu segera melakukan pemulihan tajuk setelah dipangkas), memiliki perakaran yang kuat; memiliki percabangan yang mudah diatur, ukuran daun relatif kecil, mudah rontok dan dapat meneruskan cahaya, termasuk leguminosa dan berumur panjang; mengurangi intensitas cahaya matahari agar tidak terlalu panas, mengurangi perbedaan temperatur antara siang dan malam dan menjaga iklim mikro agar lebih stabil, memperpanjang umur tanaman/masa produksi kopi, dan kualitas kopi (Amarta, 2010). Selain sebagai pengatur untuk menciptakan kondisi iklim mikro yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi, tanaman penaung juga sebagai penyeimbang ekologi dan nutrisi tanah. Tanaman penaung sebagai pemasok nutrisi makro pada lahan budidaya tanaman kopi dengan sistem agroforestry (Soedradjad dan Syamsunihar, 2010). Penggunaan pohon penaung diperkebunan kopi tergantung pada banyak faktor, yang paling penting yang berkaitan dengan tujuan produksi, penambahan hasil panen, dan sebagai pengubah kondisi lingkungan yang sesuai (Muschler, 1997). Dalam fotosintesis tanaman kopi robusta, kualitas dan kuantitas cahaya memiliki peranan yang sangat penting (Yulianti, *et al.*, 2007).

Mengingat manfaat tanaman penaung, maka sangatlah perlu untuk menggunakan tanaman penaung dipertanaman kopi. pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi juga dipengaruhi oleh kondisi naungan (Wachjar, *et al.*, 2002). Jenis tanaman penaung yang umum digunakan pada pertanaman kopi rakyat adalah penaung sengon (*Paraserianthes falcataria*) dan lamtoro (*Leucaena leucocephala*)

### **2.2.1 Naungan Sengon (*Paraserianthes falcataria*)**

Sengon merupakan salah satu spesies yang paling cepat pertumbuhannya didunia yang mampu tumbuh 8 meter/tahun pada tahun pertama penanaman dan tumbuh pada jenis tanah Ultisol dan Inceptisol. Sengon banyak ditanam di daerah tropis, terutama di hutan hujan dataran rendah atau hutan pegunungan rendah. Tanaman ini dapat tumbuh mulai daerah pantai hingga 1600 m dpl namun dapat tumbuh optimal pada ketinggian 0-800 mdpl dengan curah hujan 200-2700 mm/th. Pohon sengon mampu tumbuh sampai ketinggian 40 m dengan diameter bisa mencapai 100 cm atau lebih (Hidayat. 2002).

Tanaman ini merupakan tanaman serba guna mulai dari akar sampai daun dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan. Daun sengon, sebagai famili mimosiae lainnya merupakan pakan ternak yang baik dan mengandung protein tinggi. Sengon termasuk pohon *leguminosa* (tanaman pengikat nitrogen) agar bisa menambat *Nitrogen* atau  $N_2$ , sengon bersimbiosis dengan *Rhizobium*.  $N_2$  merupakan salah satu unsur hara yang diperlukan tanaman dalam pertumbuhan tanaman (Cakrawala, 2004).

### **2.2.2 Naungan Lamtoro(*Leucaena leucocephala*)**

Tanaman lamtoro berasal dari daerah dengan kondisi tanah berkapur, dari dataran rendah di Yukatan Peninsula Mexico dan Guatemala. Tanaman ini tumbuh pada daerah kapur yang kisaran pH netral hingga basa dan pertumbuhan akan kurang baik pada pH dibawah 5, tahan kekeringan, curah hujan berkisar antara 500-2000 mm/th dan tidak tahan genangan. Tanaman ini juga tidak tahan pada temperatur dingin dimana pada kondisi ini pertumbuhannya terlambat dan apabila terdapat embun beku maka dapat menyebabkan kematian (Nugroho.2009).

Menurut Padmowijoto (2004), menyatakan bahwa tanaman leucaena (lamtoro) yang ditanam rapat dengan jarak antara baris satu meter, mampu menghasilkan pupuk hijau sebanyak 120 ton/ha/tahun, sehingga dapat memberikan 1000 kg nitrogen, 200 kg asam fosfat dan 800 kg potasium, berturut-turut setara dengan 100 sak (50 kg) ammonium sulfat, 20 sak (50 kg) super fosfat dan 24 sak (50 kg).

Sejak lama lamtoro telah dimanfaatkan sebagai pohon peneduh, mencegah erosi, sumber kayu bakar dan pakan ternak. Di hutan-hutan tanaman jati yang

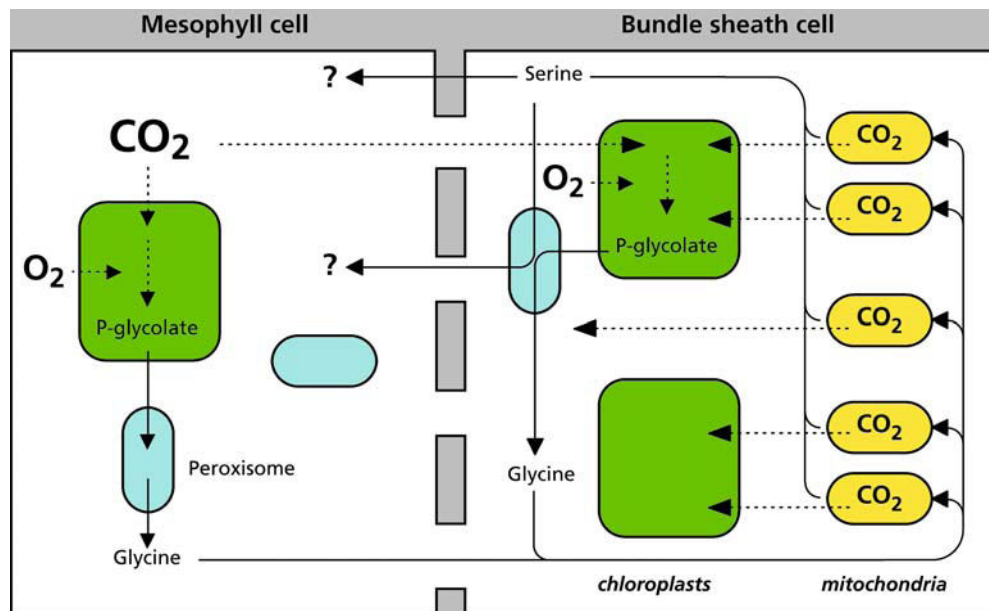
dikelola Perhutani di Jawa, lamtoro kerap ditanam sebagai tanaman sela untuk mengendalikan hanyutan tanah (erosi) dan meningkatkan kesuburan tanah. Perakaran lamtoro memiliki nodul-nodul akar tempat mengikat nitrogen, lamtoro tumbuh dengan cepat dan dapat mencapai ukuran dewasanya (tinggi 13—18 m) dalam waktu 3 sampai 5 tahun..

### **2.3 Fotorespirasi**

Fotorespirasi adalah sejenis respirasi pada tumbuhan yang dibangkitkan oleh penerimaan cahaya yang diterima oleh daun. Diketahui pula bahwa kebutuhan energi dan ketersediaan oksigen dalam sel juga mempengaruhi fotorespirasi. Walaupun menyerupai respirasi (pernafasan) biasa, yaitu proses oksidasi yang melibatkan oksigen, mekanisme respirasi karena rangsangan cahaya ini agak berbeda dan dianggap sebagai proses fisiologi tersendiri. Tingkat CO<sub>2</sub> yang menurun dalam daun akan mengurangi bahan ke siklus calvin, sehingga membuat keadaan ini memburuk karena rubisco dapat menerima O<sub>2</sub> sebagai pengganti CO<sub>2</sub>. Konsentrasi O<sub>2</sub> yang melebihi konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam ruang udara di daun, rubisco menambahkan O<sub>2</sub> pada siklus calvin dan bukannya CO<sub>2</sub>. Produknya terurai, satu potong, senyawa berkarbon 2, dikirim keluar dari kloroplas. Mitokondria dan periksisom kemudian memecah molekul berkarbon 2 menjadi CO<sub>2</sub>. Proses ini disebut fotorespirasi karena prsoes ini terjadi dalam cahaya (foto) dan mengkonsumsi O<sub>2</sub> (respirasi). Akan tetapi tidak seperti respirasi seluler, fotorespirasi tidak menghasilkan ATP.

Fotorespirasi merupakan jalur alternatif untuk memproduksi glyceraldehyde 3-phosphate (G3P) oleh rubisco yang merupakan enzim utama untuk reaksi terang dalam fotosintesis II (juga dikenal sebagai siklus Calvin atau Primary Carbon Reduction/PCR siklus) (Habibi, 2009). Menurut Cleland *et al.* (1998) menyatakan bahwa aktifitas rubisco meningkat seiring dengan meningkatnya cahaya. Ciri utama rubisco adalah kemampuannya mengkatalisis ribulose-1,5-bisfosfat karboksilase maupun oksigenase (Orgen 1984; Leegood *et al.* 1995; Taiz and Zaiger 2006).

Rubisco lebih menyukai karbon dioksida dibandingkan oksigen, (kira-kira 3 carboxylasi setiap oxygenasi), oxygenase oleh robisco juga sering terjadi dan memproduksi satu glycolate dan satu glycerate sehingga fotorespirasi tidak menghasilkan ATP (fotorespirasi). Hal ini biasanya terjadi ketika tingkat oksigen tinggi sebagai contoh, ketika stomata tertutup untuk mencegah transpirasi berlebih pada temperatur tinggi dan hari kering (Schulz *et al.* 2002). Respon ini adalah respon O<sub>2</sub> yang berhubungan dengan kompetisi antara O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> terhadap enzim Rubisco dalam siklus Calvin. Pada reaksi fotosintesis, CO<sub>2</sub> bereaksi dengan RuBP dan membentuk 2 molekul 3PGA. Sedangkan dalam proses fotorespirasi, O<sub>2</sub> menggantikan CO<sub>2</sub> untuk bereaksi dengan RuBP (Departement of Biologi Marietta College, 2008). Reaksi ini melibatkan tiga organel sel pada daun yaitu kloroplas, peroxisom dan mitokondria ( Gambar 1 ).



Gambar 1. Siklus dalam fotorespirasi

Temperatur dan cahaya merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses fotorespirasi dimana produk utama dalam fotorespirasi adalah glysin. Glysin termasuk dalam protein biosintesis dan sebagai prekursor penting dalam proses biosintesis, antara lain sintesis fosfolipid dan formasi purin. Konsentrasi glycine pada tanaman bervariasi (terutama pada tanaman C3) karena tergantung pada aktifitas metabolismenya (fotorespirasi) (Bourguignon and Douce, 1999).

Menurut Parnik *et.al.*, (2003) menyatakan glycine pada tanaman C3 menyebabkan hasil asimilasinya hilang sekitar 15% saat terjadi proses fotorespirasi.



## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1. Lokasi dan waktu penelitian**

Penelitian ini mencakup penelitian lapangan dan analisis laboratorium. Penelitian lapangan dilaksanakan di Perkebunan Kopi Rakyat Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember. Perkebunan kopi rakyat tersebut ditanam dengan sistem agroforestry dengan curah hujan rata-rata 317 mm/bulan dan ketinggian lahan 623-626 mdpl. Kegiatan analisis glycine dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember. Penelitian ini berlangsung pada bulan Oktober-Desember 2010

### **3.2. Alat dan bahan penelitian**

#### **3.2.1. Alat penelitian**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Lux Meter Leaf Porometer, Termometer maximum-minimum, Mini-PAM, Chlorofilmeter, Pisau, Gunting, Plastik, Kertas, Karet, Termos pendingin, Alat tulis menulis.

#### **3.2.2. Bahan penelitian**

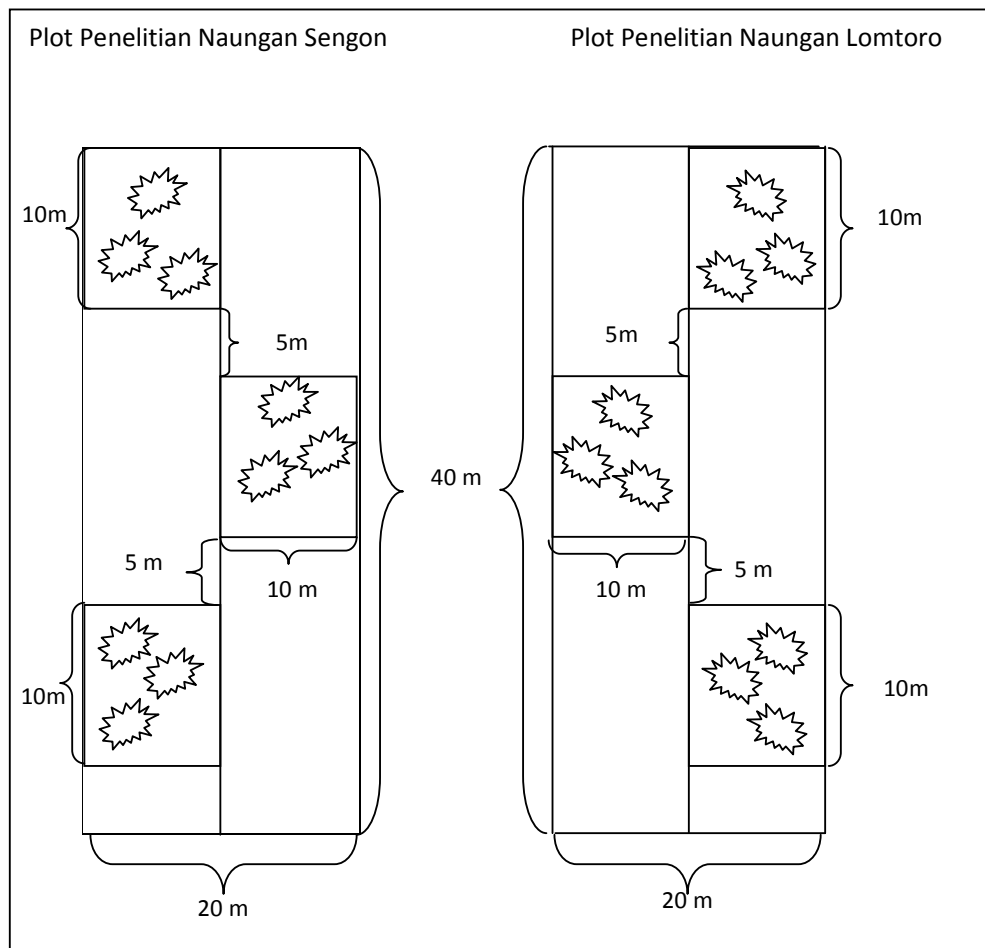
Bahan-bahan yang digunakan antara lain: Daun sampel dan bahan-bahan kimia untuk analisis glisin antara lain buffer citrate, ninhydrin, larutan standar dan larutan etanol 60% mengikuti prosedur yang dilaksanakan di laboratorium.

### **3.3. Pelaksanaan penelitian**

Penelitian dilaksanakan dalam dua tahapan yaitu tahap pertama pengambilan data di lapangan yang meliputi observasi intensitas cahaya di lapangan, laju fotosintesis, daya hantar stomata, kandungan klorofil daun, dan suhu siang malam. Tahapan ke dua yaitu dengan melakukan analisis glisin untuk indikator tingkat laju fotorespirasi di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Universitas Jember. Rangkaian pelaksanaan kegiatan meliputi:

#### **3.3.1. Observasi Lapangan dan Penentuan Lokasi.**

Observasi lapangan dilakukan dengan menggunakan metode transek yaitu dengan berjalan kaki menelusuri lokasi penelitian untuk menentukan plot petak. Penelitian ini dilakukan pada perkebunan kopi rakyat yang menggunakan dua jenis penaung yang berbeda yaitu penaung sengon dan lamtoro. Jenis tanaman kopi yang dibudidayakan adalah kopi robusta yang dibudidayakan oleh petani. Berikut adalah denah plot lokasi penelitian (gambar 2).



**Gambar 2. Denah Plot lokasi penelitian**

Penampilan kanopi tanaman penaung sengon dan lamtoro di lokasi penelitian seperti ditampilkan dalam Gambar 3



**Gambar 3. Penaung lamtoro dan penaung sengon**

### **3.3.2. Pengukuran Parameter di lapangan**

Pengukuran iklim mikro dilapang dilakukan dengan mengukur:

1. Intensitas cahaya matahari yang diterima diatas permukaan kanopi tanaman kopi, dibawah kanopi tanaman kopi, serta diatas kanopi tanaman penaung menggunakan lux meter, dilakukan tiga kali yaitu pukul 07.00 WIB, pukul 09.00 WIB, pukul 11.00WIB, pada hari pertama, hari keempat dan hari ketujuh sebelum pengambilan sampel daun.
2. Suhu udara maksimum minimum siang-malam di lahan perkebunan kopi (di bawah masing masing penaung) ( $^{\circ}\text{C}$ ) dilakukan setiap hari pada pukul 06.00 WIB dan 18.00 WIB, selama 10 hari berturut-turut sebelum pengambilan sampel daun.
3. daya hantar stomata ( $\text{mmolH}_2\text{O/m}^2/\text{s}$ ) satu kali yaitu pada hari kesembilan sebelum pengambilan sampel daun
4. laju fotosintesis satu kali yaitu pada hari kesembilan sebelum pengambilan sampel daun.

5. kandungan klorofil pada daun yaitu pada hari kesembilan sebelum pengambilan sampel daun.
6. Kandungan glysine daun tanaman kopi (ppm).
7. Data produksi hasil panen sebagai data pendukung diambil pada saat panen (Kg/Ha).

### **3.3.3. Pengambilan dan penyimpanan contoh daun kopi**

Kandungan glysine merupakan produk fotorespirasi, sehingga dianalisis untuk menduga besarnya laju fotorespirasi. Semakin besar nilai glysine yang diperoleh dapat diduga laju fotorespirasi juga akan semakin tinggi. Pengambilan sampel daun kopi dilakukan pada hari kesepuluh melalui tahapan kegiatan sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel daun kopi dilakukan pada saat tanaman kopi masih dalam fase generatif. Proses pengambilan sampel dilakukan antara pukul 07.00-11.00. Pengambilan sampel pada waktu tersebut diasumsikan daun tidak berembun dan belum layu karena cahaya matahari.
2. Menentukan sembilan tanaman kopi yang akan diambil daunnya pada setiap jenis pohon penayang. Tanaman kopi yang diambil sampel daunnya adalah tanaman kopi yang representatif dalam pengamatan intensitas cahaya di bawah masing-masing penayang.
3. Mengambil empat sampel daun pada masing-masing tanaman kopi. Sampel daun kopi diambil dari cabang lateral yang terletak pada pertengahan tinggi pohon dari empat penjuru yaitu utara, selatan, barat, timur. Setiap cabang diambil satu helai daun yang berasal dari pasangan daun nomor tiga dari ujung (daun paling ujung dihitung dari daun yang berukuran panjang tulang daun lebih dari 5 cm).
4. Daun kopi yang sudah diambil dimasukkan kedalam termos pendingin dan dibawa ke Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember, untuk dianalisis kandungan glysine.

### **3.3.4 Persiapan dan Analisis Daun di Laboratorium**

Daun yang sudah diambil sebelum dilakukan analisis glycine disimpan di laboratorium. Analisis glycine dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember. Analisis ini dilakukan dengan metode ninhydrin yang digunakan di laboratorium.

### **3.3.5 Parameter Penelitian**

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah :

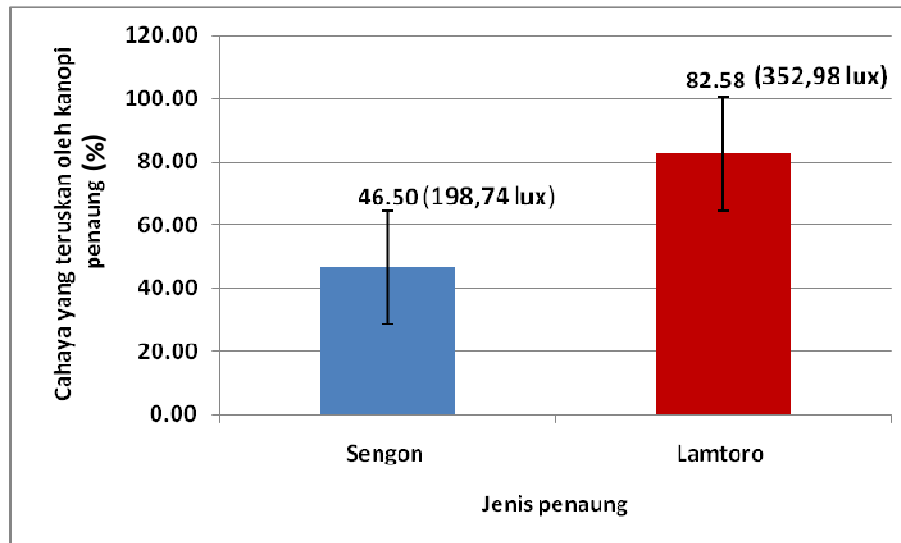
- a) Intensitas cahaya, dilakukan dengan mengukur intensitas cahaya diatas kanopi tanaman kopi, dibawah kanopi tanaman kopi dan diatas kanopi tanaman naungan dengan menggunakan lux meter (lux).
- b) Suhu udara, dilakukan dengan mengukur suhu maksimum siang-malam dan suhu minimum siang-malam dengan menggunakan termometer minimum –maksimum ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- c) Daya hantar stomata, dilakukan dengan mengukur stomata pada daun sampel menggunakan leaf porometer ( $\text{mmolH}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$ ).
- d) Laju fotosintesis, dilakukan dengan mengukur laju fotosintesis pada daun sampel menggunakan Mini-PAM ( $\mu\text{molphoton}/\text{m}^2/\text{s}$ ).
- e) Kandungan glycine, dilakukan di laboratorium Fisiologi Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- f) Data panen, merupakan hasil produksi dipetak percontohan ( $\text{kg}/\text{ha}$ ).

### **3.3.6 Interpretasi Hasil Penelitian**

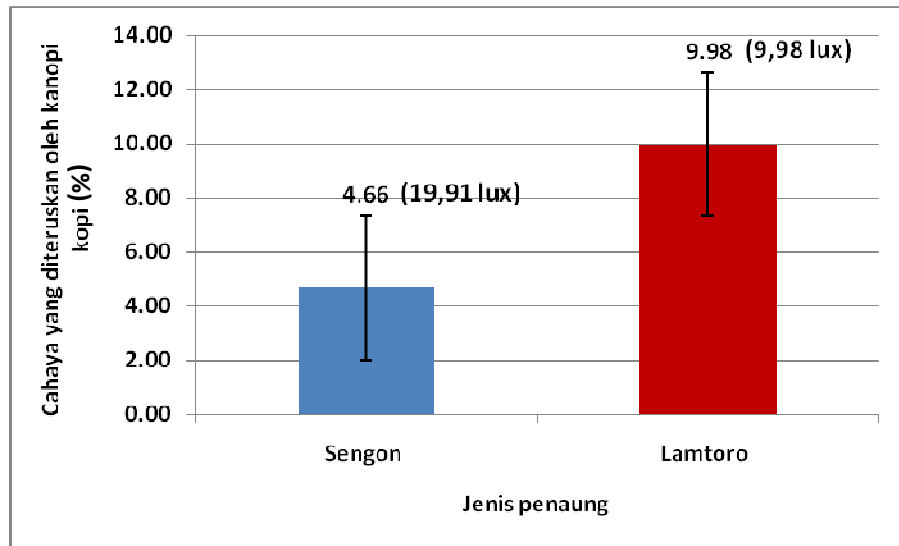
Data dari analisis yang diperoleh diinterpretasikan dalam bentuk tabel dan grafik. Informasi yang diperoleh dari tabel atau grafik tersebut didiskripsikan untuk mengetahui adanya perbedaan dinamika suhu udara siang malam terhadap laju fotorespirasi pada tanaman kopi dibawah naungan sengon dan lamtoro.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanaman kopi merupakan tanaman  $C_3$ , sehingga dalam budidaya memerlukan tanaman penayang. Tanaman penayang yang digunakan dalam tanaman kopi dapat beraneka ragam akan tetapi pada penelitian ini menggunakan dua pohon pelindung yaitu tanaman sengon dan lamtoro. Adanya perbedaan penayang pada tanaman kopi tentunya juga dapat menyebabkan perbedaan respon fisiologi pada tanaman kopi akibat pengaruh perbedaan kanopi tanaman penayang yang berbeda. Penelitian ini mengkaji pengaruh perbedaan suhu udara siang malam dengan indikator suhu udara maksimum-minimum siang hari dan malam hari disekitar tanaman kopi yang disebabkan perbedaan pohon penayang sehingga mempengaruhi fisiologi tanaman terutama fotorespirasi, dengan melakukan analisis glysine sebagai indikator tinggi atau rendahnya laju fotorespirasi. Hasil pengamatan intensitas cahaya matahari pada lahan kopi selama proses penelitian disajikan pada Gambar 4 dan 5.



**Gambar 4. Intensitas cahaya rerata yang diteruskan oleh kanopi penayang**

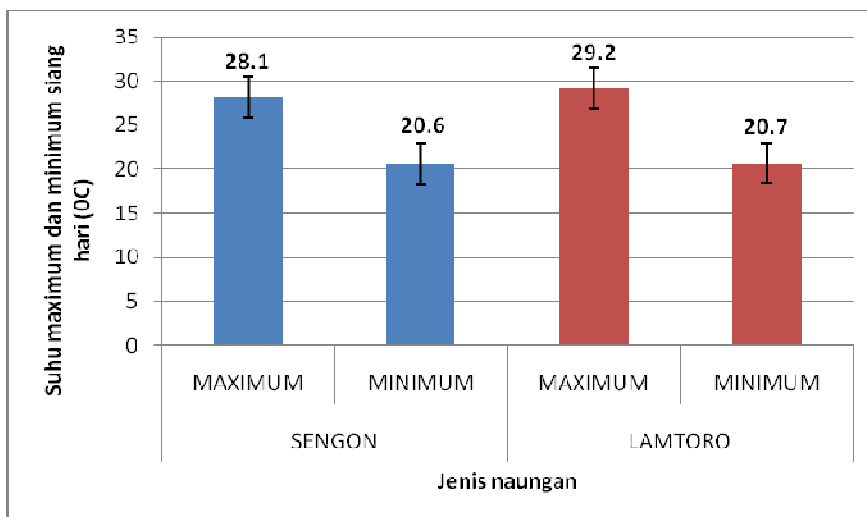


**Gambar 5. intensitas cahaya rerata dibawah kanopi kopi**

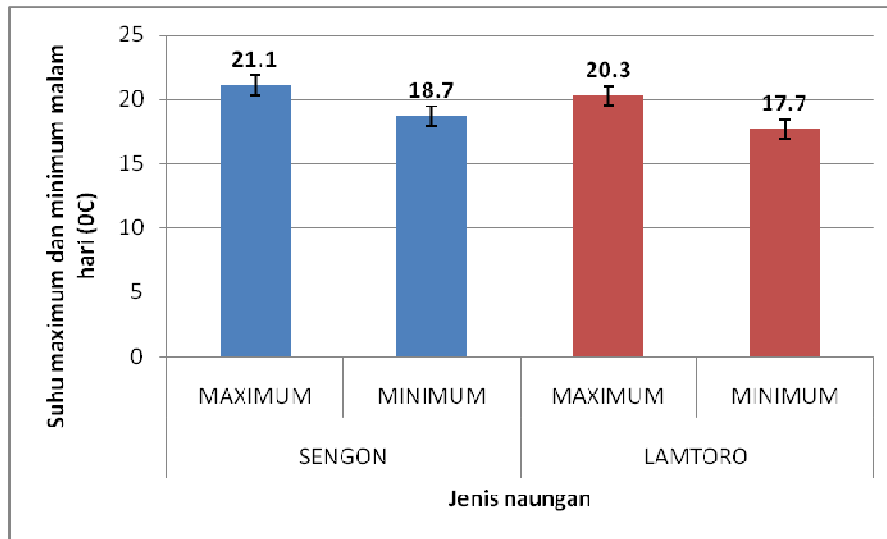
Gambar tersebut menunjukkan perbedaan kondisi intensitas cahaya yang sangat jauh antara yang diterima tajuk kopi dengan penaung sengon dan lamtoro. Tanaman kopi robusta yang dinaungi sengon memperoleh intensitas cahaya sebesar 46,50 %, sedangkan yang di naungi lamtoro sebesar 82,58% (gambar 4). Tanaman kopi robusta akan melakukan proses fotosintesis dengan baik apabila intensitas cahaya matahari yang diterima tidak lebih dari 60% (Prawoto, 2007). Dari hasil penelitian ini naungan sengon dapat menaungi tanaman kopi lebih tinggi dari pada naungan lamtoro. Perbedaan intensitas tersebut disebabkan perbedaan kanopi tanaman penaung, perbedaan kanopi tanaman penaung mempengaruhi kualitas cahaya yang diterima tanaman dibawahnya (Nair, 1979, Bainbridge et al., 1996). Intensitas cahaya pada tanaman kopi dibawah naungan sengon pada penelitian ini masih dalam katagori sesuai untuk tanaman kopi dari pada intensitas cahaya dibawah naungan lamtoro. Muschler, (1995) menyatakan batas atas naungan yang diterima untuk tanaman kopi (tanaman C3) yaitu berkisar antara 40% sampai 70%. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi menyebabkan laju fotosintesis menurun karena terjadi fotooksidasi klorofil dan kerusakan enxym dan intensitas cahaya rendah dapat menurunkan lajufosintesis karena terjadi kompensasi cahaya yaitu antara laju fotosintesis dan laju foto respirasi.



Perbedaan intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman juga berpengaruh terhadap suhu udara maksimum minimum siang dan malam hari disekitar tanaman. Perbedaan suhu udara maximum minimum siang dan malam dibawah naungan sengon dan lamtoro sangat berbeda. Pada naungan sengon fluktuasi suhu lebih memberikan suhu yang lebih stabil daripada naungan lamtoro yaitu suhu maksimum siang hari 28,1°C dan suhu minimum siang hari 20,6°C sedangkan suhu maksimum malam hari 21,1 °C dan suhu minimum malam hari 18,7 °C. Pada naungan lamtoro suhu maximum siang hari 29,2°C dan suhu minimum siang hari 20,7°C sedangkan suhu maksimum malam hari 20,3 °C dan suhu minimum malam hari 17,7°C. Data hasil penelitian disajikan dalam gambar 6 dan 7. Suhu udara dibawah naungan lamtoro lebih tinggi dari pada suhu udara dibawah naungan sengon yaitu suhu maksimum siang hari 29,2°C (gambar 6). Perbedaan tersebut disebabkan intensitas cahaya yang lebih tinggi dibawah naungan lamtoro dari pada penaung sengon. Suhu pada penelitian ini sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kopi karena melebihi suhu udara optimum yaitu 21-25°C (Pujiyanto, 1999) sehingga merupakan kendala dalam produksi kopi (Fabio., *et al* 2006).



**Gambar 6. Rata-rata suhu maximum dan minimum pada siang hari**



**Gambar 7. Rata-rata suhu maximum dan minimum pada malam hari**

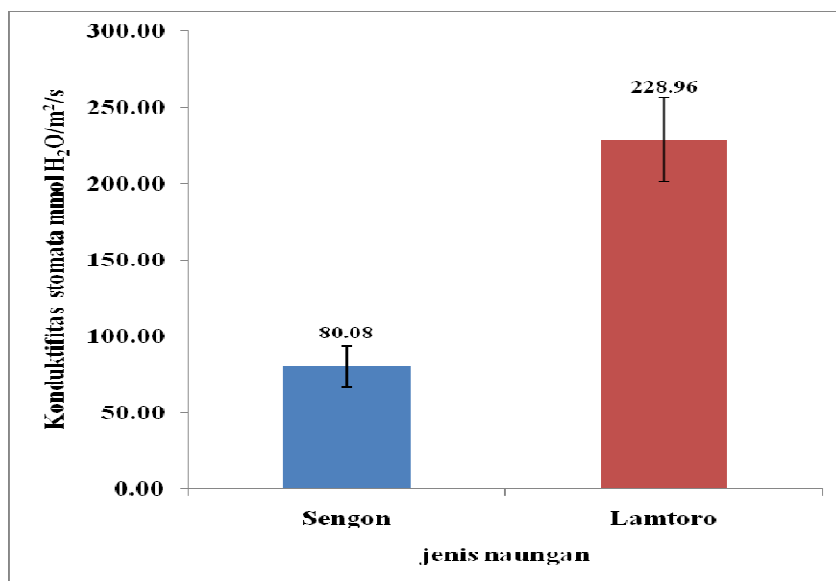
Suhu tersebut (gambar 6 dan 7) masih belum menunjukkan kondisi yang optimum karena tidak mencapai suhu yang optimal untuk tanaman kopi. Suhu optimum untuk tanaman kopi Robusta sama dengan kondisi habitat aslinya yaitu  $21^{\circ} - 25^{\circ} \text{C}$ . Suhu udara lebih dari  $25^{\circ} \text{C}$  laju fotosintesis menurun dan daun rusak yang dimulai dengan terjadinya klorosis, sebaliknya pada suhu yang terlalu rendah (kurang dari  $20^{\circ} \text{C}$ ) dapat menyebabkan terganggunya aktifitas fisiologis daun sehingga warnanya berubah kekuningan yang dimulai dari bagian pinggir (Pujiyanto,1999). Ramalho (2006) menyatakan bahwa temperatur yang tidak sesuai adalah pembatas iklim utama untuk proses metabolisme dan produksi untuk tanaman kopi.

Perbedaan suhu udara siang hari yang relatif kecil pada penaung sengon dan lamtoro disebabkan pada penaung lamtoro struktur kanopi lebih renggang atau terbuka sehingga sirkulasi udara lebih baik. Akibatnya, meskipun intensitas cahaya yang diterima kedua penaung sangat besar perbedaannya, tetapi tidak diikuti oleh perbedaan suhu udaranya.

Perbedaan suhu udara siang-malam berpengaruh terhadap produksi kopi. Tanaman dengan penaung sengon memiliki perbedaan suhu udara siang-malam sebesar  $4,45^{\circ} \text{C}$  sedangkan dibawah penaung lamtoro sebesar  $5,95^{\circ} \text{C}$ . Dengan demikian, tanaman kopi dibawah penaung sengon diharapkan berproduksi lebih

baik sesuai dengan pendapat June (2008) yang menyatakan produksi kopi juga dipengaruhi oleh peningkatan suhu maksimum dan suhu minimum yang dapat menyebabkan gagalnya proses pembungaan.

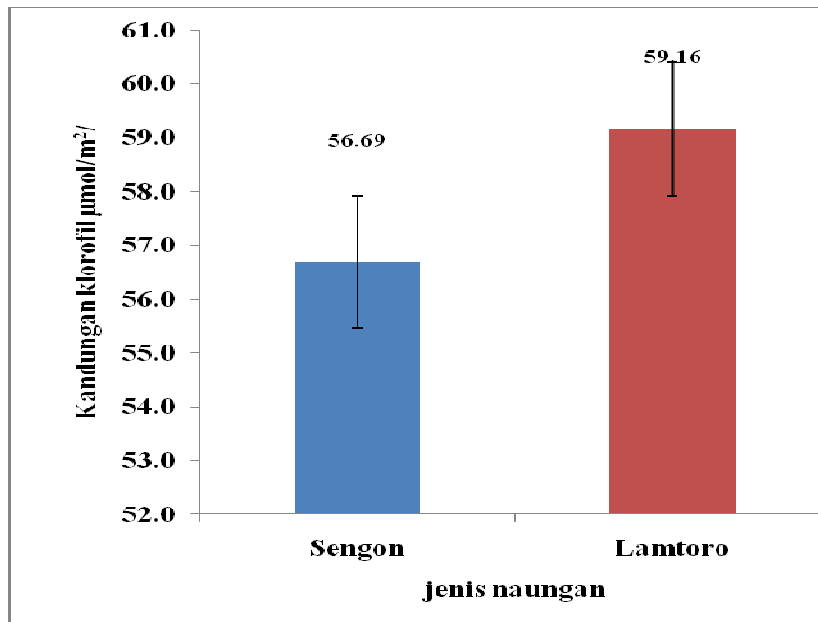
Perbedaan Intensitas cahaya juga mempengaruhi aktifitas stomata karena berkaitan dengan membuka dan menutupnya stomata daun. Fungsi stomata adalah sebagai pintu gerbang masuknya  $\text{CO}_2$  dan keluarnya uap air ke dalam daun dan dari dalam daun. Tanaman berusaha memasukkan  $\text{CO}_2$  sebanyak mungkin tetapi dengan mengeluarkan  $\text{H}_2\text{O}$  sesedikit mungkin, untuk mencapai efisiensi pertumbuhan yang tinggi, sehingga tanaman akan mengatur besar kecilnya pembukaan stomata karena merupakan regulasi terpenting yang dilakukan oleh tanaman (Habibi, 2009). Perbedaan intensitas cahaya akan berpengaruh terhadap suhu tanaman. Meningkatnya suhu disekitar tanaman kopi juga dapat mempengaruhi aktifitas stomata daun karena berhubungan dengan ketersediaan air ditanaman. Penelitian ini menunjukkan perbedaan dayahantar stomata yang disebabkan adanya perbedaan intensitas cahaya akibat dari pohon penayang yang berbeda (gambar 8).



**Gambar 8. Daya hantar stomata daun kopi**

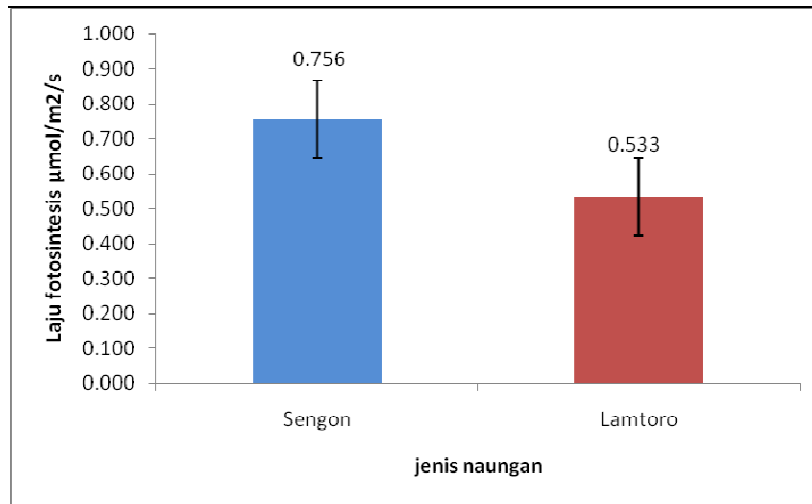
Nilai daya hantar stomata pada tanaman kopi dibawah naungan lamtoro lebih tinggi yaitu 228,96 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>2</sup>/s sedangkan nilai daya hantar stomata tanaman kopi dibawah naungan sengon lebih rendah yaitu 80,08 mmol H<sub>2</sub>O/ m<sup>2</sup>/s. Daya hantar stomata tanaman dibawah penaung lamtoro lebih tinggi daripada dibawah penaung sengon karena intensitas cahaya yang diterima lebih besar (gambar 4). Pembukaan stomata tanaman kopi yang termasuk tipe fotosintesis C<sub>3</sub> peka terhadap intensitas cahaya tinggi. Menurut Dematta *et al* (2007) tinggi rendahnya daya hantar stomata dapat menjadi faktor pembatas fotosintesis karena berhubungan dengan penyerapan CO<sub>2</sub> ke daun (CO<sub>2</sub> influk) terutama pada siang hari.

Tinggi rendahnya laju fotosintesis dapat dipengaruhi oleh kandungan klorofil daun, karena organ tanaman yang paling berpengaruh terhadap proses fotosintesis adalah daun. Daun merupakan salah satu organ tumbuhan yang tumbuh dari batang, umumnya berwarna hijau (mengandung klorofil) dan terutama berfungsi sebagai penangkap energi dari cahaya matahari melalui fotosintesis. Penelitian ini menunjukkan tingginya kandungan klorofil daun tidak berkorelasi dengan tingginya laju fotosintesis. Kandungan klorofil daun lebih tinggi dibawah naungan lamtoro (gambar 9) akan tetapi laju fotosintesis rendah (gambar 10) karena intensitas cahaya di bawah penaung lamtoro lebih tinggi dari pada penaung sengon.



**Gambar 9. Kandungan klorofil**

Dari hasil penelitian menunjukkan kandungan klorofil daun tanaman kopi dibawah penaung lamtoro lebih tinggi dibandingkan dengan kandungn klorofil dibawah penaung sengon yaitu 59,16  $\mu\text{mol}/\text{m}^2$  dibawah penaung lamtoro dan 56,69  $\mu\text{mol}/\text{m}^2$  dibawah penaung sengon. Tingginya kandungan klorofil daun biasanya akan berpengaruh terhadap tingginya laju fotosintesis. Penelitian ini tidak menunjukkan hubungan yang berkorelasi positif antara kandungan klorofil dengan laju fotosintesis karena perbedaan intensitas cahaya. Hal ini dikarenakan masih belum terjadi solarisasi oleh daun sehingga efisiensi fotosentesis masih kurang optimal. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat menyebabkan fotorespirasi pada daun kopi menjadi lebih besar dibandingkan laju fotosintesis, karena tanaman kopi merupakan tanaman  $\text{C}_3$ , sehingga tanaman kopi memerlukan naungan yang dapat mengurangi intensitas cahaya hingga kondisinya optimum. Cahaya yang diterima oleh lamtoro masih dapat meningkatkan jumlah klorofil, akan tetapi belum terjadi solarisasi. Hal ini dapat dilihat dari laju fotosintesis pada naungan lamtoro lebih rendah dari pada naungan sengon.



**Gambar 10. Laju fotosintesis daun kopi dibawah naungan sengon dan lamtoro.**

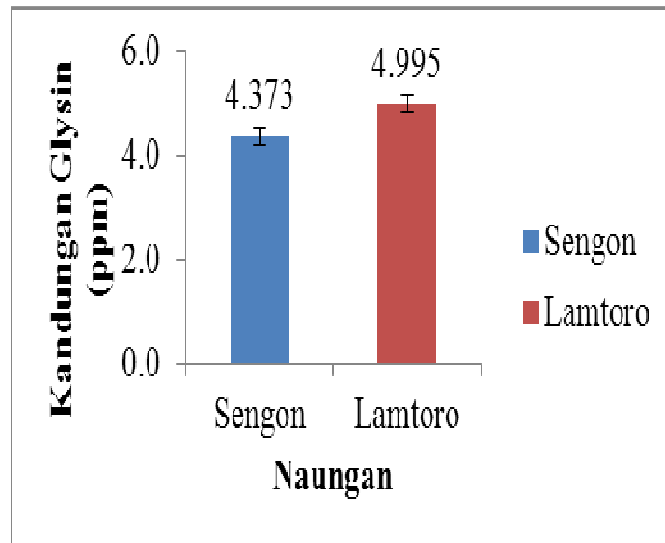
Perbedaan intensitas cahaya yang diterima oleh daun tanaman kopi menyebabkan perbedaan laju fotosintesis. Tanaman kopi memerlukan kondisi intensitas cahaya yang optimal untuk fotosintesis. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah akan menyebabkan laju fotosintesis tanaman kopi tidak optimal. Peran pohon penaung yang menyebabkan perbedaan penerimaan intensitas cahaya yang diterima daun kopi mempengaruhi laju fotosintesis seperti pada Gambar 10.

Laju fotosintesis pada tanaman kopi dibawah penaung sengon menunjukkan lebih baik dari pada penaung lamtoro yaitu  $0,756\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  pada penaung sengon dan  $0,533\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  pada naungan lamtoro. Penaung sengon memberikan kondisi yang sesuai untuk laju fotosintesis, yaitu dengan persentase intensitas cahaya yang sampai ke daun tanaman kopi lebih kecil dibandingkan dengan penaung lamtoro (Gambar 4). Intensitas cahaya yang diloloskan oleh penaung lamtoro masih terlalu tinggi untuk fotosintesis tanaman kopi, sehingga laju fotosintesis daun kopi yang dinaungi lamtoro lebih rendah. Intensitas cahaya matahari tidak 100% dapat digunakan oleh tanaman untuk kegiatan fotosintesis akan tetapi hanya beberapa persen saja. Menurut Franklin et. Al (1985) radiasi sinar matahari yang diserap selama siang hari oleh permukaan tanaman budidaya, 75 sampai 85% darinya

digunakan untuk menguapkan air, 5 sampai 10 % darinya menjadi cadangan bahan dalam tanah, 5 sampai 10% lainnya menjadi bahan pertukaran dengan atmosfer bumi melalui proses konvensi, dan 1 sampai 5% berfungsi sebagai fotosintesis.

Suhu udara juga mempengaruhi laju fotosintesis. Kondisi lingkungan dengan suhu udara diluar batas optimum menimbulkan gangguan fotosintesis, khususnya sistem kerja enzim yang terlibat dalam proses tersebut. Tanaman dibawah penaung lamtoro berada pada suhu udara  $29,2^{\circ}\text{C}$ , jauh diatas batas optimum tanaman kopi sebesar  $25^{\circ}\text{C}$ . Dengan demikian, laju fotosintesis tanaman dibawah penaung lamtoro lebih rendah daripada dibawah penaung sengon.

Penelitian ini menunjukkan pada tanaman kopi dibawah pohon penaung sengon dan lamtoro terjadi fotorespirasi, akan tetapi laju fotorespirasi dibawah naungan lamtoro lebih tinggi dari pada dibawah naungan sengon. Hal ini teridentifikasi dengan adanya kandungan gylisin 4,99 ppm pada daun kopi di bawah penaung lamtoro dan 4,37 ppm pada daun kopi di bawah penaung sengon (gambar 11) perbedaan tersebut berkisar 1 ppm. Kandungan gylisin daun kopi pada penelitian ini lebih dipengaruhi oleh peningkatan suhu, kenaikan suhu  $1^{\circ}\text{C}$  menyebabkan kenaikan kandungan gylisin dan tidak berada pada kondisi suhu optimum. Gylisin dapat dijadikan indikator terjadinya fotorespirasi yang ditransport dari peroksisom ke mitokondria (Soedradjad dan Meli, 2010). Menurut Soedradjad dan Janindra (2010) kadar gylisin daun yang tinggi menunjukkan laju fotorespirasi lebih tinggi dari pada laju fotosintesis dan sebaliknya.



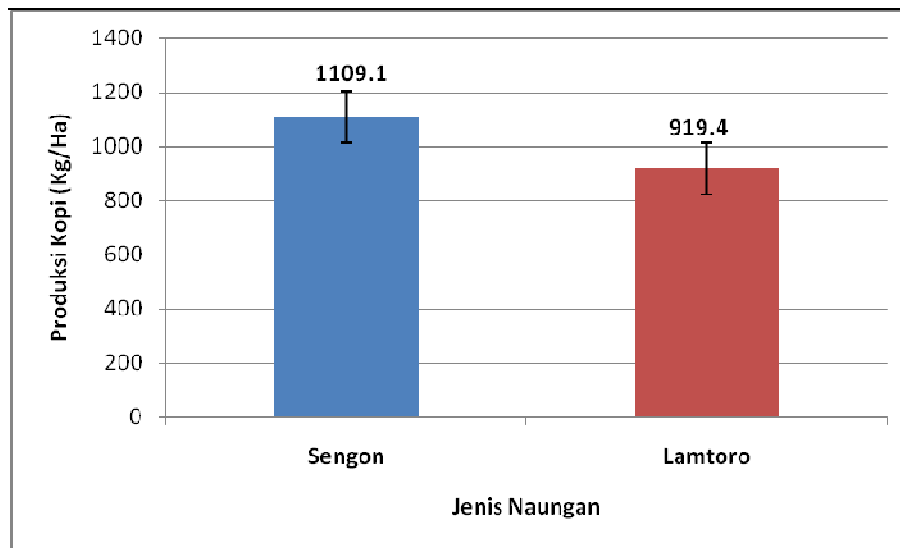
**Gambar 11. kandungan glysine**

Tanaman kopi dibawah penaung lamtoro pada penelitian ini terlalu terbuka dibandingkan tanaman kopi dibawah penaung sengon, sehingga berpengaruh terhadap temperatur disekitar tanaman kopi karena intensitas cahaya matahari langsung pada tajuk tanaman kopi terlalu tinggi. Dengan meningkatnya temperatur disekitar tanaman kopi maka menyebabkan keseimbangan CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dalam tanaman berubah. Meningkatnya temperatur (>25 °C) jika terus meningkat maka CO<sub>2</sub> akan menurun dan O<sub>2</sub> di daun meningkat sehingga cenderung terjadi fotorespirasi (June, 2008). Menurut Cleland (1998) 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 dari pada CO<sub>2</sub> dan akan menyebabkan terjadinya fotorespirasi.

Tingginya nilai glysin yang merupakan indikator terjadinya fotorespirasi juga berpengaruh terhadap hasil produksi kopi. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan menunjukkan perbedaan hasil produksi antara kopi yang menggunakan pohon penaung sengon dan kopi yang menggunakan pohon penaung lamtoro. Produksi kopi dibawah pohon penaung sengon lebih tinggi dari pada produksi kopi dibawah penaung lamtoro yaitu 1109,1 kg/ha dan 919,4 kg/ha secara berurutan. Perbedaan kandungan glysin 1 ppm dapat menurunkan produksi kopi 189,7 kg/ha (gambar 12).



Pada fase produksi, pertumbuhan tanaman kopi 30% dipengaruhi oleh sifat genetiknya, sedangkan 70% dipengaruhi oleh faktor lingkungan, utamanya intensitas cahaya (de Almeida and Valle, 2007). Selain itu produksi kopi juga dipengaruhi oleh peningkatan suhu maksimum dan suhu minimum yang dapat menyebabkan gagalnya proses pembungaan (June., 2008, Ratnadewi., 2007). Menurut Yahmadi (2007) pembentukan bakal bunga juga bisa dirangsang oleh adanya perbedaan antara temperatur maksimum (siang) dan minimum (malam) dalam sehari semalam semakin yang besar. Primordia pada umumnya terbentuk setelah perbedaan temperatur siang-malam mencapai  $7^{\circ}\text{C}$  dan apabila amplitudo temperatur terlalu kecil (misalnya karena cuaca selalu mendung, atau naungan terlalu gelap), maka pembentukan primordia bunga akan berkurang, sehingga produksi pada tahun berikutnya juga akan berkurang.



**Gambar 12. Produksi kopi**

Penaung sengon memberikan kondisi suhu udara yang lebih mendekati kondisi optimum dibanding penaung lamtoro, sehingga produksi kopi dengan penaung sengon lebih tinggi.

Berdasarkan rangkaian data penelitian yang diperoleh menunjukkan adanya hubungan yang saling berpengaruh antara parameter pengamatan yaitu pada penaung lamtoro menunjukkan intensitas cahaya lebih tinggi menyebabkan suhu disekitar tanaman kopi masih belum optimal yaitu suhu maksimum siang

hari 29,2°C, suhu tersebut belum menunjukkan suhu yang optimal sehingga mempengaruhi daya hantar stomata dan efisiensi laju fotosintesis tanaman kopi walaupun kandungan klorofil daun lebih tinggi. Laju fotosintesis dibawah penaung lamtoro lebih rendah, hal ini dikarenakan terjadi proses fotorespirasi yang ditunjukkan dengan kandungan glisin yang juga lebih tinggi. Perbedaan suhu udara maksimum siang antara penaung sengon dan lamtoro 1°C telah menyebabkan peningkatan laju fotorespirasi dengan indikator perbedaan glisin 1 ppm dan dapat menyebabkan penurunan produksi kopi sebesar 189,7 kg/ha.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1. Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa :

Pada penaung sengon fluktuasi suhu udara lebih stabil daripada penaung lamtoro yaitu suhu maksimum siang hari 28,1°C dan suhu minimum siang hari 20,6°C sedangkan suhu maksimum malam hari 21,1 °C dan suhu minimum malam hari 18,7 °C. Pada penaung lamtoro suhu maximum siang hari 29,2°C dan suhu minimum siang hari 20,7°C sedangkan suhu maksimum malam hari 20,3 °C dan suhu minimum malam hari 17,7°C. Perbedaan temperatur maksimum siang hari antara penaung sengon dan penaung lamtoro sebesar 1°C menyebabkan perbedaan kandungan glysin 1 ppm dan mengakibatkan penurunan produksi tanaman kopi robusta sebesar 189,7 kg/ha pada sistem agroforestry.

### **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian tentang dinamika suhu udara siang-malam terhadap fotorespirasi fase generatif kopi robusta dibawah penaung yang berbeda pada sistem agroforestri, maka tanaman penaung sengon lebih sesuai untuk menstabilkan dinamika suhu udara siang-malam yang dapat menekan fotorespirasi pada tanaman kopi robusta. Akan tetapi penggunaan pohon penaung harus diikuti dengan pengaturan pohon penaung agar intensitas cahaya yang sampai pada tanaman kopi lebih optimal dan dinamika suhu udara siang malam lebih stabil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alvim P de T .1977. Cacao. In: Alvim P de T and Kozlowski TT (eds) *Ecophysiology of Tropical Crops*, Academic Press, New York pp 279–313.
- Bahar. 1995. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Pertumbuhan Anggrek *Dendrobium*. *J. Hort.* 5(4): 72-75.
- Budiadi, 2005. Agroforestry, mungkinkah mengatasi permasalahan sosial dan lingkungan?. *Inovasi Online*. Download [www. mio.ppi.jepang.org](http://www.mio.ppi.jepang.org).
- Bourguignon. J., and F. R. R. Douce. 1999. Ser and Gly Metabolism in Higher Plant: *Plant amino Acids; Biochemistry and Biotechnology* 2001:111-147.
- Cakrawala, 2004. *Sengon”Mengakali Tanah Masam”*. Suplemen Pikiran Rakyat untuk IPTEK. Edisi Kamis 22 Juli 2004.
- Garden Colaborations and Land Grant University extensions, 2007. *By Plant Hardiness Zone, By Soil Texture, By Acid/Alkaline Soils*.
- Cleland, W.W. T.J. Andrews., S. Gutteridge., F.C. Hartman, and G.H. Lorimer. 1998. Mechanism of Rubisco:The Carbamat as General Base. *Chem. Rev.* 98: 549-561.
- Cunningham SC, Read J 2002 Comparison of temperate and tropical rainforest tree species: photosynthetic responses to growth temperature. *Oecologia.* 133: 112–119.
- Espy. G., S., and B. Colman. 1987. The Effect of pH, O<sub>2</sub>, and Temperature on the CO<sub>2</sub> Compensation Point of Isolated *Asparagus* Mesophyll Cells. *Plant Physiol.* 83:113-117.
- de Almeida, A-A.F. and R.R. Valle. 2007. Ecophysiology of the Cocoa and Coffee Trees. *Braz. J. Plant Physiol.* 19(4): 425-448.
- Duryat. 2008. Pengaruh Faktor Fisiografi Terhadap Produksi Damar Mata Kucing (*Shorea javanica* K et. V) di Pekon Pahmungan Kecamatan Pesisir Tengah Kabupaten Lampung Barat. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, UNILA. (48-54).
- Fabio M., Damatta And José D. Cochicho Ramalho. 2006. Drought And Temperature Stress On Coffee Physiology And Production. *Plant Physiol.* 18 (1) :55-81.

- Habibi, P. 2009. Kajian Fotorespirasi pada Kopi Robusta dengan Naungan Berbeda. Tesis. Pasca Sarjana. Universitas Jember. Jember.
- Hulupi, R., 2007. *Materi Kuliah Budidaya Tanaman Kopi dan Kakao*. Puslit Koka Indonesia, Jember.
- Hidayat, J. 2002. *Informasi singkat benih (Parasieranthes falcaria L.) Nielsen*. Direktorat Perbenihan Tanaman Hutan. Bandung.No.23.
- J. Bir , r. Muschler, d. Dan e. Kass somarriba., 1998. Naungan manajemen di perkebunan kopi dan kakao (translet). *Sistem Agroforestry, CATIE, Turrialba, Kosta Rika, Agroforestry Systems* 38: 139-164.
- June, T. 2008. Kenaikan CO2 dan Perubahan Iklim: Implikasinya terhadap Pertumbuhan Tanaman.  
<http://members.tripod.com/~buletin/tania/tania1.htm>.Diakses pada tanggal 21 Januari 2010.
- Lambers, H., F.S. Chapin III and T.L. Pons. 2008. *Plant Physiological Ecology*. Springer, New York.
- Mawardi, 2004. *Temu Karya Kopi VI*. di Jakarta, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Muschler RG. 1995. Efectos de diferentes niveles de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* vars. Caturra y Catimor. In: II. Semana Científica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), pp 158–160.
- Muschler RG.1997. Shade or sun for ecologically sustainable coffee production: a summary of environmental key factors. In: III. Semana Científica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), CATIE, Turrialba, Costa Rica pp 109–112.
- Nair PKR. 1979. Intensive multiple cropping with coconuts in India: Principles, programmes and prospects. Parey Berlin, Germany.
- Netto, A.T., E. Campostrini., J. G. de Oliveira, dan R. E. Bressan-Smith. 2007. Photosynthetic Pigments, nitrogen, chlorophyll a Fluorescence and SPAD-502 readings in cofee leves. *Science Horticulture* 104:199-209.

- Padmowijoto, Soemitro 2004 Pengembangan Model Pertanian Terpadu, Presentasi Workshop Agroforestry 2004, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Parnik, T., H. Inanova., H. Keerbeg., O. Keerbeg, and J. Viil. 2003. *Reduced Activity of Glycine decarboxylase: Effects on Photosynthesis and Respiration in Potato Leaves*. Institute of Experimental Biology, Estonian Agricultural University. Harku, Estonia.
- Prawoto. A, 2007. *Materi Kuliah Fisiologi Tumbuhan*. Puslit Koka Indonesia, Jember
- Pujiyanto, 1999. *Materi Sekolah Lapang Kopi*. Puslit Koka Indonesia, Jember.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2006. *Panduan Lengkap Budidaya Kopi*. Agromedia Pustaka, Jakarta, Indonesia.
- Sánchez, L.P.M., M.R.H. Néstor., L.F. Yamel., and A.P. Jaime. 2005. Net Photosynthesis and CO<sub>2</sub> Compensation Concentration In Three Coffee (*coffea sp.*) Genotypes, Bean and Maize Under Three Temperatures. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*. 58(2):2827-2835.
- Razak.2008. Bentuk Pengelolaan Lahan dalam rangka memperbaiki kesuburan tanah dan pengaturan tata air. Program Pascasarjana. Kehutanan. UGM.
- Ramalho, J.C., F.C. Lidon., A.E. Leitao., P. Eichler., P. Santos., I.P. Pais., P.S. Campos., A.P. Rodrigues., M.M. Chaves., M.P. Branco, and A.I. Ribeiro. 2007. *An Integrative Approach to Study Environmental Stress Tolerance in Coffea sp. – From Leaf to Gene*. Oeiras, Portugal. 5 Dept. Fis. Vegetal / EAN / INIAP, Quinta do Marquês, (2) pp. 2784-505.
- Ronquim, J.C., C.H.B.A. Prado., and P. Novaes. 2006. Carbon gain in *Coffea arabica* L. during clear and cloudy days in wet season. *Exp. Agric.* 22 : 147-164.
- Salisbury dan Ross, 1992. *Fisiologi Tumbuhan, Jilid 2*. ITB Bandung, Bandung
- Sánchez, L.P.M., M.R.H. Néstor., L.F. Yamel., and A.P. Jaime. 2005. *Net Photosynthesis and CO<sub>2</sub> Compensation Concentration In Three Coffee (coffea sp.) Genotypes, Bean and Maize Under Three Temperatures*. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*.58(2):2827-2835.
- Schroeder R 1951 Resultados obtenidos de una investigación del micro-clima en un cafetal. *Cenicafe*. 2(18): 33–43

- Schluz, E-D., E. Beck., and Mohenstein-Muler. K. 2002. *Plant Ecology*. Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg. Springer Berlin, Heidelberg.
- Soedrajad,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, Universitas Jember tanggal 2010.
- Swarthout, D., and R.T. Daniel. 2008. "Stomata." In: *Encyclopedia of Earth*. Eds. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment).
- Taiz, L., and E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology: Fourth Edition; Unit II. Biochemistry and Metabolism; Phosynthesis: Physiological and Ecological Considerations*. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts. pp. 197-218.
- Yahmadi,M. 2007. *Rangkaian Perkembangan dan Permasalahan Budidaya dan Pengolahan Kopi di Indonesia*. AEKI. Jawa Timur.
- Yulianti D.F, Alnopri, dan 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.
- Wachjar, A. Yadi S., dan Lies W.M. 2002. Pengaruh Pupuk Organik Dan Intensitas Naungan Terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Cofee canephora Pierre ex Froehner*). *Buletin Agronomi* 30(1) 6-11.





## LAMPIRAN TABEL DATA

### Lampiran 1. Suhu Maximum dan Minimum

DATA SUHU RATA-RATA SIANG HARI			
SENGON		LAMTORO	
MAXIMUM	MINIMUM	MAXIMUM	MINIMUM
28.1	20.6	29.2	20.7

DATA SUHU RATA-RATA MALAM HARI			
SENGON		LAMTORO	
MAXIMUM	MINIMUM	MAXIMUM	MINIMUM
21.1	18.7	20.3	17.7

### Lampiran 2. Intensitas Cahaya Matahari

Rerata intensitas cahaya atas kanopi kopi			
Naungan	Waktu		
	7	9	11
Sengon	86.56	134.67	47.73
Lamtoro	186.22	451.59	73.45

Rerata intensitas cahaya atas atas kanopi kopi			
Naungan	Waktu		
	7	9	11
Sengon	89.55	66.63	58.74
Lamtoro	309.82	244.04	121.48

Rerata intensitas cahaya atas atas kanopi kopi			
Naungan	Waktu		
	7	9	11
Sengon	504.85	476.96	323.00
Lamtoro	672.56	683.74	433.96

Rerata intensitas cahaya bawah kopi			
Naungan	Waktu		
	7	9	11
Sengon	18.74	10.18	9.11
Lamtoro	64.33	48.93	20.73

Rerata intensitas cahaya bawah kopi			
Naungan	Waktu		
	7	9	11
Sengon	22.85	15.85	10.22
Lamtoro	56.55	47.82	21.06

Rerata intensitas cahaya bawah kopi			
Naungan	Waktu		
	7	9	11
Sengon	27.04	37.22	27.93
Lamtoro	33.56	46.44	44.48

Lampiran 3. Laju Fotosintesis

Naungan	Ulangan	pohon ke-	jam	Rerata	
sengon	I	1	7.00	0.750	
			9.00	0.784	
		2	7.00	0.839	
			9.00	0.730	
		3	7.00	0.709	
			9.00	0.810	
	II	1	7.00	0.645	
			9.00	0.811	
		2	7.00	0.706	
			9.00	0.828	
		3	7.00	0.658	
			9.00	0.791	
	III	1	7.00	0.791	
			9.00	0.751	
		2	7.00	0.710	
			9.00	0.824	
		3	7.00	0.689	
			9.00	0.788	
		<b>Rerata</b>			<b>0.756</b>
	Lamtoro	I	1	7.00	0.550
				9.00	0.461
2			7.00	0.668	
			9.00	0.521	
3			7.00	0.615	
			9.00	0.444	
II		1	7.00	0.598	
			9.00	0.532	
		2	7.00	0.563	
			9.00	0.503	
		3	7.00	0.596	
			9.00	0.547	
III		1	7.00	0.603	
			9.00	0.504	
		2	7.00	0.528	
			9.00	0.457	
		3	7.00	0.529	
			9.00	0.376	
		<b>Rerata</b>			<b>0.533</b>

Lampiran 4. Daya hantar stomata

Naungan	Ulangan	Pohon ke-	Rerata
sengon	I	1	118.43
		2	64.48
		3	32.33
	II	1	57.00
		2	163.63
		3	64.45
	III	1	93.45
		2	43.30
		3	83.68
		<b>Rerata</b>	
Lamtoro	I	1	346.08
		2	219.70
		3	139.25
	II	1	193.00
		2	208.83
		3	164.98
	III	1	376.88
		2	168.18
		3	243.73
		<b>Rerata</b>	

Lampiran 5. Kandungan Klorofil

Naungan	Ulangan	Pohon ke-	Jam	Rerata
Sengon	I	1	7.00	62.20
			9.00	61.50
		2	7.00	61.05
			9.00	61.83
		3	7.00	60.45
			9.00	59.23
	II	1	7.00	44.08
			9.00	41.23
		2	7.00	61.68
			9.00	57.83
		3	7.00	54.50
			9.00	50.88
	III	1	7.00	60.33
			9.00	62.68
		2	7.00	56.95
			9.00	57.80
		3	7.00	54.18
			9.00	52.13
	<b>Rerata</b>			<b>56.69</b>
Lamtoro	I	1	7.00	58.00
			9.00	58.48
		2	7.00	59.98
			9.00	66.03
		3	7.00	54.53
			9.00	59.50
	II	1	7.00	59.20
			9.00	59.13
		2	7.00	56.88
			9.00	59.93
		3	7.00	56.03
			9.00	61.58
	III	1	7.00	58.40
			9.00	59.73
		2	7.00	59.58
			9.00	57.85
		3	7.00	60.73
			9.00	59.45
	<b>Rerata</b>			<b>59.16</b>

Lampiran 6. Glysin

<b>no</b>	<b>kode</b>	<b>Gly (ppm)</b>
1	U1 S	4.46
2	U2 S	4.179
3	U3 S	4.479
<b>Rerata</b>	<b>Sengon</b>	<b>4.373</b>
4	U1 L	4.843
5	U2 L	5.147
6	U3 L	4.996
<b>Rerata</b>	<b>Lamtoro</b>	<b>4.995</b>

Lampiran 7. Hasil produksi

<b>Lamtoro</b>	<b>Sengon</b>
1109.1	919.4

## FOTO-FOTO PENELITIAN



Keterangan :Penggunaan Alat *Leaf Porometer*

Pengukuran kerapatan stomata dengan Leaf Porometer



Pengambilan data penelitian dengan menggunakan Leaf Porometer



Keterangan : Penggunaan Alat Lux Meter

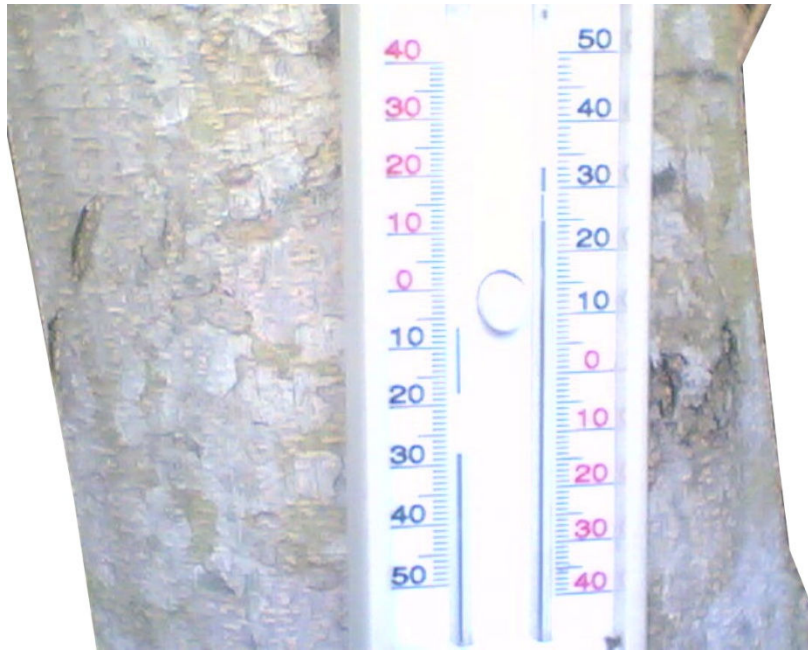
Pengukuran intensitas cahaya menggunakan Lux meter



Keterangan : Mini-PAM Untuk Mengukur Laju Fotosintesis

Pengukuran laju fotosintesis menggunakan Mni PAM





Pengukuran suhu maksimum-minum dengan termometer suhu maksimum-mininum

