

**Pengaruh Emisi Kendaraan Bermotor Terhadap Luas Daun dan Indeks Stomata  
Pada Daun *Pterocarpus indicus* Willd Sebagai Tanaman Pelindung Di Jalan  
Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung**

(Sebagai Sumber belajar untuk Meningkatkan Pengetahuan dan Pemahaman  
Peserta Didik SMA Kelas XII Semester Ganjil Pada Materi Fotosintesis )



**Skripsi**

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas Dan Memenuhi Syarat-Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana S1 Dalam Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

**Oleh**

**FEBRIANITA LIANI  
NPM.1211060169**

**Jurusan : Pendidikan Biologi**

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

**INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG**

**1438 H/2017 M**

**Pengaruh Emisi Kendaraan Bermotor Terhadap Luas Daun dan Indeks Stomata  
Pada Daun *Pterocarpus indicus* Willd Sebagai Tanaman Pelindung Di Jalan  
Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung**

**(Sebagai Sumber belajar untuk Meningkatkan Pengetahuan dan Pemahaman  
Peserta Didik SMA Kelas XII Semester Ganjil Pada Materi Fotosintesis)**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas Dan Memenuhi Syarat-Syarat  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana S1 Dalam Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Oleh

**FEBRIANITA LIANI  
NPM.1211060169**

**Jurusan : Pendidikan Biologi**

Pembimbing I : Dr. Zulhanan, M.A  
Pembimbing II : Dwijowati Asih Saputri, M.Si

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

**INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG**

**1438 H/2017 M**

## ABSTRAK

### **Pengaruh Emisi Kendaraan Bermotor Terhadap Luas Daun dan Indeks Stomata Pada Daun *Pterocarpus Indicus* Willd Sebagai Tanaman Pelindung Di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung**

Oleh

**Febrianita Liani**

Emisi kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses pembakaran adalah reaksi kimia antara oksigen di dalam udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan tenaga. Emisi kendaraan merupakan sumber pencemaran udara paling utama yang berasal dari transportasi yaitu kendaraan bermotor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh emisi kendaraan bermotor dan perbedaan luas daun serta indeks stomata pada daun *Pterocarpus indicus* Willd sebagai tanaman pelindung di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung. Penelitian ini menggunakan metode *ex-postfacto* dengan pendekatan laboratorik. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil daun pada tanaman *Pterocarpus Indicus* Willd yang terletak di 3 lokasi Jalan Teuku Umar dan 3 lokasi Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung, kemudian dibawa ke laboratorium Biologi IAIN Raden Intan Lampung untuk diteliti luas daun dan indeks stomata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas daun *Pterocarpus Indicus* Willd di Kota Bandar Lampung untuk Jalan Teuku Umar lokasi 1 sebesar 32,144 cm<sup>2</sup>, dengan indeks stomata sebesar 7,27, lokasi 2 sebesar 41,018 cm<sup>2</sup> dengan indeks stomata sebesar 6,71, lokasi 3 sebesar 30,050 cm<sup>2</sup> dengan indeks stomata 6,86. Sedangkan pada Jalan Endro Suratmin lokasi 1 sebesar 41,742 cm<sup>2</sup> dengan indeks stomata 10,28, lokasi 2 sebesar 22,074 cm<sup>2</sup> dengan indeks stomata sebesar 9,27, lokasi 3 sebesar 31,048 cm<sup>2</sup> dengan indeks stomata sebesar 9,59. Pengaruh emisi kendaraan menyebabkan jenis tanaman *Pterocarpus Indicus* Willd memiliki penurunan luas daun dan peningkatan indeks stomata. Semakin tinggi indeks stomata maka kualitas udara semakin tercemar, sebaliknya semakin rendah indeks stomata maka kualitas udara semakin baik.

**Kata kunci: Indeks stomata, Luas daun, Pencemaran udara, *Pterocarpus Indicus* Willd**



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG**  
**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

Alamat: Jl. Letkol.H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. (0721) 703260

**PERSETUJUAN**

**Judul Skripsi**

**: Pengaruh Emisi Kendaraan Bermotor Terhadap Luas Daun dan Indeks Stomata Pada Daun *Pterocarpus Indicus* Willd Sebagai Tanaman Pelindung Di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung**

**Nama**

**: FEBRIANITA LIANI**

**NPM**

**: 1211060169**

**Jurusan**

**: Pendidikan Biologi**

**Fakultas**

**: Tarbiyah dan Keguruan**

**MENYETUJUI:**

**Untuk dimunaqosyahkan dan dipertahankan dalam sidang Munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan IAIN Raden Intan Lampung**

**Pembimbing I**

**Drs. Zulhanan, M.A**

**NIP. 196709241998031001**

**Pembimbing II**

**Dwijowati Asih Saputri, M.Si**

**NIP. 197202111999032002**

**Mengetahui**

**Ketua Jurusan Pendidikan Biologi**

**Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd**

**NIP. 19840228200604 1004**



**KEMENTERIAN AGAMA  
INSTITUT AGAMA ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG  
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

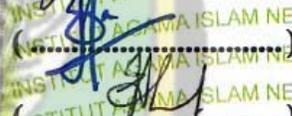
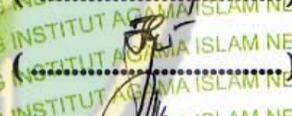
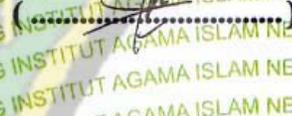
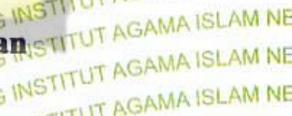
Alamat: Jl. Letkol.H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. (0721) 703260

**PENGESAHAN**

Skripsi dengan Judul: Pengaruh Emisi Kendaraan Bermotor Terhadap Luas Daun dan Indeks Stomata Pada Daun *Pterocarpus Indicus* Willd Sebagai Tanaman Pelindung Di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung. Disusun oleh: FEBRIANITA LIANI, NPM : 1211060169, Jurusan: PENDIDIKAN BOLOGI, telah diujikan dalam sidang Munaqosyah pada hari Jum'at, 27 Januari 2017 Jam : 13.00-15.00 WIB, Tempat : Ruang Seminar Biologi.

**TIM DEWAN PENGUJI**

**Ketua** : Drs. Amiruddin, M.Ag  
**Sekretaris** : Marlina Kamelia, M.Sc.  
**Penguji Utama** : Nurhaida Widiani, M.Biotech  
**Penguji Pendamping I** : Drs. Zulhanan, M.A  
**Pembimbing** : Dwijowati Asih Saputri, M.Si

  
.....  
  
.....  
  
.....  
  
.....  
  
.....

**Mengetahui,  
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan**



**Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd**  
NIP.19560810 1987031 001

## MOTTO

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ

مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

*Artinya: “ Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya Rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.” (QS. Al-Araf: 56)<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup>Departemen Agama RI, *Al-Quran dan Terjemahnya*, (Bandung : Diponegoro, 2000), h.125

## PERSEMBAHAN

Teriring do'a dan rasa syukur kehadirat Allah SWT, penulis mempersembahkan skripsi ini sebagai tanda bakti dan cinta kasihku yang tulus kepada :

1. Almarhum Ayahanda Jahidi tercinta dan Ibunda tersayang Hamima, yang senantiasa mencurahkan kasih sayangnya, dukungan tenaga, waktu pikiran dalam membimbingku, mendidikku dengan penuh kesabaran serta ketulusan dan dengan keikhlasan serta kekuatan do'a yang selalu kedua orangtuaku panjatkan untuk keberhasilanku dan kesuksesanku.
2. Ayah Eddy Sutrisno dan Ibu Nurpuri yang memberikan dukungan moral, material, motivasi dan menantikan keberhasilanku.
3. Ayukku Ersu Wana dan uwohku Suryanto yang selalu memberikan motivasi, material, semangat, mendo'akan dan menantikan keberhasilanku.
4. Almameter tercinta IAIN Raden Intan Lampung, yang telah mendewasakan dalam berfikir dan bertindak, semoga ini menjadi awal kesuksesanku.

## RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Febrianita Liani, lahir di Desa Surabaya Kec. Tiga Dhaji, Kab. Ogan Komering Ulu Sumatra Selatan. Penulis adalah anak kedua dari dua bersaudara, lahir dari pasangan Bapak Jahidi dan Ibu Hamima.

Penulis mengawali pendidikan di SD N 01 Desa Surabaya dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2006, kemudian melanjutkan ke SMP N 01 Desa Peninggiran Surabaya Kec. Tiga Dhaji, Kab. Ogan Komering Ulu Sumatra Selatan dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2009, dan melanjutkan ke Jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Swadipa Natar Kab. Lampung Selatan, dan selesai pada tahun 2012.

Pada tahun 2012 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Institut Agama Islam Negeri Raden Intan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Jurusan Pendidikan Biologi. Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari tahun 2015 di Desa Cimarias Kecamatan Bangun Rejo Kabupaten Lampung Tengah. Selanjutnya penulis mengikuti Praktik Pendidikan Lapangan (PPL) di SMP Negeri 20 Bandar Lampung tahun 2015.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul **“Pengaruh Emisi Kendaraan Bermotor Terhadap Luas Daun dan Indeks Stomata Pada Daun *Pterocarpus indicus* Willd Sebagai Tanaman Pelindung Di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung”**.

Tidak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih pada pihak yang telah banyak membantu baik dalam bimbingan dan saran yang diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Ucapkan terima kasih tersebut penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Dr. Chairul Anwar, M. Pd., selaku Dekan Fakultas Tarbiyah IAIN Raden Intan Lampung yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd., selaku Ketua Jurusan program studi Pendidikan Biologi.
3. Ibu Dwijowati Asih Saputri, M.Si., selaku sekretaris Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan IAIN Raden Intan Lampung.

4. Bapak Drs. Zulhanan, M.A., selaku pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan masukan serta saran dan kritik sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Dwijowati Asih Saputri, M.Si., selaku pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan saran, kritik, do'a serta memberikan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen di lingkungan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan IAIN Raden Intan Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan pada penulis selama di bangku kuliah.
7. Ibu Nurpuri dan ayah Eddy Sutrisno yang memberikan dukungan moral dan material serta motivasi selama masa penulis menempuh pendidikan di Perguruan Tinggi.
8. Ayukku Ersa Wana dan umoh Suryanto yang telah memberikan semangat, masukan, motivasi dan material dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Sahabat terbaikku, Siti Eva Sari, Kun Asrie Swara Kinanti, Apri Baru Saputra, Eko Kingkin Pujananto, Heni Afrika, Ferisa Desi Aulia, Andri Agus Irawan, Mariya Fransiska yang telah memberikan bantuan dan semangat selama perkuliahan dan penelitian.
10. Teman-temanku Biologi angkatan 2012 khususnya Biologi E yang tak henti-hentinya memberikan dukungan, semangat dan masukan serta kebersamaanya selama ini.

11. Pimpinan dan karyawan perpustakaan serta seluruh civitas akademik Fakultas  
Tarbiyah dan Keguruan IAIN Raden Intan Lampung

Semoga Allah SWT memberikan rahmat dan hidayat-Nya sebagai balasan atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kepada para pembaca kiranya dapat memberikan kritik dan saran yang sifatnya membangun. Penulis berharap semoga skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, November 2016

Penulis,

**Febrianita Liani**  
**NPM : 1211060169**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>v</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah .....	8
C. Rumusan Masalah .....	8
D. Pembatasan Masalah .....	9
E. Tujuan Penelitian .....	10
F. Manfaat Penelitian .....	10
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>12</b>
A. Emisi Kendaraan .....	12
B. Pencemaran Udara .....	13
1. Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Flora .....	21
C. Pohon Pelindung Jalan .....	32
D. Morfologi Tanaman Angsana ( <i>Pterocarpus indicus</i> Willd) .....	36
E. Manfaat Tanaman Angsana .....	38
F. Fotosintesis .....	39
G. Transpirasi .....	41

H. Stomata .....	44
I. Kerangka Pikiran .....	49
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN.....</b>	<b>52</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	52
B. Alat dan Bahan .....	52
C. Sampel Penelitian .....	52
D. Metode Penelitian .....	53
E. Cara Kerja .....	53
1. Tahap Persiapan .....	53
2. Tahap Pelaksanaan .....	54
a. Pembuatan Preparat Untuk Melihat Luas Daun Dengan Metode Kertas Milimeter Blok .....	54
b. Pembuatan Preparat Sayatan Paradermal Dengan Metode <i>Whole                 Mount</i> .....	55
F. Teknik Analisis Data .....	56
G. Alur Kerja Penelitian .....	57
1. Pembuatan Preparat Untuk Melihat Luas Daun Dengan Metode Kertas Milimeter Blok .....	57
2. Pembuatan Preparat Sayatan Paradermal Dengan Metode <i>Whole             Mount</i> .....	58
<b>BAB IV HASIL DAN PENELITIAN .....</b>	<b>60</b>
A. Gambaran Hasil Penelitian .....	60
B. Luas Daun Angsana ( <i>Pterocarpus indicus</i> Willd) .....	62
C. Indeks Stomata Daun Angsana ( <i>Pterocarpus indicus</i> Willd) .....	70
D. Morfologi Daun Angsana di Jalan Teuku Umar dan Endro Suratmin Bandar Lampung .....	82
E. Kerusakan Lingkungan Dalam Pandangan Islam .....	87
F. Sebagai Alternatif Sumber Belajar Biologi .....	91
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>93</b>
A. Kesimpulan .....	93
B. Saran .....	94

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

### DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Pengamatan Jumlah Kendaraan Bermotor dan Roda Empat .....	61
2. Jumlah Rata-Rata Luas Daun Angsana Di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung .....	63
3. Jumlah Indeks Stomata Daun Angsana Di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung .....	71



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Pterocarpus indicus</i> Willd .....	36
2. Gambar Hasil Pengamatan Indeks Stomata di Lokasi 1 Jl. Teuku Umar ...	73
3. Gambar Hasil Pengamatan Indeks Stomata di Lokasi 2 Jl. Teuku Umar ...	72
4. Gambar Hasil Pengamatan Indeks Stomata di Lokasi 3 Jl. Teuku Umar ...	74
5. Gambar Hasil Pengamatan Indeks Stomata di Lokasi 1 Jl. Endro Suratmin .....	74
6. Gambar Hasil Pengamatan Indeks Stomata di Lokasi 2 Jl. Endro Suratmin .....	74
7. Gambar Hasil Pengamatan Indeks Stomata di Lokasi 3 Jl. Endro Suratmin .....	74
8. Keadaan Daun Angsana di Lokasi 1 Jl. Teuku Umar .....	83
9. Keadaan Daun Angsana di Lokasi 2 Jl. Teuku Umar .....	83
10. Keadaan Daun Angsana di Lokasi 3 Jl. Teuku Umar .....	83
11. Keadaan Daun Angsana di Lokasi 1 Jl. Endro Suratmin.....	84
12. Keadaan Daun Angsana di Lokasi 2 Jl. Endro Suratmin.....	85
13. Keadaan Daun Angsana di Lokasi 3 Jl. Endro Suratmin.....	85

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran

1. Denah Jl. Endro Suratmin .....	100
2. Denah Jl. Teuku Umar .....	101
3. Tabel 1. Luas Daun Angsana di Jalan Teuku Umar .....	102
4. Tabel 2. Luas Daun Angsana di Jalan Endro Suratmin .....	102
5. Tabel 3. Indeks Stomata Angsana di Jalan Teuku Umar .....	103
6. Tabel 4. Indeks Stomata Angsana di Jalan Endro Suratmin .....	103
7. Tabel 5. Jumlah Rata-Rata Luas Daun Angsana di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin .....	104
8. Tabel 6. Jumlah Rata-Rata Indeks Stomata Daun Angsana di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin .....	104
9. Tabel 7. Jumlah Stomata, Epidermis, Trikoma Kelenjar dan Trikoma Non Kelenjar Pada Daun Angsana di Jl. Teuku Umar .....	105
10. Tabel 8. Jumlah Stomata, Epidermis, Trikoma Kelenjar dan Trikoma Non Kelenjar Pada Daun Angsana di Jl. Endro Suratmin .....	106
11. Alat dan Bahan .....	107
12. Foto Menghitung Kendaraan .....	111

13. Foto Pengambilan Sampel Daun Angsana .....	112
14. Foto Keadaan Daun Angsana .....	115
15. Foto Penelitian .....	118
16. Gambar Luas Daun Angsana di Jl. Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin .....	121
17. Gambar Hasil Peneitian Indeks Stomata Pada Tanaman Angsana .....	135
18. Silabus Pembelajaran .....	166
19. Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) .....	169
20. Penuntun Praktikum .....	174
21. Cover Pengesahan	
22. Surat Keterangan Mengadakan Penelitian	
23. Surat Peminjaman Laboratorium	
24. Surat Peminjaman Alat Laboratorium	
25. Surat Keterangan Bebas Peminjaman Alat dan Bahan Laboratorium	
26. Surat Telah Menyelesaikan Penelitian	
27. Nota Dinas	
28. Lembar Pengesahan	
29. Lembar Konsultasi	

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan pembangunan di segala bidang di Indonesia saat ini meningkat sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan. Hal ini seiring dengan meningkatnya pembangunan fisik diperkotaan seperti pembangunan pusat perkantoran, pemukiman dan kegiatan lainnya yang menuntut mobilitas tinggi, sehingga berdampak pada peningkatan volume kendaraan. Bertambahnya jumlah kendaraan mengakibatkan tingginya konsumsi bahan bakar yang kemudian akan memberikan dampak negatif yaitu dapat meningkatkan kadar polutan di udara akibat emisi (pelepasan) dari asap kendaraan bermotor. Emisi kendaraan bermotor yang dihasilkan dapat menyebabkan polusi udara atau pencemaran udara.<sup>1</sup>

Pencemaran udara merupakan masalah lingkungan yang cukup penting dewasa ini. Di beberapa kota industri pencemaran sudah mencapai pada tingkat yang cukup merugikan, pencemaran udara terjadi jika udara di atmosfer di campuri dengan

---

<sup>1</sup> Andri Windi Satolom, Novri Y. Kandowangko, Abubakar Sidik Katili, “Analisis Kadar Klorofil, Indeks Stomata Dan Luas Daun Tumbuhan Mahoni (*Swietenia Maccrophylla* King), Pada Beberapa Jalan Di Gorontalo”. (Jurnal Program Studi Biologi Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, 2011), h. 1

zat atau radiasi yang berpengaruh buruk terhadap organisme hidup dan jumlah pengotoran ini cukup banyak sehingga tidak dapat diabsorpsi atau dihilangkan.<sup>2</sup>

Pengaruh bahan pencemaran udara tersebut dapat dilihat pada kerusakan tanaman secara morfologi seperti *clorosis* (perusakan zat hijau daun/menguning) dan *nekrosis* (kematian sel berupa bercak), secara anatomi seperti struktur sel, serta secara fisiologi dan biokimia, seperti perubahan klorofil dan metabolisme. Pada kebanyakan pencemaran udara secara sendiri-sendiri atau kombinasi menyebabkan kerusakan dan perubahan fisiologi tanaman yang kemudian diekspresikan dalam gangguan pertumbuhan.<sup>3</sup> Dimana sejak awal Allah telah memperingatkan adanya akibat ulah manusia tersebut yaitu sebagai motivasi, Allah menjanjikan kebahagiaan akhirat bagi orang yang tidak berbuat kerusakan. Seharusnya umat islam menjaga lingkungannya sesuai dengan firman Allah SWT :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ٥٦

Artinya : “ Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.”( QS Al-Araf: 56 )<sup>4</sup>

<sup>2</sup> S. Roifatul Hidayati, “Analisis Karakteristik Stomata, Kadar Klorofil dan Kandungan Logam Berat Pada Daun Pohon Pelindung Jalan Kawasan Lumpur Porong Sidoarjo”. ( Skripsi Jurusan Biologi Fakultas Sinstek Dan Teknologi, Universitas Negeri Malang, Malang, 2009), h. 1

<sup>3</sup> Andri Windi Satolom, Novri Y. Kandowangko, Abubakar Sidik Katili, *Op.Cit.*, h. 2

<sup>4</sup>Departemen Agama RI, *Al-Quran dan Terjemahnya* (Bandung : Diponegoro,2000), h. 125

Dalam ayat ini Allah telah menjelaskan bahwa janganlah kamu merusak bumi yang sudah diperbaiki dan berdoalah dengan rasa takut dan harapan. Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik. Hal ini mengantarkan umat Islam untuk memikirkan ciptaan Allah dan berpikir bahwa Allah tidak menciptakan semua dengan sia-sia saja, namun agar supaya umat Islam bertaqwa kepada Allah dan bertindak sesuai dengan kehendaknya.

Pohon pelindung jalan adalah pohon yang ditanam ditepi-tepi jalan yang selain berfungsi sebagai keindahan juga berfungsi sebagai peneduh. Tanaman angkana (*Pterocarpus indicus* Willd) adalah salah satu jenis pohon pelindung yang banyak ditanam di pinggir jalan raya kawasan Bandar Lampung yaitu di jalan padat kendaraan (Jalan Teuku Umar) maupun di jalan kurang padat kendaraan (Jalan Endro Suratmin) sebagai tanaman pelindung dan sebagai keindahan jalan raya serta sebagai penyerapan partikel-partikel pencemaran udara. Berdasarkan hasil survey dan perhitungan jumlah kendaraan pada tanggal 23 Mei 2016, pukul 07:00 - 07:05 WIB menunjukkan bahwa di Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung merupakan jalan yang kurang padat kendaraan, baik itu kendaraan roda empat maupun kendaraan roda dua. Dalam waktu 5 menit, kendaraan roda empat yang melintas sebanyak 38 dan jumlah rata-rata kendaraan roda dua sebanyak 372. Sedangkan pada Jalan Teuku Umar Bandar Lampung, pukul 07:40 - 07:45 WIB merupakan jalan yang padat kendaraan, baik itu kendaraan roda empat maupun roda dua. Dalam waktu 5 menit,

jumlah rata-rata kendaraan roda empat yang melintas sebanyak 236 dan jumlah rata-rata kendaraan roda dua sebanyak 642.

Peningkatan intensitas kendaraan bermotor secara langsung akan meningkatkan emisi gas buang kendaraan yang berasal dari proses pembakaran pada kendaraan bermotor.<sup>5</sup> Polutan yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor antara lain karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), hidrokarbon (HC), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), timah hitam (Pb) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).<sup>6</sup> Menurut Siswanto dkk (2011) menyatakan bahwa komposisi dari gas buang kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin adalah 72% N<sub>2</sub>, 18,1% CO<sub>2</sub>, 8,2% H<sub>2</sub>O, 1,2% Gas Argon (gas mulia), 1,1% O<sub>2</sub> dan 1,1% gas beracun yang terdiri dari 0,13% NO<sub>x</sub>, 0,09 HC, dan 0,9% CO juga Pb. Gas buang yang beracun merupakan sebagian kecil dari volume gas bekas kendaraan bermotor yang menyebabkan polusi udara. Senyawa tersebut bila terhirup oleh makhluk hidup akan mengakibatkan kerusakan organ dan bila melebihi jumlah tertentu akan menyebabkan kematian.<sup>7</sup>

Pohon atau tanaman merupakan salah satu makhluk hidup yang dapat menyerap gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) untuk diubah menjadi oksigen (O<sub>2</sub>). Akan tetapi penambahan konsentrasi pencemar ke udara dapat secara langsung mempengaruhi

---

<sup>5</sup> Andri Windi Satolom, Novri Y. Kandowanko, Abubakar Sidik Katili. *Loc.Cit.*, h. 2

<sup>6</sup> Sandri Linna Sengkey, "Tingkat Pencemaran Udara CO Akibat Lalu Lintas Dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro". (Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol. 1, Universitas Sam Ratulangi, Sam Ratulangi, 2011), h.120

<sup>7</sup> Alfi Darwis, Novri Y. Kandowanko, D. W. K. Baderan, "Indeks dan Kerapatan Stomata Pada Daun Tumbuhan *Bougainvillea glabra* Chois Sebagai Bioindikator Pencemaran Gas Buang Kendaraan Bermotor Di Kota Gorontalo". (Jurnal Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ipa, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, 2014), h. 3

pertumbuhan pada tanaman. Beberapa contoh kerusakan yang terjadi pada gangguan nutrisi dan gangguan atraksional biologis adalah terjadinya penurunan tingkatan kandungan enzim, gangguan pada respon fisiologi adalah perubahan pada sistem fotosintesa, sedangkan gangguan yang nampak secara visual adalah *clorosis* (perusakan zat hijau daun/menguning), *flecking* (daun bintik-bintik), *reduced crop yield* (penurunan hasil panen).<sup>8</sup>

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan salah satu bahan fotosintesis pada tumbuhan. Pada sebagian besar tumbuhan, konsentrasi CO<sub>2</sub> yang rendah di daun juga membuat stomata membuka. Sekalipun pada malam hari, maka stomata yang terbuka sedikit akan membuka lebih lebar. Sebaliknya, konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi di daun menyebabkan stomata menutup sebagian, dan ini terjadi saat terang maupun gelap.<sup>9</sup> Daun merupakan suatu bagian tumbuhan yang penting dan pada umumnya tiap tumbuhan mempunyai sejumlah besar daun. Organ ini hanya terdapat pada batang saja dan tidak pernah terdapat pada bagian lain pada tubuh tumbuhan. Daun biasanya tipis melebar, kaya akan suatu zat warna hijau daun yang dinamakan klorofil, oleh karena itu daun biasanya berwarna hijau dan menyebabkan tumbuhan atau daerah-daerah yang ditempati tumbuh-tumbuhan nampak hijau pula.<sup>10</sup>

---

<sup>8</sup> Afif Budiyo, "Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan". (Jurnal Penelitian Bidang Pengajian Ozon dan Polusi Udara, Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, 2001), h. 23

<sup>9</sup> Frank B Salisbury & Cleon W Ross, *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1* (Bandung : ITB Bandung, 1995), h. 80

<sup>10</sup> Gembong Tjitrosoepomo, *Morfologi Tumbuhan* (Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2007), h. 7

Daun memiliki beberapa fungsi antara lain : pengambilan zat-zat makanan (resorpsi), pengolahan zat-zat makanan (asimilasi), penguapan air (transpirasi) dan pernafasan (respirasi). Tumbuhan mengambil zat-zat makanan dari lingkungannya dan zat yang diambil (diserap) tadi adalah zat-zat yang bersifat anorganik. Air beserta garam-garam diambil dari tanah oleh akar tumbuhan. Sedangkan gas asam arang ( $\text{CO}_2$ ) yang merupakan zat makanan pula bagi tumbuhan diambil dari udara melalui celah-celah yang halus yang disebut mulut daun (stomata).<sup>11</sup> Jika tumbuhan ingin menyerap lebih banyak  $\text{CO}_2$  maka stomata harus dibuka lebar. Konsenskuensinya jika stomata membuka lebar maka akan semakin banyak tumbuhan kehilangan air, karena baik  $\text{CO}_2$  maupun air bergerak melalui stomata yang sama.<sup>12</sup>

Stomata adalah celah diantara epidermis yang diapit oleh 2 sel epidermis khusus yang disebut sel penutup. Pada beberapa tumbuhan, stoma ada yang mempunyai sel tetangga. Sel ini secara morfologi berbeda dari sel epidermis lain, yaitu terdiri atas dua atau lebih sel tetangga yang mengelilingi sel penutup yang tampaknya berhubungan secara fungsi. Stomata terdapat pada sisi atas dan bawah daun, atau hanya pada permukaan bawah saja. Jumlah stomata per  $\text{mm}^2$  berbeda pada setiap tumbuhan.<sup>13</sup>

Fungsi utama stomata adalah sebagai tempat pertukaran gas seperti  $\text{CO}_2$ , yang diperlukan tumbuhan untuk melangsungkan proses fotosintesis. Selain sebagai

---

<sup>11</sup> Gembong Tjitrosoepomo, *Ibid.* h. 8 - 9

<sup>12</sup> Benyamin Lakitan, *Dasar – Dasar Fisiologi Tumbuhan* (Jakarta: PT Rajagrafindo Persada, 2012), h. 54

<sup>13</sup> Sri Mulyani, *Anatomi Tumbuhan* (Yogyakarta: Kanisius, 2006), h. 141 - 142

pertukaran gas CO<sub>2</sub>, stomata juga merupakan bagian tanaman tempat terjadinya penyerapan polutan dan secara langsung dapat berinteraksi dengan jaringan mesofil. Peningkatan jumlah epidermis dan stomata serta peningkatan indeks stomata merupakan salah satu respon tanaman terhadap polusi udara.<sup>14</sup> Menurut Astri Nur Andini (2011), polutan merupakan penyebab utama terjadinya peningkatan indeks stomata. Tanaman *Celosia cristata*, *Catharanthus roseus* dan *Gomphrena globosa* memodifikasi dirinya dengan meningkatkan kerapatan dan indeks stomata guna untuk peningkatan penangkapan karbondioksida (CO<sub>2</sub>).<sup>15</sup> Gutti Gratimah (2009), Berdasarkan hasil penelitiannya, menyatakan bahwa *Pterocarpus indicus* Willd memiliki daya serap gas CO<sub>2</sub> tiap cm<sup>2</sup> daun sebanyak 0,07 x 10<sup>-4</sup> g cm<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>.<sup>16</sup>

Selain hal-hal yang telah dipaparkan diatas, penelitian ini akan digunakan sebagai sarana belajar penunjang bagi peserta didik. Pelajaran Biologi merupakan salah satu mata pelajaran yang diajarkan di Sekolah Menengah Atas (SMA) dan yang sederajat ini mengandung banyak konsep yang tidak terpisahkan dari penggunaan sumber belajar untuk meningkatkan pemahaman dan pengetahuan bagi peserta didik. Dalam hal ini untuk lebih memahami materi fotosintesis. Dari uraian di atas maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian tentang “ Pengaruh Emisi Kendaraan

---

<sup>14</sup> Andri Winda Satolom, Novri Y. Kandowanko, Abubakar Sidik Katili, *Op. Cit*, h. 3

<sup>15</sup> Astri Nur Andini, “Anatomi Jaringan Daun dan Pertumbuhan Tanaman *Celosia cristata*, *Catharanthus reseus*, dan *Gomphrena globosa* Pada Lingkungan Udara Tercemar”. (Jurnal Departemen Biologi, Fakutlas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2011) h. 8

<sup>16</sup> Gutti Gratimah, “Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO<sub>2</sub> Antropogenik di Pusat Kota Medan”. (Skripsi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, 2009), h. 48

Bermotor Terhadap Luas Daun dan Indeks Stomata Pada Daun *Pterocarpus indicus* Willd Sebagai Tanaman Pelindung Di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung ”.

### **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut:

1. Bertambahnya jumlah kendaraan mengakibatkan tingginya konsumsi bahan bakar yang kemudian akan memberikan dampak negatif yaitu dapat meningkatkan kadar polutan di udara
2. Polusi udara dapat mengakibatkan kerusakan tanaman secara morfologi, peningkatan jumlah epidermis dan jumlah stomata serta peningkatan indeks stomata pada daun

### **C. Rumusan Masalah**

Berdasarkan penjabaran pada latar belakang maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah emisi kendaraan bermotor dapat mempengaruhi luas daun dan indeks stomata pada daun *Pterocarpus indicus* Willd sebagai tanaman pelindung di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung ?

2. Apakah ada perbedaaan luas daun dan indeks stomata pada daun *Pterocarpus indicus* Willd sebagai tanaman pelindung di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung ?

#### **D. Pembatasan Masalah**

Agar ruang lingkup penelitian ini tidak terlalu luas maka dibatasi masalah pada permasalahan sebagai berikut:

1. Subjek penelitian

Subjek penelitian adalah tanaman *Pterocarpus indicus* Willd sebagai tanaman pelindung di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung

2. Objek penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah luas daun dan indeks stomata pada tanaman *Pterocarpus indicus* Willd sebagai tanaman pelindung di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung

3. Penelitian ini mengamati luas daun dan indeks stomata pada daun *Pterocarpus indicus* Willd

### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh emisi kendaraan bermotor terhadap luas daun dan indeks stomata pada daun *Pterocarpus indicus* Willd sebagai tanaman pelindung di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung
2. Untuk mengetahui perbedaaan luas daun dan indeks stomata pada daun *Pterocarpus indicus* Willd sebagai tanaman pelindung di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung

### **F. Manfaat Penelitian**

1. Bagi Peneliti

Manfaat penelitian ini untuk peneliti adalah menambah ilmu dan wawasan tentang pengujian pengaruh emisi kendaraan bermotor terhadap luas daun dan indeks stomata pada daun *Pterocarpus indicus* Willd sebagai tanaman pelindung.

2. Bagi Guru

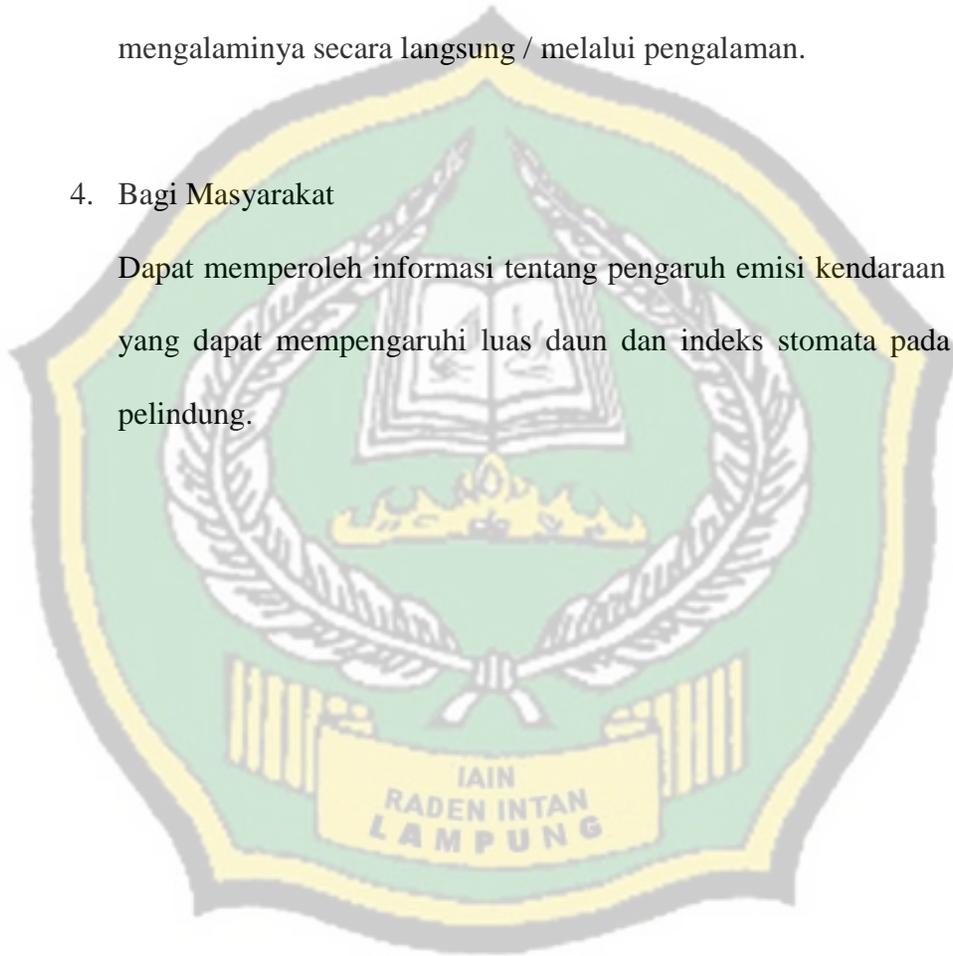
Hasil penelitian ini dapat menjadikan sebagai referensi dalam pembelajaran Biologi di jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA) kelas XII, khususnya pada materi fotosintesis

### 3. Bagi Siswa

Melalui kegiatan praktikum siswa dapat langsung mempraktekkan penelitian yang sudah dirancang oleh guru mata pelajaran sehingga siswa dapat lebih mudah memahami materi fotosintesis karena telah mengalaminya secara langsung / melalui pengalaman.

### 4. Bagi Masyarakat

Dapat memperoleh informasi tentang pengaruh emisi kendaraan bermotor yang dapat mempengaruhi luas daun dan indeks stomata pada tanaman pelindung.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Emisi Kendaraan

Emisi kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar di dalam mesin kendaraan yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses pembakaran adalah reaksi kimia antara oksigen di dalam udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan tenaga.<sup>17</sup> Emisi kendaraan merupakan sumber pencemaran udara paling utama yang berasal dari transportasi yaitu kendaraan bermotor. Peningkatan intensitas kendaraan bermotor secara langsung akan meningkatkan emisi gas buang kendaraan yang berasal dari proses pembakaran pada kendaraan bermotor.<sup>18</sup>

Kendaraan seperti bus, truk, jeep, sedan, sepeda motor dan sejenisnya menggunakan sumber energi dari bensin atau minyak disel. Kendaraan bermotor yang menggunakan mesin empat langkah menghasilkan gas buang dengan mekanisme seperti berikut ini : bensin dicampurkan dengan udara dalam karburator, kemudian dipompakan ke dalam silinder pada langkah pertama. Uap bensin yang bercampur

---

<sup>17</sup> Joko Winarno, “ *Studi Emisi Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merk Kendaraan dan Tahun Pembuatan* ”. (Jurnal Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Janabdra Yogyakarta, Yogyakarta, 2014), h. 3

<sup>18</sup> Andri Windi Satolom, Novri Y. Kandowanko, Abubakar Sidik Katili, “*Analisis Kadar Klorofil, Indeks Stomata Dan Luas Daun Tumbuhan Mahoni ( Swietenia Maccrophylla King), Pada Beberapa Jalan Di Gorontalo*”. (Jurnal Program Studi Biologi Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, 2011), h. 2

oksigen (dari udara) tersebut dimampatkan dalam ruang silinder pada langkah ke dua, dan dibakar oleh percik api yang dihasilkan oleh busi. Pemuaian gas karena pembakaran (berupa letupan) akan mendorong piston pada langkah ke tiga, yaitu langkah yang menghasilkan tenaga untuk menggerakkan mesin kendaraan. Hasil pembakaran ini di samping energy, juga gas buang yang didorong keluar silinder melalui *muffler* pada langkah ke empat.<sup>19</sup>

Polutan yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor antara lain karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), hidrokarbon (HC), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), timah hitam (Pb) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).<sup>20</sup> Menurut Siswanto dkk (2011) menyatakan bahwa komposisi dari gas buang kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin adalah 72% N<sub>2</sub>, 18,1% CO<sub>2</sub>, 8,2% H<sub>2</sub>O, 1,2% Gas Argon (gas mulia), 1,1% O<sub>2</sub> dan 1,1% gas beracun yang terdiri dari 0,13% NO<sub>x</sub>, 0,09 HC, dan 0,9% CO juga Pb. Gas buang yang beracun merupakan sebagian kecil dari volume gas bekas kendaraan bermotor yang menyebabkan pencemaran udara.<sup>21</sup>

## B. Pencemaran Udara

Udara merupakan faktor yang penting dalam kehidupan namun dengan meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat industri, kualitas udara telah

---

<sup>19</sup> Didik Sarudji, *Kesehatan Lingkungan*, (Bandung : Karya Putra Darwati, 2010), h. 264

<sup>20</sup> Sandri Linna Sengkey, "Tingkat Pencemaran Udara CO Akibat Lalu Lintas Dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro". (Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol. 1, Universitas Sam Ratulangi, Sam Ratulangi, 2011 ), h.120

<sup>21</sup> Alfi Darwis, Novri Y. Kandowanko, D. W. K. Baderan, "Indeks dan Kerapatan Stomata Pada Daun Tumbuhan *Bougainvillea glabra* Chois Sebagai Bioindikator Pencemaran Gas Buang Kendaraan Bermotor Di Kota Gorontalo". (Jurnal Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ipa, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, 2014), h. 3

mengalami perubahan. Udara yang dulu segar, kini kering dan kotor. Pada sore hari dari ketinggian tampak kota-kota besar memperlihatkan warna yang kumuh, cakrawala yang diliputi asap debu. Hal ini bila tidak segera ditanggulangi, perubahan tersebut dapat membahayakan kesehatan manusia, kehidupan hewan serta tumbuhan.<sup>22</sup> Pencemaran udara merupakan masalah lingkungan yang cukup penting dewasa ini. Di beberapa kota industri pencemaran sudah mencapai pada tingkat yang cukup merugikan, pencemaran udara terjadi jika udara di atmosfer di campuri dengan zat atau radiasi yang berpengaruh buruk terhadap organisme hidup dan jumlah pengotoran ini cukup banyak sehingga tidak dapat diabsorpsi atau dihilangkan.<sup>23</sup>

Menurut Hendry C. Perkins, 1974, dalam bukunya *Air Pollution*, pencemaran udara dinyatakan sebagai berikut:

Pencemaran udara berarti hadirnya satu atau beberapa kontaminan di dalam udara atmosfer di luar, seperti antara lain oleh debu, busa, gas, kabut, bau-bauan, asap atau uap dalam kuantitas yang banyak, dengan berbagai sifat maupun lama berlangsungnya di udara tersebut, hingga dapat menimbulkan gangguan-gangguan terhadap kehidupan manusia, tumbuhan atau hewan maupun benda, atau tanpa alasan jelas sudah dapat mempengaruhi kelestarian kehidupan organisme maupun benda.<sup>24</sup>

---

<sup>22</sup> S. Roifatul Hidayati, “ *Analisis Karakteristik Stomata, Kadar Klorofil dan Kandungan Logam Berat Pada Daun Pohon Pelindung Jalan Kawasan Lumpur Porong Sidoarjo* “. (Skripsi Jurusan Biologi Fakultas Sinstek Dan Teknologi, Universitas Negeri Malang, Malang, 2009), h. 1

<sup>23</sup> S. Roifatul Hidayati, *Ibid*,

<sup>24</sup> Philip Kristanto, *Ekologi Industri* ( Yogyakarta : ANDI Yogyakarta, 2002 ), h. 96

Menurut Philip Kristanto (1994) dalam bukunya menuliskan bahwa berdasarkan asal dan kelanjutan perkembangannya di udara, pencemar udara dapat dibedakan menjadi: pencemar udara primer dan pencemar udara sekunder.<sup>25</sup>

a. Pencemar Udara Primer

Pencemaran udara primer yaitu semua pencemar di udara yang ada dalam bentuk yang hampir tidak berubah, sama seperti pada saat dibebaskan dari sumbernya sebagai hasil dari suatu proses tertentu. Pencemaran udara primer, yang mencakup 90% dari jumlah pencemar udara seluruhnya, umumnya berasal dari sumber-sumber yang diakibatkan oleh aktivitas manusia, seperti dari industri (cerobong asap industri) di mana dalam industri tersebut terdapat proses pembakaran yang menggunakan bahan bakar minyak/batubara, proses peleburan/pemurnian logam dan juga dihasilkan dari sektor transportasi (mobil, bus, sepeda motor, dan lainnya). Dari seluruh pencemar primer tersebut, sumber pencemar yang utama berasal dari sektor transportasi, yang memberikan andil sebesar 60% dari pencemaran udara total. Pencemar udara primer dapat digolongkan menjadi lima kelompok berikut:

1. Karbon Monoksida (CO)

Karbon Monoksida (CO) merupakan suatu komponen gas tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mempunyai rasa. Komponen ini mempunyai berat sebesar 96,5% dari berat air dan tidak larut di dalam air. Karbon

---

<sup>25</sup> Philip Kristanto, *Ibid*, h. 99

monoksida yang dapat di alam terbentuk dari salah satu proses sebagai berikut :

- Pembakaran tidak sempurna terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
- Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.
- Pada suhu tinggi, karbon dioksida terurai menjadi karbon monoksida dan atom C.<sup>26</sup>

## 2. Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)

Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer, terdiri dari gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Walaupun bentuk nitrogen oksida lainnya ada, tetapi kedua gas yang paling banyak dijumpai sebagai polutan udara. NO merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, sebaliknya NO<sub>2</sub> mempunyai warna coklat kemerahan dan berbau tajam. Sebagaimana halnya CO, emisi NO dipengaruhi oleh kepadatan penduduk, karena sumber utama NO<sub>x</sub> yang diproduksi manusia adalah dari pembakaran, dan kebanyakan pembakaran disebabkan oleh kendaraan bermotor, produksi dan konsumsi energi serta pembuangan sampah. Sebagian besar emisi NO<sub>x</sub> yang dibuat manusia berasal dari pembakaran arang, minyak, gas alam dan bensin.<sup>27</sup>

---

<sup>26</sup> Philip Kristanto, *Ibid*,

<sup>27</sup> Philip Kristanto, *Ibid*, h. 106-107

### 3. Hidrokarbon (HC)

Komponen hidrokarbon hanya terdiri dari elemen hidrogen dan karbon. Hidrokarbon yang mengandung 1-4 atom karbon berbentuk gas pada suhu kamar, sedangkan yang mengandung 1-5 atau lebih atom karbon berbentuk cair dan padat. Semakin tinggi jumlah atom karbon, semakin cenderung untuk terdapat dalam bentuk padat. Hidrokarbon yang sering menimbulkan masalah dalam pencemaran udara adalah yang berbentuk gas pada suhu normal atmosfer, atau hidrokarbon yang bersifat sangat volatil (mudah berubah menjadi gas) pada suhu tersebut.<sup>28</sup>

### 4. Sulfur oksida (So<sub>x</sub>)

Pencemaran oleh sulfur oksida terutama disebabkan oleh dua komponen gas yang tidak berwarna. Yaitu sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan sulfur trioksida (SO<sub>3</sub>). Kedua jenis gas ini di kenal dengan So<sub>x</sub>. Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak terbakar di udara, sedangkan sulfur trioksida merupakan komponen yang tidak reaktif.<sup>29</sup>

### 5. Partikel-partikel

Partikel-partikel berasal dari asap (terutama hasil pembakaran kayu, sampah, batubara, dan bahan bakar minyak yang membentuk jelaga) dan dapat pula partikel-partikel debu halus dan agak kasar yang berasal dari kegiatan alami manusia. Sifat terpenting ini adalah ukurannya, yang

---

<sup>28</sup> Philip Kristanto, *Ibid*, h.111

<sup>29</sup> Philip Kristanto, *Ibid*, h. 115-116

berkisar antara 0,0002 mikron hingga 500 mikron.<sup>30</sup> Partikel berpengaruh terhadap tanaman terutama karena bentuk debunya, di mana debu tersebut jika bergabung dengan uap air atau air hujan (gerimis) akan membentuk kerak yang tebal pada permukaan daun yang tidak dapat dibilas oleh air hujan kecuali dengan menggosoknya. Lapisan kerak tersebut akan mengganggu berlangsungnya proses fotosintesis pada tanaman karena menghambat masuknya sinar matahari ke permukaan daun dan mencegah adanya pertukaran CO<sub>2</sub> dengan atmosfer. Akibatnya pertumbuhan akan terganggu.<sup>31</sup>

Menurut Hasketh dan Ahmad Bathara (2005) menambahkan pencemar udara yang ada di atmosfer adalah sebagai berikut:

1. Belerang Oksida

Belerang oksida adalah senyawa gas yang berbau tak sedap, yang banyak dijumpai di kawasan industri yang menggunakan batubara dan kerkas sebagai bahan bakar sumber energi utamanya. Belerang oksida juga merupakan salah satu bentuk gas hasil kegiatan vulkanik, erupsi gunung berapi, sumber gas belerang alami (sulfatar), sumber air panas dan uap panas alami (fumarol). Oksida-oksida ini merupakan penyebab utama karat karena zat tersebut sangat reaktif terhadap berbagai jenis logam (membentuk senyawa logam sulfida). Ia juga mengganggu kesehatan,

---

<sup>30</sup> S. Roifatul Hidayati, *Op. Cit*, h. 4

<sup>31</sup> Philip Kristanto, *Op. Cit*, h. 121

khususnya indra penglihatan dan selaput lendir sekitar saluran pernapasan (hidung, kerongkongan dan lambung). Di kawasan pertanian, gas-gas belerang oksida ini dapat merusak hasil panen.

## 2. Logam berat

Menurut Palar (2004), istilah logam biasanya diberikan kepada semua unsur-unsur kimia dengan ketentuan atau kaidah-kaidah tertentu. Unsur ini dalam kondisi suhu kamar, tidak selalu berbentuk padat melainkan ada yang berbentuk cair. Logam berat merupakan golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam yang lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berkaitan dengan masuk ke dalam tubuh organisme hidup, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup, bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah berlebihan akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologi tubuh.<sup>32</sup>

## 3. Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan jenis logam yang bersifat toksis apabila terakumulasi oleh tubuh, konsentrasi Pb di udara dari tahun ketahun mengalami peningkatan. Asap yang berasal dari cerobong pabrik sampai pada knalpot kendaraan telah melepaskan Pb ke udara. Melalui buangan mesin, unsur Pb terlepas ke udara dan sebagian diantaranya akan terbentuk partikulat di udara bebas dengan unsur-unsur lain. Sedangkan lainnya

---

<sup>32</sup> S. Roifatul Hidayati, *Op.Cit*, h. 8-9

menempel dan diserap oleh daun tumbuh-tumbuhan yang ada di sepanjang jalan. Logam berat Pb selain berpengaruh terhadap tumbuhan, berpengaruh juga terhadap manusia salah satunya dapat menyebabkan iritasi terhadap mata, gangguan pernafasan khususnya kerusakan pada paru-paru.<sup>33</sup>

#### 4. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan polutan yang di hasilkan kendaraan serta gas rumah kaca yang paling dominan yang terjadi secara alamiah dan sangat berperan dalam sistem biologis dunia kita. Karbon dioksida bersama dengan air merupakan bahan baku untuk fotosintesis. Aliran karbon dari atmosfer ke vegetasi merupakan aliran yang bersifat dua arah, yaitu pengikatan CO<sub>2</sub> oleh tanaman. Secara alamiah berada di atmosfer bumi, berasal dari emisi gunung merapi dan aktivitas mikroba di tanah (perombakan bahan organik) dan respirasi tumbuhan serta hasil pernapasan manusia. Selain dari itu gas ini juga dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar minyak dan gas yang banyak di pergunakan di kota. Setiap jenis bahan bakar yang digunakan menghasilkan jumlah emisi gas CO<sub>2</sub> yang berbeda.<sup>34</sup>

---

<sup>33</sup> S. Roifatul Hidayati, *Ibid*, h. 11-12

<sup>34</sup> Gutti Gratimah, “Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO<sub>2</sub> Antropogenik di Pusat Kota Medan”. (Skripsi Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, 2009), h. 8

## b. Pencemar Udara Sekunder

Pencemaran udara sekunder adalah semua pencemar di udara yang sudah berubah karena reaksi tertentu antara dua atau lebih kontaminan/polutan. Umumnya polutan sekunder merupakan hasil antara polutan primer dengan polutan lain yang ada di udara. Reaksi-reaksi yang menimbulkan polutan sekunder diantaranya adalah reaksi fotokimia dan reaksi oksida katalis.

### 1. Ozon dan senyawa-senyawa peroksida

Di dalam udara atmosfer normal, ozon berada dalam jumlah yang relatif kecil. Sebagai pencemar sekunder, ozon (dan senyawa-senyawa peroksida) merupakan hasil reaksi fotokimia antara  $\text{NO}_2$  dengan hidrokarbon, di udara  $\text{NO}_2$  akan lebih banyak menyerap sinar ultraviolet atau sinar-sinar dalam spektrum matahari yang mempunyai panjang gelombang cahaya tampak mendekati gelombang ultraviolet.<sup>35</sup>

### 1. Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Flora

Tumbuh-tumbuhan memiliki reaksi yang besar dalam menerima pengaruh perubahan atau gangguan akibat polusi udara dan perubahan lingkungan. Hal ini terjadi karena banyak faktor yang berpengaruh, diantaranya spesies tanaman, umur, keseimbangan nutrisi, kondisi tanaman, temperatur kelembaban dan penyinaran. Penambahan konsentrasi pencemaran ke udara dapat secara langsung mempengaruhi pertumbuhannya. Beberapa contoh kerusakan yang terjadi pada gangguan atraksional

---

<sup>35</sup> Philip Kristanto, *Op. Cit.*, h. 125

biologis adalah terjadinya penurunan tingkatan kandungan enzim, gangguan pada respon fisiologis adalah perubahan pada sistem fotosintesa, sedangkan gangguan yang nampak secara visual adalah *clorosis* (perusakan zat hijau daun/menguning), *Flecking* (daun bintik-bintik), *reduced crop yield* (penurunan hasil panen).<sup>36</sup> Luasan daun dari suatu pohon dan tegakkan pohon yang terekspos ke pencemar udara dapat berkurang karena pembentukan daun dan kecepatan absisi daun. Sebagai contoh SO<sub>2</sub> mengurangi berat dan luas daun. Selain itu juga mempengaruhi pertumbuhan akar, baik pencemar gas maupun partikel mengurai bibit, jumlah pengurangan bervariasi tergantung kepada konsentrasi dan waktu pemaparan. Beberapa studi menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi dari pohon tua dapat berkurang. Sebagai contoh, terjadinya penurunan pertumbuhan tinggi pada beberapa tumbuhan yang disebabkan oleh pencemar SO<sub>2</sub>,NO<sub>2</sub> dan partikel.<sup>37</sup>

Respon tumbuhan terhadap zat-zat pencemaran udara terbagi menjadi dua yaitu:

2. Respon tumbuhan secara makrokopis
  - a. Kerusakan daun

---

<sup>36</sup> Afif Budiyo, "Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan". (Jurnal Penelitian Bidang Pengajian Ozon dan Polusi Udara, Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, 2001), h. 23

<sup>37</sup> Edy Batara Mulya Siregar, "Pencemaran Udara, Respon Tanaman dan Pengaruhnya Pada Manusia," (Fakultas Pertanian, Program Studi Kehutanan, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, 2005), h. 6

Kondisi udara yang terpolusi akan mempengaruhi tanaman melalui daun. Jaringan daun terdiri dari epidermis, mesofil dan berkas pembuluh. Mekanisme tanaman untuk bertahan dari zat pencemar udara adalah melalui pergerakan membuka dan penutup stomata dan proses detoksifikasi. Kerusakan akut yang terjadi pada daun awalnya ditandai oleh adanya penampakan kekurangan kandungan air, yang kemudian akan berkembang menjadi mengering dan memutih hingga sampai berwarna gading pada kebanyakan spesies. Bentuk kerusakan seperti ini disebabkan oleh penyerapan gas pencemar udara yang terpapar dengan konsentrasi yang cukup tinggi sehingga jaringan daun akan rusak dalam waktu yang relatif singkat. Perubahan warna daun menjadi kuning yang berlanjut hingga memutih dapat menandai bahwa telah terjadi kerusakan secara kronis. Kebanyakan hal ini terjadi karena rusaknya klorofil dan karotenoid akibat absorpsi sejumlah gas pencemar dalam konsentrasi subletal dalam periode waktu yang lama.<sup>38</sup>

b. Perubahan morfologi

Pada percobaan yang dilakukan Rushayati dan Maulana (2005) diamati bahwa terjadi penurunan pertumbuhan terkait dengan diameter batang dan tinggi tanaman pada tanaman Kenari dan Akasia diberi emisi polutan udara dengan beberapa parameter yaitu  $9,375 \mu\text{g}/\text{m}^3$  CO,  $149,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$  SO<sub>2</sub>, 78,87

---

<sup>38</sup> Andika Wijaya K, "Penggunaan Tumbuhan Sebagai Bioindikator Dalam Pemantauan Pencemaran Udara ". (Jurnal Prodi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November, 2006), h. 7

$\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{NO}_2$  dan  $43,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  debu. Kerusakan kutikula dan epidermis dapat digunakan untuk mengindikasikan adanya pencemaran udara.<sup>39</sup>

Jaringan anatomi daun pada klas dikotil tersusun atas sekumpulan sel yang memiliki bentuk yang hampir sama. Jaringan tersebut tersusun atas jaringan epidermis atas dan bawah, jaringan mesofil (daging daun) yang tersusun atas jaringan palisade dan jaringan bunga karang. Epidermis menutupi permukaan atas dan bawah daun dilanjutkan ke epidermis batang. Sedangkan lapisan mesofil merupakan daerah paling utama untuk proses fotosintesis. Lapisan palisade merupakan bagian dari daun yang paling banyak mengandung kloroplast dan merupakan bagian yang paling banyak mempengaruhi produk fotosintesis. Kerusakan yang terjadi pada mesofil daun, terutama pada jaringan palisade oleh pencemaran udara akan memberi dampak yang paling besar terhadap kegiatan fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan.<sup>40</sup>

Selain kerusakan pada epidermis dan mesofil daun, polusi udara akan mempengaruhi total luas daun dari suatu tanaman yang terkena polusi akan mengalami penurunan, karena terhambatnya laju pertumbuhan dan perluasan daun serta meningkatnya jumlah daun yang gugur, sehingga secara langsung maupun tidak langsung akan menurunkan hasil fotosintesis.<sup>41</sup> Pada penelitian yang dilakukan oleh Andri dkk (2011), menyatakan bahwa dari hasil korelasi

---

<sup>39</sup> Andika Wijaya K, *Ibid*, h. 8

<sup>40</sup> Edy Batara Mulya Siregar, *Op.Cit*. h. 7-8

<sup>41</sup> Edy Batara Mulya Siregar, *Ibid.*, h. 8

spearman antara kadar klorofil dan luas daun didapatkan nilai koefisien korelasi 0,472 yang menunjukkan korelasi positif yang berarti rendahnya kadar klorofil akan berpengaruh pada penurunan luas permukaan daun.<sup>42</sup> Ebynthalina Sembiring dan Endang Sulistyawati dalam penelitiannya (2006) menambahkan bahwa menurut Kovacs (1992), menurunnya luas permukaan daun dapat dipengaruhi oleh menurunnya kandungan klorofil akibat akumulasi Pb. Penurunan kandungan klorofil mengakibatkan penurunan laju proses fotosintesis sehingga hasil proses fotosintesis juga berkurang. Terhambatnya asupan hasil fotosintesis kepada sel-sel apikal akan menyebabkan terhambatnya pembelahan dan pemanjangan sel sehingga mempengaruhi pertumbuhan luas permukaan daun.<sup>43</sup>

### 3. Respon tumbuhan secara mikrokopis

#### a. Penurunan kadar klorofil

Menurut Andri Windi Satolom. Et.al (2011) dalam penelitiannya mengatakan bahwa kadar klorofil pada daun mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya intensitas kendaraan bermotor. Klorofil sangat sensitif dan mudah terpengaruh pada saat terpapar oleh kondisi lingkungan dalam waktu tertentu pada kadar tertentu.<sup>44</sup>

<sup>42</sup> Andri Windi Satolom, Novri Y. Kandowanko, Abubakar Sidik Katili, *Ibid.*, h. 9

<sup>43</sup> Ebynthalina Sembiring, Endang Sulistyawati, “ *Akumulasi Pb dan Pengaruhnya Pada Kondisi Daun Swietenia Macrophylla King*,” ( Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2006), h. 7

<sup>44</sup> Andri Windi Satolom, Novri Y. Kandowanko, Abubakar Sidik Katili, *Ibid.*, h.5-6

Hasil yang sama ditemukan pada penelitian Karliansyah (1997), bahwa kadar klorofil pada Angsana dan Mahoni mengalami penurunan sejalan dengan peningkatan pencemaran udara, yaitu terjadi perbedaan nyata pada kadar klorofil baik itu kadar klorofil a dan b pada keempat lokasi penelitian yang memiliki intensitas kendaraan bermotor berbeda.<sup>45</sup> Efek negatif dari polutan adalah pada laju asimilasi karbondioksida. Efek terbesar akibat polutan gas adalah perlukaan daun. Klorofil sangat sensitif dan mudah terpengaruh pada saat terpapar oleh kondisi lingkungan dalam waktu tertentu pada kadar tertentu. Hubungan kadar klorofil dengan polutan gas berbanding terbalik dengan kandungan klorofil tanaman. Polutan NO<sub>2</sub> dan SO<sub>2</sub> jika dihadapkan dengan kontak lama dengan tanaman akan mengakibatkan pengaruh terhadap kadar klorofil tanaman sehingga akan berdampak pula pada peristiwa fotosintesis tanaman.<sup>46</sup>

b. Perubahan biokimia dan fisiologi

Budi (2009) mengemukakan bahwa komposisi kimia daun telah luas digunakan sebagai indikator dari perubahan kondisi lingkungan. Estimasi kemas seperti protein, asam amino, gula terlarut, sukrosa, pati, gula reduksi, vit.C, ribofalvin, thiamin dan karbohidrat digunakan untuk mengindikasikan

---

<sup>45</sup> Nastiti Soertiningsih Wijarso Karliansyah, "Kerusakan Daun Tanaman Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara (Studi Kasus Tanaman Peneduh Jalan Angsana Dan Mahoni Dengan Pencemar Udara NO Dan SO)", (Tesis, Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia, Jakarta, 1997), h. 2

<sup>46</sup> Garty, Et.All., "Photosynthesis, Chlorophyll Integrity, And Spectralreflectane In Lichens Exposed To Air Pollution", (Jurnal Environmental Quality, Vol 30;884-893, 2010), h. 76

pencemaran udara. Sedangkan aktivitas fisiologi seperti pembukaan stomata dan laju fotosintesis juga dapat digunakan sebagai indikator pencemaran. Selain itu parameter enzimatik juga digunakan untuk mengindikasikan adanya paparan beberapa bahan pencemar. Sebagai contoh adalah *parokside* yang merupakan indikator pencemaran udara yang sensitif bila tanda kerusakan tak terlihat.

Dalam beberapa penelitian telah dilaporkan suatu tanggapan enzim yang berlainan di suatu daerah yang tercemar oleh florid, asap automobil dan  $\text{SO}_2$ . Dengan demikian adanya aktivitas enzim tertentu pada suatu spesies tumbuhan dapatlah dihubungkan dengan jenis bahan pencemar tertentu, khususnya pencemaran udara. Parameter dengan menggunakan enzim itu antara lain dengan ribulose difosfat karboksilase, glutamatpiruvat transaminase, glutamat oksalasetat transaminase dan peroksidase untuk pencemaran  $\text{SO}_2$ .<sup>47</sup>

Enzim adalah protein yang mengatalisis reaksi biokimia. Enzim biasanya terdapat dalam konsentrasi yang sangat rendah di dalam sel, di mana mereka meningkatkan laju reaksi tanpa mengubah posisi kesetimbangan. Laju reaksi enzim dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu konsentrasi substrat dan enzim, pH, suhu dan adanya kofaktor serta ion logam.<sup>48</sup> Konsentrasi substrat

---

<sup>47</sup> Andika Wijaya K, *Op.Cit*, h. 9

<sup>48</sup> Yohanis Ngili, *Biokimia Dasar*, (Bandung: Rekayasa Sains,2010), h. 190

yang lebih tinggi akan lenih banyak jumlah molekul substrat yang terlibat dengan aktivitas enzim, sedangkan konsentrasi substrat yang rendah akan lebih sedikit jumlah molekul substrat yang dapat melekat pada enzim, menyebabkan berkurangnya aktivitas enzim. Semakin besar konsentrasi enzim maka kecepatan reaksi akan semakin cepat. Konsentrasi enzim berbanding lurus dengan kecepatan reaksi, tentunya selama masih ada substrat yang perlu diubah menjadi produk.<sup>49</sup>

Enzim akan tetap stabil dan bekerja baik pada kisaran ph 6 dan 8. Nilai ph yang menguntungkan bagi enzim tertentu sebenarnya tergantung pada sistem biologis tempat enzim tersebut bekerja. Ketika nilai ph menjadi terlalu tinggi atau terlalu rendah, maka struktur dasar enzim dapat mengalami perubahan. Sehingga sisi aktif enzim tidak dapat mengikat substrat dengan benar dan aktivitas enzim menjadi sangat terpengaruhi bahkan enzim dapat sampai benar-benar berhenti berfungsi.<sup>50</sup>

#### c. Kerusakan stomata

Stomata adalah sebuah lapisan datar yang merupakan bagian dari jaringan epidermis dengan sebagian besar sel-sel transparan yang seringkali tersedia dengan kutikula yang berlapiskan lilin. Stomata biasanya terdapat pada bagian bawah permukaan daun dan di permukaan atas daun serta juga banyak

---

<sup>49</sup> Yohanis Ngili, *Ibid.*, h.191

<sup>50</sup> Yohanis Ngili, *Ibid.*

terdapat di bagian batang terutama pada tanaman rempah-rempah. Stomata merupakan tempat pintu masuknya polutan pencemaran udara.<sup>51</sup>

Tanaman yang tumbuh di lokasi tercemar, cenderung merangsang pengambilan gas lain ke dalam mesofil daun pada saat proses asimilasi CO<sub>2</sub> berlangsung. Pada sebagian besar tumbuhan, konsentrasi CO<sub>2</sub> yang rendah di daun membuat stomata membuka. Sekalipun pada malam hari, maka stomata yang terbuka sedikit akan membuka lebih lebar. Sebaliknya, jika konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi di daun menyebabkan stomata menutup sebagian, dan ini terjadi saat terang maupun gelap.<sup>52</sup>

Stomata juga merupakan bagian tanaman tempat terjadinya penyerapan polutan dan secara langsung dapat berinteraksi dengan jaringan mesofil. Peningkatan jumlah epidermis dan stomata serta peningkatan indeks stomata merupakan salah satu respon tanaman terhadap polusi udara.<sup>53</sup> Menurut Astri Nur Andini (2011), polutan merupakan penyebab utama terjadinya peningkatan indeks stomata. Tanaman *Celosia cristata*, *Catharanthus roseus* dan *Gomphrena globosa* memodifikasi dirinya dengan meningkatkan kerapatan dan indeks stomata guna untuk peningkatan penangkapan

---

<sup>51</sup> Andika Wijaya K, *Ibid*,

<sup>52</sup> Frank B Salisbury & Cleon W Ross, *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1* ( Bandung : ITB Bandung, 1995), h. 80

<sup>53</sup> Andri Windi Satolom, Novri Y. Kandowanko, Abubakar Sidik Katili, *Op.Cit*, h. 3

karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ).<sup>54</sup> Siregar (2005) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa gas buang kendaraan yang mengandung senyawa toksik berupa  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2$ , Pb, Hidrokarbon dan  $\text{SO}_2$ . Senyawa-senyawa ini biasanya bergabung dengan partikel debu kemudian masuk kedalam daun melalui proses difusi dan akan menutup mulut stomata sehingga anatomi daun akan berubah (memberikan respon). Salah satu respon yang diberikan daun akibat gas buang kendaraan yaitu meningkatnya jumlah stomata.<sup>55</sup>

d. Penurunan laju fiksasi  $\text{CO}_2$

Menurut Fitter dan Hay (1998) daun yang terkena  $\text{SO}_2$  umumnya menyebabkan turunnya laju fiksasi dengan cepat. Penelitian dengan fraksi sub selular menunjukkan bahwa paling tidak sebagian penghambatan tersebut disebabkan karena kompetisi antara ion sulfat dan bikarbonat atas tempat pengikatan  $\text{CO}_2$  pada karboksilase RuBP dan karboksilase PEP.<sup>56</sup>

Menurut Afif Budiyono (2001) menyatakan bahwa terjadinya gangguan pencemaran terhadap tumbuhan dapat di golongkan dalam 2 (dua) kategori, yaitu pencemaran primer dan sekunder.

---

<sup>54</sup> Astri Nur Andini, "Anatomi Jaringan Daun dan Pertumbuhan Tanaman *Celosia cristata*, *Catharanthus roseus*, dan *Gomphrena globosa* Pada Lingkungan Udara Tercemar ( Jurnal Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2011) h. 8

<sup>55</sup> Alfi Darwis, N.Y.Kondowangko, D. W.K. Baderan, "Indeks dan Kerapatan Stomata Pada Daun Tumbuhan *Bougainvillea Glabra* Chois Sebagai Pencemaran Gas Buang Kendaraan Bermotor Di Kota Gorontalo," ( Jurnal Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, 2013), h. 11

<sup>56</sup> Andika Wijaya K, *Op.Cit*, h. 9-10

## 1. Gangguan secara primer

Gangguan secara primer adalah terjadinya kontak langsung antara sumber pencemar (mated pencemar) dengan bagian permukaan tumbuhan secara langsung, sehingga dapat mengganggu dan menutupi lapisan epidermal yang membantu sistem penguapan pada tumbuhan. Hal ini terjadi seperti gangguan pernafasan pada manusia. Diantara epidermal terdapat sel mesofil, bunga karang dan parenkim palisade, yang berguna mengatur dan melindungi sel dengan membuka dan menutup untuk rongga udara pada bagian dalam daun, yang mana daun mempunyai fungsi penting bagi tumbuhan, untuk fotosintesa yaitu proses yang terjadi pada daun dimana gabungan air dan  $\text{CO}_2$  dengan perantara sinar matahari membentuk glukosa.

Transpirasi yaitu proses penyerapan dari akar ke daun yang kemudian terjadi proses evaporasi ke atmosfer, pada proses ini sekaligus sebagai pembawa nutrisi. Respirasi merupakan proses produksi dengan memanfaatkan panas dari oksidasi pada karbohidrat dan udara untuk membentuk  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Gangguan pencemar udara terhadap tumbuhan karena adanya gas/partikel yang menutupi permukaan daun, sehingga menghalangi difusi dari gas masuk dan keluar dedaunan.

## 2. Gangguan secara sekunder

Gangguan secara sekunder adalah gangguan yang terjadi pada tumbuhan karena pencemaran yang mengganggu pada sistem akar, terjadi karena

penumpukan polutan/pencemar pada tanah dan permukaan air. Gangguan ini akan menghalangi proses alterasi dari nutrisi yang berada dalam tanah dan sekitar tumbuhan. Gejala yang tampak karena pencemaran udara terhadap tumbuhan adalah terjadinya penampakan yang kurang sehat pada daun, dengan matinya beberapa bagian serta hilangnya warna, disebabkan matinya jaringan karena adanya kerusakan pada spongy dan palisade di bagian dalam daun, yang berakibat pada gugurnya daun.

Kerusakan pada lapisan epidermis dapat terjadi akibat *glazing* atau *silvering* pada permukaan daun oleh adanya partikel dan polutan yang menempel. Efek pencemaran udara pada tumbuhan yang tak terlihat adalah adanya kemunduran kemampuan berfotosintesa dan alterasi, kemampuan stomata yang menurun dan reproduksi sel. Tipe kerusakan pada tumbuhan dapat diakibatkan karena tumbuhan telah mengalami gangguan secara kronis akibat waktu pemaparan pencemaran yang lama dalam tingkat dosis/konsentrasi rendah. Penyebab utama kerusakan tumbuhan oleh pencemaran udara adalah akibat *phytotoxic* pada tanaman seperti  $O_3$ ,  $SO_2$ , PAN (*Peroxyacetylnitrate*),  $NO_2$ , Cl, HF dan lain-lain.<sup>57</sup>

### C. Pohon Pelindung Jalan

Tanaman pelindung jalan adalah jenis-jenis tanaman berbentuk pohon yang banyak ditanam di tepi jalan. Tanaman angkana, tanjung, nangka serta mahoni adalah salah satu jenis pohon pelindung yang banyak ditanam di pinggir jalan raya kawasan

---

<sup>57</sup> Afif Budiyo, *Op.Cit*, h. 23-24

Bandar Lampung yang berfungsi sebagai tanaman pelindung dan sebagai keindahan jalan raya serta sebagai penyerapan partikel-partikel pencemaran udara.<sup>58</sup>

Menurut Ir. Nazaruddin (1994) dalam bukunya penghijauan kota, mengatakan bahwa persyaratan yang sebaiknya dipenuhi oleh pohon pelindung antara lain sebagai berikut:

1. Berbatang besar dan tinggi

Pohon yang batangnya besar dan tinggi akan memiliki daya tahan terhadap kekeringan atau cuaca ekstrim sehingga mampu hidup puluhan bahkan ratusan tahun.

2. Berpenampilan segar dan menarik

Pohon yang segar dan menarik akan menampilkan keindahan kota. Bahkan pohon yang rapih dan indah dapat membari nilai tambah suatu kota.

3. Berfungsi sebagai penyerap polusi

Oleh karena ditanam di kota yang penuh dengan asap kendaraan bermotor, asap buangan industri, ataupun polusi aktivitas rumah tangga dan perkantoran maka pohon pelindung sebaiknya mampu mengurangi polusi udara sehingga dapat membantu memberikan manfaat kesehatan bagi warga kota.

4. Berfungsi sebagai peneduh jalan

Jalan atau tempat yang terlalu terbuka menyebabkan teriknya sinar matahari akan semakin terasa pada penggunaanya, apalagi di daerah tropis seperti Indonesia.

---

<sup>58</sup> S. Roifatul Hidayati, *Op. Cit*, h. 13

5. Bebas hama dan penyakit

Tanaman yang terserang hama dan penyakit membuat orang yang berlalu-lalang di dekatnya merasa takut karena banyak di hinggapi ulat dan serangga lainnya. Bahkan pohon yang diserang hama dan penyakit akan mudah mati.

6. Percabangan kuat dan daunnya tidak mudah gugur

Pohon pelindung yang cabangnya mudah patah akan mengganggu lalu lintas. Sedangkan daun yang mudah gugur akan selalu merepotkan dalam segi perawatannya. Ada beberapa kalangan yang tidak menyetujui sifat tanaman yang daunnya mudah gugur. Akan tetapi, ada juga yang setuju menanam pohon pelindung yang daunnya mudah gugur. Alasannya, gugur daun pada tanaman merupakan hal yang alami. Bahkan hal semacam ini diidentikkan dengan musim gugur di negara yang mengenal 4 musim.

7. Tidak menimbulkan alergi

Bau daun, bunga atau tanaman tertentu akan menimbulkan alergi atau reaksi tubuh yang tidak baik. Biasanya hal semacam ini akan langsung berpengaruh pada pernapasan manusia dan udara di sekitarnya. Orang yang lalu-lalang di sekitarnya akan terganggu.

8. Tidak merusak lingkungan

Pohon pelindung harus tidak terlalu banyak menyerap air, akarnya tidak tumbuh bertonjolan ke tengah jalan, dan lain-lain. Sifat ini bertentangan dengan fungsi pohon pelindung yang bertujuan memperbaiki lingkungan hidup kota.

#### 9. Perawatan mudah

Kota membutuhkan tanaman dalam jumlah besar, selain itu, kondisi lingkungan kota sudah berubah kearah iklim yang agak ekstrim. Apabila pertumbuhannya agak manja dan rewel maka tanaman tersebut hanya akan menjadi beban kehidupan kota yang dinamis dan keras. Pohon akan sulit bertahan hidup karena mudah sakit.

#### 10. Tidak berpenampilan seperti perdu atau semak

Tanaman seperti palem kuning, bougenvil, atau kembang sepatu tidak layak untuk dijadikan pohon pelindung. Pohon seperti ini hanya pantas dijadikan elemen taman atau ditanam di halaman kantor atau rumah, yang pantas sebagai pohon pelindung ialah tajuk pohonnya harus rimbun dan berpenampilan tegap.

#### 11. Tidak berbahaya

Sebaiknya pohon pelindung tidak melukai, membuat keracunan, ataupun menimbulkan kulit melepuh. Pohon harus dapat menjadi sahabat penduduk kota bukan harus jadi musuh yang harus dijauhi.<sup>59</sup>

---

<sup>59</sup> Philip Kristanto, *Op. Cit.*, h. 41-43

#### D. Morfologi Tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd)



**Gambar 1.** *Pterocarpus indicus* Willd

*Pterocarpus indicus* Willd adalah suatu spesies alami yang berasal dari Asia Tenggara, Kamboja, Cina bagian utara, Timor Leste, Indonesia, Malaysia, Papua Nugini, Filipina, Thailand hingga Vietnam. Tanaman ini merupakan jenis tanaman pohon *Deciduous*, yang tumbuh dengan ketinggian 30- 40 m dengan diameter batang hingga lebih dari 2 meter. Bunga dihasilkan di dalam panikula dengan panjang 6 – 13 cm yang terdiri dari sejumlah tertentu bunga, musim bunga sekitar bulan Februari hingga bulan Mei. Warna petal kuning oranye dan wangi.<sup>60</sup>

---

<sup>60</sup> Efri Roziaty, “Kandungan Klorofil, Struktur Daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) dan Kualitas Udara Ambien di Sekitar Kawasan Industri Pupuk PT. Pusri di Palembang”. (Skripsi Mayor Biologi Tumbuhan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2009), h. 4

Tanaman angšana (bahasa Indonesia “ Sono” atau “ Sana Kembang”) merupakan tanaman habitus pohon dengan tinggi 10-40 m. Ujung ranting berambut. Kelopak berbentuk lonceng sampai berbentuk tabung, bergigi 5, tinggi 7 mm. Mahkota berwarna kuning oranye. Daun mahkota berkuku, berbentuk lingkaran, berlipat, melengkung. Polongan bertangkai di atas sisa kelopak, hamper bulat lingkaran, dengan paruh di samping, pipih sekali, sekitarnya bersayap, tidak membuka, dengan diameter 5 cm, pada sisi lebar dengan ibu tangkai daun yang tepal. Biji kebanyakan satu dan berbentuk memanjang seperti buncis.<sup>61</sup> Daunnya majemuk menyirip dengan jumlah gasal. Pangkal lembaran daun bundar dengan ujung meruncing. Permukaan daun licin dan panjang daun berkisar 12-22 cm terdiri dari 5-11 lembaran anak daun. Tepian daun rata, tetapi daun terlihat sedikit bergelombang.<sup>62</sup>

Daun merupakan suatu bagian tumbuhan yang penting dan pada umumnya tiap tumbuhan mempunyai sejumlah besar daun. Organ ini hanya terdapat di pada batang saja dan tidak pernah terdapat pada bagian lain tumbuhan. Daun biasanya melebar, kaya akan suatu zat berwarna hijau yang dinamakan klorofil. Oleh karena itu daun biasanya berwarna hijau dan menyebabkan tumbuhan atau daerah-daerah yang ditempati tumbuh-tumbuhan nampak hijau pula.<sup>63</sup>

---

<sup>61</sup> Efri Roziaty, *Ibid.*,

<sup>62</sup> Mimin Suryatmin, et.al, *100 Plus Herbal Indonesia Bukti Ilmiah & Racikan* (Depok: PT.Trubus Swadaya, 2013), h. 47

<sup>63</sup> Gembong Tjitrosoepomo, *Morfologi Tumbuhan* (Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2007), h. 7

Bentuk daun yang tipis melebar, warna hijau dan duduknya pada batang yang menghadap ke atas itu memang sudah selaras dengan fungsi daun bagi pertumbuhan, yaitu sebagai alat untuk pengambilan zat-zat makanan (resorpsi), pengolahan zat-zat makanan (asimilasi), penguapan air (transpirasi) dan pernafasan (respirasi). Tumbuhan mengambil zat-zat makanan dari lingkungannya dan zat yang diambil (diserap) tadi adalah zat-zat yang bersifat anorganik. Air beserta garam-garam diambil dari tanah oleh akar tumbuhan. Sedangkan gas asam arang ( $\text{CO}_2$ ) yang merupakan zat makanan pula bagi tumbuhan diambil dari udara melalui celah-celah yang halus yang disebut mulut daun (stomata).<sup>64</sup>

#### **E. Manfaat Tanaman Angsana**

Tanaman angšana sering digunakan sebagai pohon peneduh yang ditanam di pinggir jalan maupun di perkarangan rumah, kelebihan pohon angšana sebagai pohon peneduh dibandingkan dengan pohon peneduh lainnya seperti mahoni adalah angšana mampu menyerap  $\text{CO}_2$  sebanyak 11-12 kg/tahun dan bentuk akar yang menghujam ke dalam tanah tidak akan merusak badan jalan, percabangan yang lentur sehingga tidak mudah patah saat diterpa angin kencang dan angšana memenuhi persyaratan sebagai pohon pelindung.

Pemanfaatan tanaman ini kebanyakan adalah pada kayunya. Kayunya bernilai tinggi karena lumayan keras, dan biasanya digunakan sebagai bahan baku mebel halus, lemari, lantai dan alat musik. Daun-daunnya juga mengikat nitrogen sehingga

---

<sup>64</sup> Gembong Tjitrosoepomo, *Ibid*, h. 8

direkomendasikan sebagai tanaman untuk sistem agroforestri. Angsana juga merupakan salah satu dari sekian banyak tanaman obat yang terbukti khasiatnya secara turun temurun. Tanaman yang satu ini sudah digunakan oleh para orang tua jaman dahulu untuk mengobati berbagai macam penyakit karena tanaman ini mengandung senyawa yang bermanfaat untuk pengobatan.<sup>65</sup>

Manfaat yang banyak itulah yang menjadi pohon angsana sempat dinyatakan tanaman yang terancam punah. Namun kini banyak orang yang mulai membudidayakan karena selain banyak manfaatnya, harga jual dipasaran juga tergolong tinggi. Tidak hanya kayunya saja yang dapat dipanen, getah, daun dan kulit kayunya juga dapat kita panen dan dijadikan produk herbal. Maka dari itu, angsana mempunyai potensi yang tidak kalah besar dibanding tanaman-tanaman kayu yang lain.<sup>66</sup>

## **F. Fotosintesis**

Fotosintesis berasal dari kata foton yang berarti cahaya, dan sintesis yang berarti menyusun. Jadi fotosintesis dapat di artikan sebagai suatu penyusunan senyawa kimia kompleks yang memerlukan energi cahaya. Sumber energi cahaya alami adalah matahari. Proses ini dapat berlangsung karena adanya suatu pigmen tertentu dengan bahan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Cahaya matahari terdiri atas beberapa spektrum,

---

<sup>65</sup> Ulfi Rahmi, “Pemanfaatan Tanaman Hutan Angsana (*Pterocarpus indicus*) dan Nilai Ekonomisnya “. ( Dafertemen Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, 2015), h. 3

<sup>66</sup> Ulfi Rahmi, *Ibid*, h. 4

masing-masing spektrum mempunyai panjang gelombang berbeda, sehingga pengaruhnya terhadap proses fotosintesis juga berbeda.<sup>67</sup>

Fotosintesis merupakan suatu proses biologi yang kompleks, proses ini menggunakan energi dan cahaya matahari yang dapat di manfaatkan oleh klorofil yang terdapat dalam kloroplas. Seperti halnya mitokondria, kloroplas mempunyai membran luar dan membran dalam. Membran dalam mengelilingi suatu stroma yang mengandung enzim yang larut dalam struktur membran yang disebut tilakoid. Proses fotosintesis dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain air (H<sub>2</sub>O), konsentrasi CO<sub>2</sub>, suhu, umur daun, translokasi karbohidrat dan cahaya. Tetapi yang menjadi faktor utama fotosintesis agar dapat berlangsung adalah cahaya, air, dan karbondioksida.<sup>68</sup>

Gas karbon dioksida sebagai bahan utama fotosintesa masuk melalui stomata. Stomata memiliki fungsi sebagai pintu masuknya CO<sub>2</sub> dan keluarnya uap air ke daun atau dari daun. Besar kecilnya pembukaan stomata merupakan regulasi terpenting yang dilakukan oleh tanaman, dimana tanaman berusaha memasukkan CO<sub>2</sub> sebanyak mungkin tetapi dengan mengeluarkan air sedikit mungkin, untuk mencapai efisiensi pertumbuhan yang tinggi. Jika CO<sub>2</sub> di atmosfer meningkat, tanaman tidak membutuhkan pembukaan stomata maksimum untuk mencapai kadar CO<sub>2</sub> optimum di dalam daun, sehingga laju pengeluaran air dapat dikurangi. Apabila kekurangan air

---

<sup>67</sup> Budi Utomo, "*Fotosintesis Pada Tumbuhan*". *Karya Ilmiah* ( Medan: Universitas Sumatra Utara, 2007), h. 5

<sup>68</sup> John W. Kimball,. *Biologi Umum* ( Jakarta: Erlangga, 1983), h. 171-181

makin parah, tahanan mesofil juga akan meningkat karena adanya kerusakan permanen pada peralatan fotosintesis.<sup>69</sup>

Kemampuan tanaman berfotosintesis akan meningkat pada awal perkembangan daun berdasarkan umur daun, tetapi kemudian menurun sebelum daun tersebut berkembang penuh. Perbedaan warna dapat digunakan untuk membandingkan warna hijau muda keputih - putihan, sedangkan yang sudah dewasa biasanya berwarna hijau tua. Daun yang mengalami *senescence* akan berwarna kuning dan hilang kemampuannya untuk berfotosintesis karena perombakan klorofil dan hilangnya kloroplas.<sup>70</sup>

### G. Transpirasi

Penguapan air dari tumbuhan disebut transpirasi. Pada tumbuhan peristiwa itu biasanya berhubungan dengan kehilangan air melalui stomata, kutikula atau Intisel. Begitu banyak air yang hilang melalui transpirasi untuk membesarkan tanaman terjadi karena rangka molekul semua bahan organik pada tumbuhan terdiri dari atom karbon yang harus diperoleh dari atmosfer. Karbon masuk ke dalam tumbuhan sebagai karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) melalui pori stomata, yang paling banyak terdapat di permukaan daun dan air keluar secara difusi melalui pori yang sama ini saat stomata

---

<sup>69</sup> Gutti Gratimah, "Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas  $\text{CO}_2$  Antropogenik Di Pusat Kota Medan". (Skripsi Prodi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, 2009) h. 15

<sup>70</sup> Gutti Gratimah, *Ibid*, h.16

terbuka.<sup>71</sup> Transpirasi dapat merugikan tumbuhan bila lajunya terlalu cepat yang menyebabkan jaringan kehilangan air terlalu banyak selama musim panas dan kering.<sup>72</sup>

Faktor – faktor yang mempengaruhi laju transpirasi adalah cahaya, suhu, kelembaban, angin, dan air tanah.

1. Cahaya. Tumbuhan jauh lebih cepat bertranspirasi bilamana terbuka terhadap cahaya dibandingkan dengan dalam gelap. Hal ini terutama karena cahaya mendorong/merangsang tumbuhnya stomata dan dengan demikian sangat meningkatkan pemindahan udara berisikan uap air dari ruang-ruang udara lapisan bunga karang ke luar. Cahaya juga meningkatkan transpirasi dengan menghangatkan daun
2. Suhu. Tumbuhan bertranspirasi lebih cepat pada suhu lebih tinggi. Pada 30<sup>0</sup> C daun dapat bertranspirasi tiga kali lebih cepat di bandingkan dengan suhu 20<sup>0</sup> C. Hal ini disebabkan air menguap lebih cepat pada suhu lebih tinggi, dan dalam hal ini juga meningkatkan kelembaban udara dalam ruang udara dibandingkan dengan yang diluar.
3. Kelembaban. Laju transpirasi juga dipengaruhi oleh kelembaban udara sekitar tumbuhan. Laju difusi setiap substansi menurun karena perbedaan konsentrasi substansi dalam kedua daerah tersebut menurun. Karena itu

---

<sup>71</sup> Frank B Salisbury & Cleon W Ross, *Op.Cit*, h. 71

<sup>72</sup> Suyitno Al Dan Ratnawati, “*Respon Konduktivitas Stomata Dan Laju Transpirasi Rumput Blembem ( Ischaemum Ciliare, Retzius) Di Sekitar Sumber Emisi Gas Kawah Sikidang Dieng*”. (Yogyakarta: FMIPA UNY, 2004), h. 4

difusi air dari ruang udara pada daun yang berisikan uap ke luar agak perlahan-lahan apabila udara disekitarnya agak lembab. Bila udara di sekelilingnya kering, maka difusi berlangsung jauh lebih cepat.

4. Angin. Adanya angin lembut juga meningkatkan laju transpirasi. Jika tidak ada angin, udara dekat dengan daun yang sedang bertranspirasi makin lembab. Karena itu menurunkan laju transpirasi. Akan tetapi jika ada hembusan angin lembut, udara lembab itu terbawa dan digantikan oleh udara segar yang lebih kering.
5. Air tanah. Tumbuhan tidak dapat terus bertranspirasi dengan cepat jika kelembaban yang hilang tidak digantikan oleh air segar dari tanah. Bila penyerapan air oleh akar tidak dapat mengimbangi laju transpirasi, maka terjadi kekurangan turgor dan stomata pun menutup. Hal ini dengan segera sangat mengurangi laju transpirasi. Hilangnya turgor dapat meluas ke bagian-bagian lain dan tanaman itu menjadi layu.<sup>73</sup>

Ada beberapa jenis tumbuhan dapat hidup tanpa melakukan transpirasi, tetapi jika transpirasi berlangsung pada tumbuhan yang dapat memberikan beberapa keuntungan bagi tumbuhan tersebut, misalnya dalam mempercepat laju pengangkutan unsur hara melalui pembuluh xilem, menjaga turgiditas sel tumbuhan agar tetap pada kondisi optimal, dan sebagai salah satu cara untuk menjaga stabilitas suhu daun.<sup>74</sup>

<sup>73</sup> John W. Kimball, *Biologi Jilid 2 Edisi Kelima* (Jakarta: Erlangga, 1994), h. 493

<sup>74</sup> Benyamin Lakitan, *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan* (Jakarta: Rajawali Pers, 2011), h.

Transpirasi menjadi dasar untuk memahami penerapan  $\text{CO}_2$  dan perlu diketahui molekul air berdifusi 1,6 kali lebih cepat dari molekul  $\text{CO}_2$  (karena bobot molekulnya lebih kecil), dan bahwa atmosfer dalam keadaan normal mengandung uap air 10 sampai 100 kali lebih banyak dari pada  $\text{CO}_2$ . Dengan demikian, molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang berdifusi keluar dari stomata mempengaruhi masuknya molekul  $\text{CO}_2$ .<sup>75</sup>

## H. Stomata

Stomata adalah celah yang ada diantara dua sel penjaga (*guard cell*), sedangkan aparatus stomata adalah kedua sel penjaga tersebut. Berdampingan dengan sel penjaga terdapat sel-sel epidermis yang juga telah termodifikasi, yang disebut sebagai sel pendukung (*subsidiary cell*). Rongga udara yang relatif luas yang berada dibawah posisi stomata di dalam daun disebut sebagai rongga substomatal. Stomata umumnya terdapat pada permukaan bawah daun. Tetapi ada beberapa spesies tumbuhan dimana stomata dapat dijumpai pada kedua permukaan daunnya (atas dan bawah).<sup>76</sup> Fungsi utama stomata adalah sebagai tempat pertukaran gas seperti  $\text{CO}_2$ , yang diperlukan tumbuhan untuk melangsungkan proses fotosintesis. Selain sebagai pertukaran gas  $\text{CO}_2$ , stomata juga merupakan bagian tanaman tempat terjadinya penyerapan polutan dan secara langsung dapat berinteraksi dengan jaringan mesofil.

---

<sup>75</sup> Frank B Salisbury & Cleon W Ross, *Op.Cit*, h. 72

<sup>76</sup> Benyamin Lakitan, *Op. Cit*, h. 56-57

Peningkatan jumlah epidermis dan stomata serta peningkatan indeks stomata merupakan salah satu respon tanaman terhadap polusi udara.<sup>77</sup>

Sebuah stomata terdiri dari beberapa bagian, yaitu bagian sel penutup, bagian celah, bagian yang merupakan sel tetangga dan ruang udara dalam. Sel penutup terdiri dari sepasang sel yang kelihatannya simetris, umumnya berbentuk ginjal, pada dinding sel atas dan bawah kelihatan pula adanya alat yang berbentuk sebagai tirai. Di antara kedua sel penutup akan terdapat celah yang merupakan lubang kecil. Sel tetangga merupakan sel-sel yang memang berdampingan atau yang berada di sekitar sel-sel penutup. Ruang udara dalam merupakan suatu ruang antar sel yang besar dan memiliki fungsi ganda yaitu bagi fotosintesis dan transpirasi.<sup>78</sup>

Stomata mulai terbentuk pada daun sebelum lengkap periode aktivitas meristemastik dalam epidermis dan dilanjutkan dengan perluasan bagian-bagian tertentu dari daun dengan pembesaran sel. Dalam daun dengan pertulangan sejajar seperti pada kebanyakan monokotil, stomatanya tersusun dalam deretan memanjang, pembentukan stomata dimulai pada bagian ujung daun dan dilanjutkan ke arah pangkal daun. Dalam daun-daun yang mempunyai pertulangan daun jala, seperti pada kebanyakan dikotil, pembentukan stomata adalah campuran dalam model mosaik. Perkembangan stomata pada *Angiospermae* dimulai dari sel induk atau prekursor dari sel-sel penutup yang biasanya yang berasal dari pembelahan yang tidak

---

<sup>77</sup> Andri Windi Satolom, Novri Y. Kandowangko, Abubakar Sidik Katili, *Loc.Cit.*, h. 2-3

<sup>78</sup> Yayan Sutrian, *Pengantar Anatomi Tumbuh-Tumbuhan Tentang Sel Dan Jaringan* (Jakarta: Rineka Cipta, 2011), h. 137-139

sama dari sel protodermal, sel yang paling kecil dari 2 sel yang membelah tersebut merupakan prekursor dari sel penutup. Sel yang paling kecil kemudian membelah menjadi sel-sel penutup dengan melalui pelebaran diferensial, bentuknya menjadi karakteristik. Zat interseluler di antara sel-sel penutup menggelembung dan hubungan diantara sel-sel tersebut menjadi lemah. Kemudian memisah di bagian tengah, lalu celah stomata membuka. Selanjutnya terjadi berbagai perubahan antara sel-sel penutup dan sel-sel yang berdekatan sedemikian rupa sehingga sel-sel penutup terdapat sebelah bawah dari permukaan epidermis.<sup>79</sup>

Pada sebagian besar tumbuhan, konsentrasi CO<sub>2</sub> yang rendah di daun juga membuat stomata membuka. Sekalipun pada malam hari, maka stomata yang terbuka sedikit akan membuka lebih lebar. Sebaliknya, konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi di daun menyebabkan stomata menutup sebagian, dan ini terjadi saat terang maupun gelap.<sup>80</sup> Menurut Lakitan (2011) dalam bukunya, menyatakan jika tumbuhan ingin menyerap lebih banyak CO<sub>2</sub> maka stomata harus dibuka lebar. Konsenskuensinya jika stomata membuka lebar maka akan semakin banyak tumbuhan kehilangan air, karena baik CO<sub>2</sub> maupun air bergerak melalui stomata yang sama.<sup>81</sup>

Frekuensi stomata tiap-tiap tumbuhan beragam. Stomata merupakan salah satu derivat epidermis, sehingga perubahan intensitas cahaya yang berpengaruh terhadap epidermis juga akan berpengaruh terhadap stomata. Perubahan jumlah stomata dan

---

<sup>79</sup> Tatang S. Suradinata, *Struktur Tumbuhan* (Bandung : Angkasa, 1998), h. 62-63

<sup>80</sup> Frank B Salisbury & Cleon W Ross., *Op.Cit.*, h. 80

<sup>81</sup> Benyamin Lakitan, *Op. Cit*, h. 54

epidermis dapat dilihat melalui indeks stomata. Indeks stomata merupakan perbandingan antara jumlah stomata dengan jumlah total epidermis di tambah stomata, dimana tiap satu stoma dihitung sebagai satu sel. Indeks stomata menunjukkan tingkat kerapatan stomata. Tingkat kerapatan stomata dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti: ketersediaan air, intensitas cahaya, temperatur dan konsentrasi CO<sub>2</sub>.

Menurut Sutrian ada 4 tipe stomata berdasarkan letak penebalan pada sel penutupnya yaitu:

1. Tipe Amaryllidaceae

Sel penutup jika dilihat dari atas berbentuk ginjal. Dinding punggung tipis, tetapi dinding perutnya lebih tebal, dinding atas dan bawah terjadi penebalan kutikula. Sel-sel tetangga berbatasan dengan sel penutup. Stomata tipe ini biasanya terdapat pada kebanyakan tanaman dikotil, tetapi kadang-kadang ada juga pada monokotil.

2. Tipe Helleborus

Sel penutup jika dilihat dari atas berbentuk ginjal, tetapi pada dinding punggung dan perut tipis serta dinding atas dan bawahnya masing-masing lebih tebal.

3. Tipe Graminea

Bentuk sel penutup seperti halter, dinding sel penutup bagian tengah tebal yang merupakan penopang pada halter tersebut. Masing-masing ujung

dindingnya tipis, sedangkan dinding atas dan bawah tebal. Stomata tipe ini hanya terdapat pada Gramineae/Poaceae dan Cyperaceae.

#### 4. Tipe mnium

Bentuk sel penutup pada stomata ini juga berbentuk seperti ginjal. Dinding perutnya sudah pasti tipis, adapun dinding-dinding lainnya dapat dikatakan tipis ataupun tebal. Stomata bentuk ini terdapat pada golongan Bryophyta serta Pteridophyta.<sup>82</sup>

Tipe stomata pada dikotil berdasarkan susunan sel epidermis yang berdekatan dengan sel tetangga ada 5 yaitu sbb:

1. Anomositik/Ranunculaceous yaitu sel penutup dikelilingi oleh sejumlah sel tertentu yang tidak berbeda dengan epidermis yang lain dalam bentuk maupun ukurannya. Terdapat pada Ranunculaceae, Capparidaceae, Cucurbitaceae dll.
2. Anisositik/Cruciferous yaitu setiap sel penutup dikelilingi oleh 3 sel tetangga yang ukurannya tidak sama, terdapat pada Cruciferae, Solanaceae.
3. Parasitik/Rubiaceous yaitu tiap sel panjang bergantung dengan satu atau lebih sel tetangga, sumbu membujurnya sejajar dengan sumbu sel tetangga dan apertur terdapat pada Rubiaceae dan Magnoliaceae.

---

<sup>82</sup> Sutriani Yayan, *Pengantar Anatomi Tumbuh-Tumbuhan. Edisi Revisi. Cet 3* (Jakarta: Rineka Cipta, 2011), h. 141-143

4. Diasitik/Cariophyllaceus yaitu setiap sel penutup dikelilingi oleh dua sel tetangga dengan dinding sel yang berbentuk sudut siku-siku terhadap sumbu membujur stoma, terdapat pada Cariophyllaceae dan Acanthaceae.
5. Aktinositik yaitu setiap sel penutup dikelilingi oleh sel tetangga yang menyebar dalam radius.<sup>83</sup>

### **I. Kerangka Pikiran**

Di bidang transportasi, khususnya di daerah perkotaan, kemajuan dapat kita lihat dari semakin banyaknya jumlah kendaraan yang ada dan terus bertambah dari tahun ke tahun. Bertambahnya jumlah kendaraan memberikan dampak negatif yang dapat meningkatkan kadar polutan di udara. Salah satunya di kota Bandar Lampung. Berdasarkan hasil survey dan perhitungan kendaraan bermotor dalam waktu 5 menit di Jalan Suratmin berjumlah 336 dan kendaraan roda empat berjumlah 30. Sedangkan di jalan Teuku Umar kendaraan bermotor berjumlah 667 dan kendaraan roda empat berjumlah 229.

Penambahan konsentrasi polutan di udara dapat secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman angsa sebagai tanaman pelindung di jalan tersebut. Baik itu mempengaruhi pertumbuhan secara morfologi maupun secara fisiologinya. Salah satu polutan yang di hasilkan kendaran bermotor adalah CO<sub>2</sub>. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan salah satu bahan fotosintesis pada tumbuhan. Jika

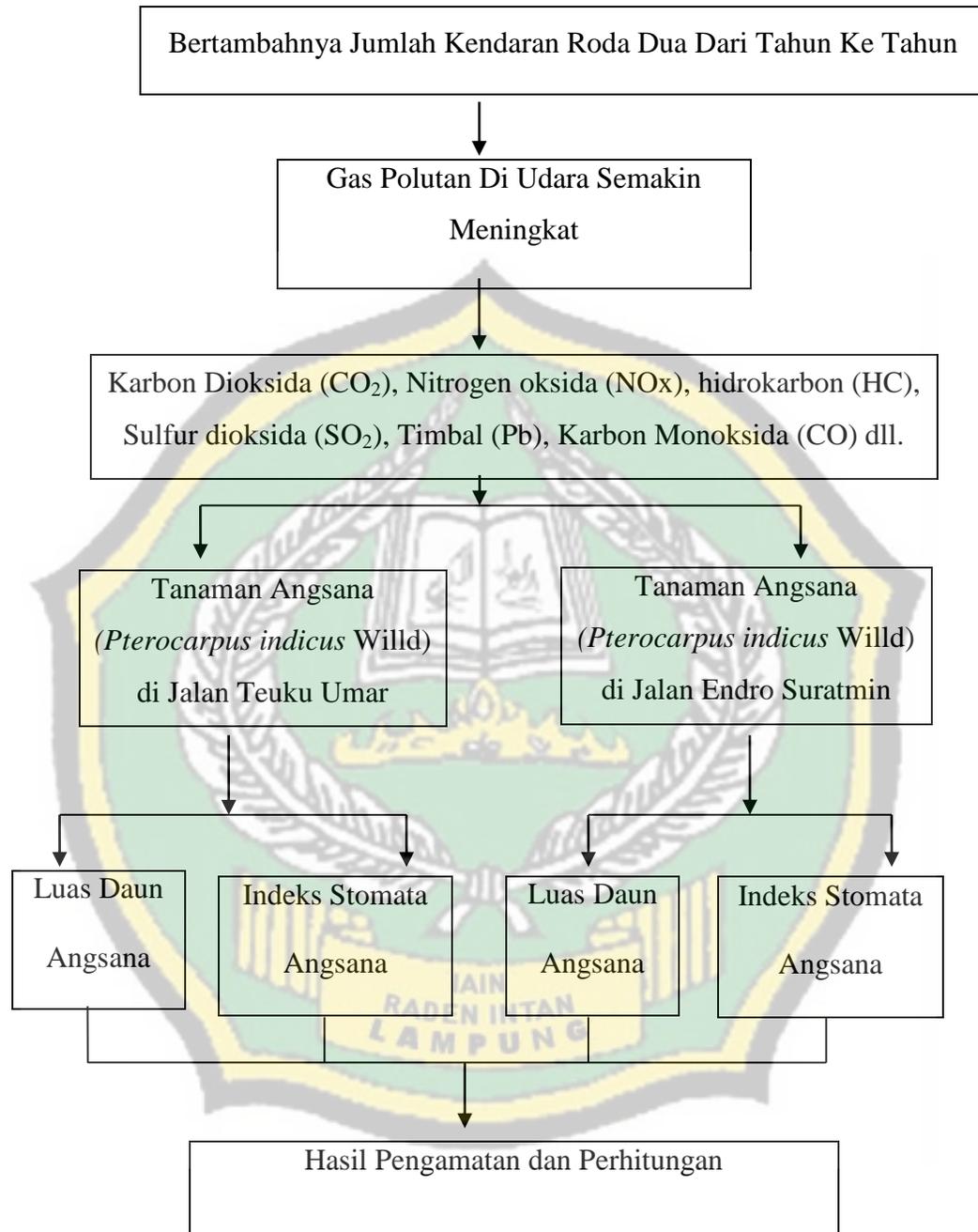
---

<sup>83</sup> Sri Haryanti, *Jumlah dan Distribusi Stomata Pada Daun Beberapa Spesies Tanaman Dikotil dan Monokotil*, Jurnal Buletin Anatomi dan Fisiologi ( Undip: F.MIPA, 2010), Vol. XVIII, No. 2, h. 22

konsentrasi CO<sub>2</sub> yang rendah di daun membuat stomata membuka lebih lebar sedangkan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi di daun menyebabkan stomata menutup sebagian.

Fungsi stomata adalah sebagai tempat pertukaran gas seperti CO<sub>2</sub>, yang diperlukan tumbuhan untuk melangsungkan proses fotosintesis. Selain sebagai pertukaran gas CO<sub>2</sub>, stomata juga merupakan bagian tanaman tempat terjadinya penyerapan polutan dan secara langsung dapat berinteraksi dengan jaringan mesofil. Peningkatan jumlah epidermis dan stomata serta peningkatan indeks stomata merupakan salah satu respon tanaman terhadap polusi udara.

Selain hal-hal yang telah dipaparkan diatas, penelitian ini akan digunakan sebagai sarana belajar penunjang bagi peserta didik. Pelajaran Biologi merupakan salah satu mata pelajaran yang diajarkan di Sekolah Menengah Atas (SMA) dan yang sederajat ini mengandung banyak konsep yang tidak terpisahkan dari penggunaan sumber belajar untuk meningkatkan pemahaman dan pengetahuan bagi peserta didik. Dalam hal ini untuk lebih memahami materi fotosintesis. Dari uraian di atas maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian tentang “ Pengaruh Pencemaran Udara Terhadap Luas Daun dan Indeks Stomata Pada Daun *Pterocarpus indicus* Willd Sebagai Tanaman Pelindung Di Jalan Raya Kawasan Bandar Lampung ”.



Gambar 2.1 Kerangka Pemikiran

## **BAB III**

### **METODELOGI PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 31 Mei sampai 2 Juli 2016. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan IAIN Raden Intan Lampung.

#### **B. Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa kertas millimeter blok, mikroskop, alat tulis menulis, camera, gunting, silet, pipet tetes, gelas objek, cover gelas, toples dan tisu. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alkohol 70%, asam asetat glasial, formaldehid, asam nitrat konsentrasi 50 %, larutan pemutih dengan bahan aktif 5,25% NaClO, akuades, pewarna safranin 1%, gliserin 30 % dan daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd)

#### **C. Sampel Penelitian**

Sampel dalam penelitian ini adalah daun tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) dari ketiga titik ruas Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung. Ketiga titik tersebut adalah titik pangkal jalan, titik tengah jalan dan titik ujung jalan. Setiap titik ruas jalan diambil 3 daun dari masing-masing 5 ibu

tangkai daun dalam satu tanaman Angsana. Sampel yang digunakan adalah daun dari tanaman yang tidak terlalu tua maupun muda. Daun yang diambil berasal dari bagian pertengahan tangkai daun, yaitu daun nomor 3 sampai nomor 7 yang mengarah kejalan raya.

#### **D. Metode Penelitian**

Metode dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan *ex-postfacto* dengan pendekatan laboratorik. Penelitian *ex-postfacto* merupakan penelitian di mana variabel-variabel bebas telah terjadi ketika peneliti mulai dengan pengamatan variabel terkait dalam suatu penelitian. Pada penelitian ini, keterikatan antar variabel bebas dengan variabel bebas, maupun antar variabel bebas dengan variabel terkait sudah terjadi secara alami dan peneliti dengan setting tersebut ingin melacak kembali jika kemungkinan apa yang menjadi faktor penyebabnya.<sup>84</sup> Adapun kegunaan dari pendekatan laboratorik ini yaitu di gunakan untuk mengetahui gambaran luas daun dan indeks stomata pada tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) .

#### **E. Cara Kerja**

##### **1. Tahap Persiapan**

Peneliti menyiapkan alat dan bahan terlebih dahulu berupa kertas millimeter blok, mikroskop, alat tulis menulis, camera, gunting, gelas objek, cover gelas, silet, pipet tetes, alkohol 70%, asam asetat glasial, formaldehid, asam nitrat konsentrasi

---

<sup>84</sup>Sukardi, *Metodelogi Penelitian Pendidikan* ( Jakarta: Bumi Aksara, 2011), h. 165

50%, larutan pemutih dengan bahan aktif 5,25% NaClO, akuades, pewarna safranin 1%, gliserin 30%, toples, tisu dan daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd). Peneliti juga menentukan lokasi yang akan digunakan sebagai tempat penelitian yaitu di laboratorium Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan IAIN Raden Intan Lampung.

## **2. Tahap Pelaksanaan**

Untuk memperoleh data dalam penelitian ini, dilakukan pengamatan langsung pada obyek yang akan diteliti di laboratorium, yaitu dengan melihat luas daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) dengan menggunakan metode kertas milimeter blok. Sedangkan untuk melihat indeks stomata pada tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) menggunakan metode *Whole mount*.

### **a. Pembuatan preparat untuk melihat luas daun dengan metode kertas milimeter blok**

1. 5 tangkai daun pada setiap titik di ruas jalan yang sudah diambil, dibersihkan permukaan atas dan bawah daunnya dengan menggunakan tisu untuk menghilangkan debu/kotoran
2. Daun yang sudah bersih, kemudian digambar pada kertas milimeter blok dengan meletakkan daun di atas kertas milimeter blok dan pola daun diikuti selanjutnya digunting sesuai dengan hasil pola daun

3. Luas daun ditaksir berdasarkan jumlah kotak yang terdapat dalam pola daun. Jika kotak penuh atau lebih dari setengah kotak maka hitung satu. Jika kotak kurang dari setengah maka tidak dihitung.<sup>85</sup>

**b. Pembuatan preparat sayatan paradermal dengan metode *Whole mount***

1. 5 tangkai daun pada setiap titik di ruas jalan yang sudah diambil, dibersihkan permukaan atas dan bawah daunnya dengan menggunakan tisu untuk menghilangkan debu/kotoran
2. Daun yang sudah bersih, difiksasi dengan larutan FAA ( formaldehid: asam asetat glasial: alkohol 70% = 5:5:90 ml)
3. Setelah difiksasi daun dibilas dengan alkohol 70% selanjutnya bilas lagi dengan akuades
4. Setelah itu rendam dengan larutan asam nitrat konsentrasi 50% selama 10 menit
5. Kemudian daun dibilas dengan akuades, dilanjutkan pengerikan daun dengan menggunakan silet. Hasil pengerikan daun di rendam dengan larutan pemutih dengan bahan aktif 5,25% NaClO agar jernih, dibilas kembali dengan akuades

---

<sup>85</sup>Billy Dwi Wahyuni, et.al, "*Laporan Percobaan Pengukuran Tumbuhan*". (Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Malang, Malang), h. 4

6. Setelah itu di beri pewarna safranin 1%. Kemudian sampel diletakkan di gelas objek yang telah berisi gliserin 30% dan ditutup dengan cover gelas
7. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran  $40 \times 10^{\text{86}}$

#### F. Teknik Analisis Data

Untuk mengetahui luas daun dan indeks stomata pada daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) yang diteliti, maka data yang didapatkan kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan luas daun dan indeks stomata yaitu:

Luas daun = jumlah kotak penuh pada pola + jumlah kotak lebih dari setengah

$$\text{Indeks Stomata} = \frac{\sum \text{Jumlah Stomata}}{\sum \text{Jumlah Stomata} \times \sum \text{Jumlah Sel Epidermis}} \times 100$$

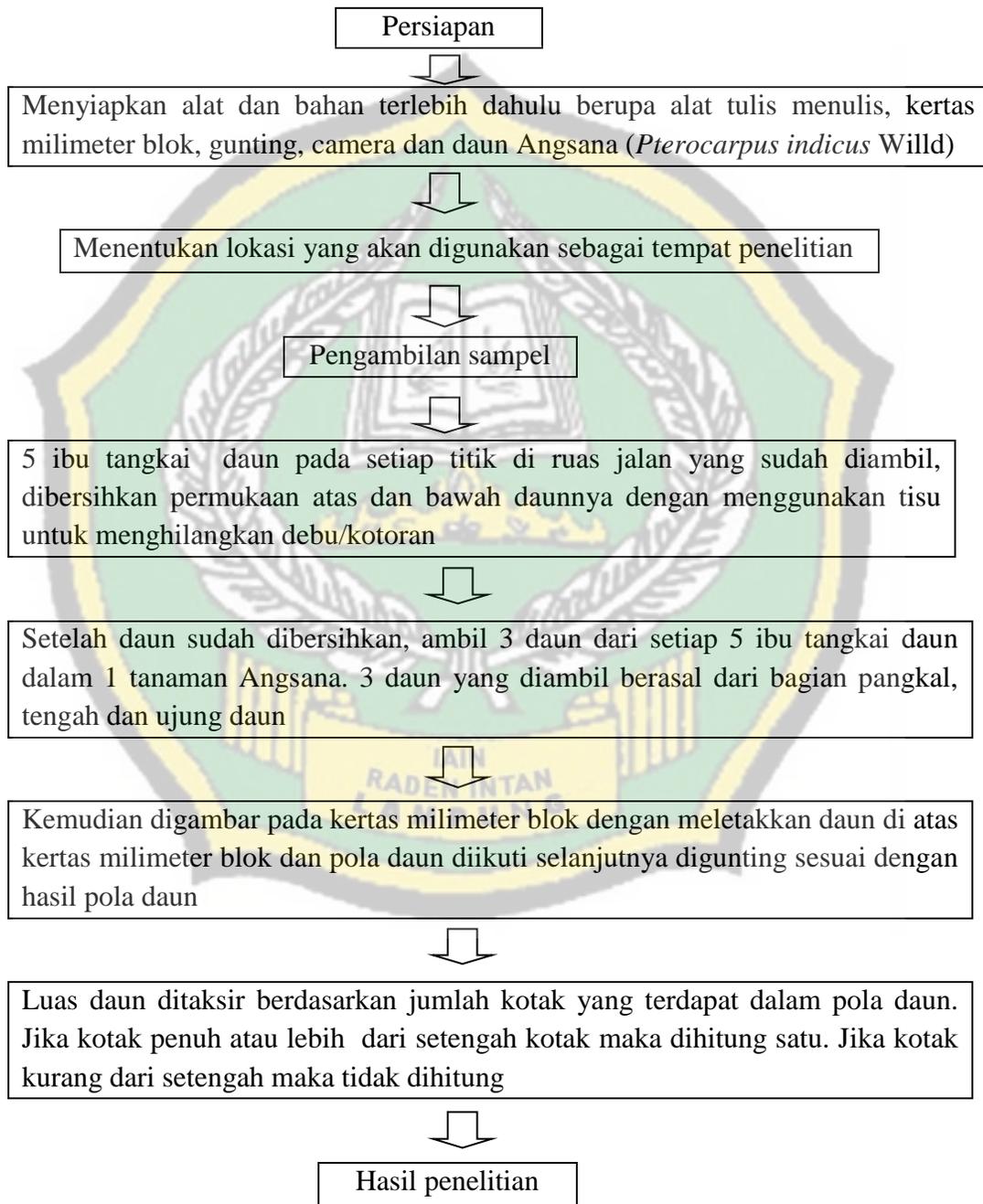
Hasil perhitungan dari kedua rumus tersebut kemudian dirata-rata.

---

<sup>86</sup>Astri Nur Andini, "Anatomi Jaringan Daun Dan Pertumbuhan Tanaman *Celosia Cristata*, *Catharanthus roseus* dan *Gomphrena flobosa* Pada Lingkungan Udara Tercemar".(Jurnal Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2011), h. 2

## G. Alur Kerja Penelitian

### 1. Membuat preparat untuk melihat luas daun dengan metode kertas milimeter blok



## 2. Membuat preparat indeks stomata dengan metode *Whole mount*

Persiapan



Menyiapkan alat dan bahan terlebih dahulu berupa mikroskop, alat tulis menulis, camera, gelas objek, pipet tetes, cover gelas, toples, tisu, alkohol 70%, formaldehid, asam asetat glasial, asam nitrat konsentrasi 50 %, silet, larutan pemutih dengan bahan aktif 5,25% NaClO, akuades, pewarna safranin 1%, gliserin 30 % dan daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd)



Menentukan lokasi yang akan digunakan sebagai tempat penelitian



Pengambilan sampel



5 tangkai daun pada setiap titik di ruas jalan yang sudah diambil, dibersihkan permukaan atas dan bawah daunnya dengan menggunakan tisu untuk menghilangkan debu/kotoran



Setelah daun sudah dibersihkan, ambil 3 daun dari setiap 5 ibu tangkai daun dalam 1 tanaman Angsana. 3 daun yang diambil berasal dari bagian pangkal, tengah dan ujung daun



Daun difiksasi dengan larutan FAA (formaldehid: asam asetat glasial: alkohol 70% = 5:5:90 ml) Setelah difiksasi daun dibilas dengan alkohol 70% selanjutnya bilas kembali dengan akuades



Setelah itu rendam dengan larutan asam nitrat konsentrasi 50% selama 10 menit



Kemudian daun dibilas dengan akuades, dilanjutkan pengerikan daun dengan menggunakan silet. Hasil pengerikan daun di rendam dengan larutan pemutih dengan bahan aktif 5,25% NaClO agar jernih, dibilas kembali dengan akuades



Setelah itu di beri pewarna safranin 1%. Kemudian sampel diletakkan di gelas objek yang telah berisi gliserin 30% dan ditutup dengan cover gelas



Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40 x 10



Hasil penelitian



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Gambaran Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel dilakukan pada 6 (Enam) lokasi yaitu 3 lokasi di Jalan Teuku Umar dan 3 lokasi di Jalan Endro Suratmin. Sampel lokasi pertama Jalan Teuku Umar berjarak 160 meter dari pangkal jalan tersebut. Lokasi kedua terletak di pertengahan jalan yang berjarak 1,3 kilometer dari sampel pertama. Sedangkan sampel lokasi ketiga terletak di ujung jalannya yang berjarak 1,7 kilometer dari jarak lokasi kedua. Pada Jalan Endro Suratmin, sampel pertama berjarak 500 dari pangkal jalan. Lokasi kedua berjarak 800 meter dari lokasi pertama. Sedangkan lokasi ketiga berjarak 550 dari lokasi ke dua.

Berdasarkan Hasil Survey pada tanggal 23 Mei 2016. Jalan Teuku Umar memiliki jumlah rata-rata kendaraan roda dua sebanyak 642 buah dan kendaraan roda empat sebanyak 236 buah. Sedangkan Jalan Endro Suratmin jumlah rata-rata kendaraan roda dua sebanyak 372 buah dan kendaraan roda empat sebanyak 38 buah ( Tabel 1).

Tabel 1. Hasil Pengamatan Jumlah Kendaraan Bermotor dan Roda Empat

No	Jalan	Tempat	Waktu	Kendaraan roda dua	Kendaraan roda empat
1	Teuku Umar	Lokasi 1	07:40 WIB	699	280
		Lokasi 2	07:40 WIB	560	199
		Lokasi 3	07:40 WIB	667	229
Rata-rata				642	236
2	Endro suratmin	Lokasi 1	07:00 WIB	525	60
		Lokasi 2	07:00 WIB	256	24
		Lokasi 3	07:00 WIB	336	30
Rata-rata				372	38

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa hasil pengamatan jumlah kendaraan bermotor dan roda empat pada Jalan Teuku Umar yang dilakukan pada pukul 07:40-07:45 menunjukkan lokasi 1 memiliki intensitas kendaraan tertinggi. Hal ini karena lokasi jalan tersebut memiliki persimpangan lebih dari 2 *Traffic Light* serta jalan tersebut menghubungkan dengan pusat perbelanjaan, SBPU dan Universitas. Intensitas kendaraan terendah terletak pada lokasi 2 dikarenakan kendaraan dari lokasi 1 telah terurai ke Jalan Urip Sumoharjo dan banyaknya kendaraan berhenti di pertokoan, pasar, perusahaan dan rumah sakit. Sedangkan lokasi 3 mengalami peningkatan kembali di karenakan banyaknya tambahan kendaraan dari Jalan Hanoman, Jalan Pahlawan, Jalan Sam Ratulangi, Jalan Abdul Moeloek dan dari arah Jalan Kartini serta dekat dengan pusat kota.

Pada hasil pengamatan Jalan Endro Suratmin, pukul 07:00-07:05 menunjukkan Jalan lokasi 1 memiliki intensitas kendaraan tertinggi di jalan tersebut. Hal ini dikarenakan lokasi 1 memiliki persimpangan lebih dari 3 *Traffic Light* serta tambahan kendaraan dari Jalan Sebesi. Di pinggir jalan lokasi ini banyak terdapat pertokoan, sekolah dan puskesmas, sehingga sering mengalami kemacetan. Intensitas kendaraan terendah terletak pada lokasi 2 karena jumlah kendaraan dari lokasi 1 telah terurai ke Jalan Sebesi dan banyaknya kendaraan berhenti ke pertokoan dan sekolah yang ada di pinggir jalan tersebut. Sedangkan pada lokasi 3 mengalami peningkatan kembali dikarena lokasi 3 memiliki tambahan kendaraan dari Jalan Pulau Pisang, Jalan Pandawa Raya dan Jalan Endro Suratmin 2.

#### **B. Luas Daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd)**

Luas daun pada tanaman Angsana yang diteliti di masing-masing lokasi Jalan Teuku Umar maupun Jalan Endro suratmin memiliki luas daun yang berbeda-beda. Luas daun pada Jalan Teuku Umar memiliki luas rata-rata 34,404 cm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan kecenderungan peningkatan luas daun seiring dengan penurunan jumlah kendaraan. Luas daun Angsana pada kedua jalan tersebut dapat dilihat lebih jelas pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Jumlah Rata-Rata Luas Daun Angsana Di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung

No	Jalan	Rata-Rata Luas Daun Di Setiap Lokasi			Rata-Rata
		Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3	
1	Teuku Umar	32,144 cm <sup>2</sup>	41,018 cm <sup>2</sup>	30,050 cm <sup>2</sup>	34,404 cm <sup>2</sup>
2	Endro Suratmin	41,742 cm <sup>2</sup>	22,074 cm <sup>2</sup>	31,048 cm <sup>2</sup>	31,621 cm <sup>2</sup>

Penelitian luas daun pada daun Angsana di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin dengan menggunakan kertas milimeter blok. Daun yang diamati dalam penelitian ini adalah daun pangkal, tengah dan daun ujung kerana daun tanaman angsana memiliki daun majemuk yang terdiri dari 5 daun sampai dengan 11 daun. Daun yang diukur dalam satu tanaman Angsana yaitu 15 daun yang berasal dari ibu tangkai ketiga sampai dengan ibu tangkai ke 7. Dari tabel 2 di atas, dapat dilihat bahwa di Jalan Teuku Umar memiliki rata-rata luas daun tertinggi dengan nilai rata-rata 34,404 cm<sup>2</sup>. Lokasi 1 dengan nilai 32,144 cm<sup>2</sup>, lokasi 2 dengan nilai 41,018 cm<sup>2</sup> dan lokasi 3 dengan nilai 30,050 cm<sup>2</sup>. Sedangkan di Jalan Endro Suratmin memiliki nilai rata-rata 31,621 cm<sup>2</sup>. Pada lokasi 1 dengan nilai 41,742 cm<sup>2</sup>, lokasi 2 dengan nilai 22,074 cm<sup>2</sup> dan lokasi 3 dengan nilai 31,048 cm<sup>2</sup>.

Berdasarkan data di atas terlihat jelas bahwa ada perbedaan luas daun antar lokasi Jalan Teuku Umar maupun di Jalan Endro Suratmin. Pada Jalan Teuku Umar lokasi 2 memiliki luas daun yang tinggi di bandingkan dengan lokasi 1 dan lokasi 3 yang memiliki intensitas kendaraan bermotor yang

tinggi. Sedangkan Jalan Endro Suratmin lokasi 1 memiliki luas daun yang tinggi di bandingkan dengan lokasi 2 dan lokasi 3 yang memiliki intensitas kendaraan yang rendah. Total luas daun dari suatu tanaman yang terkena polusi akan mengalami penurunan, karena terhambatnya laju pertumbuhan dan perluasan daun serta meningkatnya jumlah daun yang gugur, sehingga secara langsung maupun tidak langsung akan menurunkan hasil fotosintesis.<sup>87</sup> Hal yang serupa ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh Andri dkk (2011) bahwa dari hasil korelasi spearman antara kadar klorofil dan luas daun didapatkan nilai koefisien korelasi 0,472 yang menunjukkan korelasi positif yang berarti rendahnya kadar klorofil akan berpengaruh pada penurunan luas permukaan daun.<sup>88</sup>

Daun merupakan suatu bagian tumbuhan yang penting dan pada umumnya tiap tumbuhan mempunyai sejumlah besar daun. Organ ini hanya terdapat pada batang saja dan tidak pernah terdapat pada bagian lain tumbuhan.<sup>89</sup> Daun biasanya melebar, kaya akan suatu zat berwarna hijau yang dinamakan klorofil. Energi cahaya yang diabsorpsi (diserap) oleh klorofil

---

<sup>87</sup> Siregar EBM, “*Pencemaran Udara, Respon Tanaman dan Pengaruhnya Pada Manusia*,” (Fakultas Pertanian, Program Studi Kehutanan, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, 2005), h. 8

<sup>88</sup> Andri Winda Satolom, Novri Y. Kandowanko, Abubakar Sidik Katili, “*Analisis Kadar Klorofil, Indeks Stomata Dan Luas Daun Tumbuhan Mahoni ( Swietenia Maccrophylla King), Pada Beberapa Jalan Di Gorontalo*”. (Jurnal Program Studi Biologi Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo 2011), h. 9

<sup>89</sup> Gembong Tjitrosoepomo, *Morfologi Tumbuhan*, (Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2007), h. 7

menggerakkan sintesis molekul organik dalam kloroplas. Kloroplas terutama ditemukan dalam sel mesofil, jaringan di interior daun.<sup>90</sup>

Menurut hasil penelitian Sukarsono (1998) kerusakan abnormal anatomi dan seluruh tumbuhan yang diteliti dengan kandungan pencemar udara secara umum menunjukkan adanya pengaruh yang nyata terutama gas SO<sub>2</sub> dan Pb terhadap abnormalitas masing-masing jaringan. Kerusakan anatomi daun (termasuk juga kerusakan klorofil dan kloroplas) akibat pencemaran udara disebabkan karena pengaruh gas pencemar tersebut yang mempengaruhi pH medium sel dan jaringan yang menjadi lebih rendah (ion H<sup>+</sup> meningkat). Sedangkan Pb merupakan unsur logam yang pada umumnya menjadi katalis pada berbagai reaksi termasuk dengan enzim, keadaan ini akan mempengaruhi membran biologi (baik sel maupun organel-organelnya).<sup>91</sup>

Inhibisi dari aktivitas enzimatik oleh ion logam berat akan membentuk merkaptida dengan gugus sulfhidril (-SH) dari enzim. Keseimbangan yang ditetapkan tidak mengaktifkan enzim yang memerlukan suatu gugus sulfhidril untuk aktivitasnya, karena reversibilitas dari pembentukan merkaptida maka inhibisi ini dapat dihilangkan dengan pengangkatan ion logam berat. Jika ion logam berat ini berkaitan dengan

---

<sup>90</sup> Campbell, *Biologi Edisi Kedelapan, Jilid 1*, (Jakarta : Erlangga,2010), h. 201

<sup>91</sup> S. Roifatul Hidayati, “ *Analisis Karakteristik Stomata, Kadar Klorofil dan Kandungan Logam Berat Pada Daun Pohon Pelindung Jalan Kawasan Lumpur Porong Sidoarjo* “ (Skripsi Jurusan Biologi Fakultas Sinstek Dan Teknologi, Universitas Negeri Malang, 2009), h. 18

enzim, enzim akan mengalami denaturasi. Enzim adalah protein yang mengatalisis reaksi biokimia. Enzim biasanya terdapat dalam konsentrasi yang sangat rendah di dalam sel, di mana mereka meningkatkan laju reaksi tanpa mengubah posisi kesetimbangan. Laju reaksi enzim dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu konsentrasi substrat dan enzim, pH, suhu dan adanya kofaktor serta ion logam.<sup>92</sup>

Ebynthalina Sembiring dan Endang Sulistyawati dalam penelitiannya (2006) menambahkan bahwa menurut Kovacs (1992), menurunnya luas permukaan daun dapat dipengaruhi oleh menurunnya kandungan klorofil akibat akumulasi Pb. Penurunan kandungan klorofil mengakibatkan penurunan laju proses fotosintesis sehingga hasil proses fotosintesis juga berkurang. Terhambatnya asupan hasil fotosintesis kepada sel-sel apikal akan menyebabkan terhambatnya pembelahan dan pemanjangan sel sehingga mempengaruhi pertumbuhan luas permukaan daun.<sup>93</sup> Terhambatnya pembelahan dan pemanjangan sel pada tumbuhan dikarena mekanisme kerja auksin terganggu. Hormon auksin dapat mempengaruhi pemanjangan sel tanaman dengan cara mempengaruhi pelenturan dinding sel. Auksin memacu protein tertentu yang ada di membran plasma sel tumbuhan untuk memompa ion H<sup>+</sup> kedinding sel. pH dinding sel yang rendah akan menyebabkan

---

<sup>92</sup> Yohanis Ngili, *Biokimia Dasar*, (Bandung: Rekayasa Sains, 2010), h. 190

<sup>93</sup> Ebynthalina Sembiring, Endang Sulistyawati, “*Akumulasi Pb dan Pengaruhnya Pada Kondisi Daun Swietenia Macrophylla King*,” (Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2006), h. 7

sebagian besar auksin menjadi tak bermuatan dikarenakan pH yang lebih rendah akan mempertahankan gugus karboksil auksin menjadi terdisosiasi. Ion  $H^+$  ini akan mengaktifkan enzim tertentu memutuskan beberapa ikatan rantai molekul selulosa penyusun dinding sel. Sel tumbuhan kemudian memanjang akibat air yang masuk secara osmosis. Setelah memanjang sel terus tumbuh dengan mensintesis kembali material dinding sel dan sitoplasma.

Hasil penelitian luas daun tanaman Angsana di Jalan Endro Suratmin lokasi 1 memiliki luas daun tertinggi dibandingkan dengan lokasi-lokasi yang memiliki intensitas kendaraan tinggi. Hal ini karena pohon Angsana di lokasi 1 telah mengalami pemangkasan. Menurut hasil penelitian Sucipto (2012) menunjukkan bahwa tanaman yang telah mengalami pemangkasan menghasilkan daun yang berukuran lebar. Salah satu contoh tanaman yang diteliti yaitu tanaman Tembakau yang memiliki luas daun rata-rata  $98,46 \text{ cm}^2$ . Dengan adanya pemangkasan dapat meningkatkan luas daun tanaman Tembakau. Semakin luas ukuran daun maka hasil fotosintesis akan semakin besar karena banyaknya stomata yang terdapat pada daun, sehingga pertumbuhan tanaman akan semakin meningkat akibat adanya cadangan energi yang sangat tersedia untuk mendukung pertumbuhannya.<sup>94</sup> Kruskall Wallis hasil penelitiannya menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata

---

<sup>94</sup> Sucipto, “ *Produktifitas Penggunaan Lahan Dalam Teknik Pemangkasan Tanaman Tembakau Setelah Panen Yang Ditumpangsarikan Dengan Kacang Tanah* ”, (Seminar Nasional : Kedaulatan Pangan dan Energi, Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura, Madura, 2012), h. 5

antara luas daun dan umur daun. Hal ini menunjukkan bahwa umur daun mempengaruhi luas daun Angsana.<sup>95</sup> Pada tanaman Angsana memiliki cara percabangan monopodial dan mempunyai batang pokok yang mengalami pertumbuhan secara ritmik. Pertumbuhan ritmik yaitu pertumbuhan pohon yang ditentukan oleh ritme timbulnya tunas baru yang diselingi oleh periode dormansi. Karena adanya ritme pertumbuhan tersebut, maka pada batang pohon nampak adanya ruas-ruas yang nyata sebagai tanda adanya pertumbuhan ritmik.<sup>96</sup> Cara percabangan monopodial yaitu batang pokok selalu tampak jelas, karena lebih besar dan lebih panjang (lebih cepat pertumbuhannya) dari pada cabang-cabangnya.<sup>97</sup>

Luas daun Angsana pada daerah yang terkena polusi udara memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan pada daerah jauh dari polusi udara. Luas daun merupakan salah satu parameter utama dalam penentuan besar atau kecilnya laju fotosintesis pada tanaman. Sehingga pada tanaman mempertahankan dirinya dengan meningkatkan efisiensi fotosintesis di lokasi yang terpolusi. Selain faktor polusi, faktor-faktor yang mempengaruhi luas daun antara lain yaitu:

---

<sup>95</sup> Gita Prima Yudha, Zozy Aneloi dan M. Idris, “*Pertumbuhan Daun Angsana (Pterocarpus Indicus Willd) dan Akumulasi Logam Timbah (Pb)*,” (Padang : Jurusan Biologi FMIPA Universitas Andalas,2013),h. 85

<sup>96</sup> Irfiah Firoroh, “*Kajian Profil Vegetasi Terhadap Konservasi Air (Aliran Batang, Curahan Tajuk, dan Infiltrasi) Di Kebun Campur Sumber Tirta Senjoyo Semarang*”, (Bogor : Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor,2009), h. 10

<sup>97</sup> Gembong Tjitrosoepomo, *Morfologi Tumbuhan* (Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2007), h. 85

a. Faktor cuaca panas

Jika pada cuaca panas maka akan menyebabkan kekeringan dan meningkatnya partikel debu. Pada hari yang panas dan kering, sebagian tumbuhan menutup stomatanya sebagai respon untuk mempertahankan air.

Respon ini juga menurunkan hasil fotosintesis karena membatasi akses masuknya CO<sub>2</sub>. Bahkan dengan stomata yang tertutup sebagian, konsentrasi CO<sub>2</sub> mulai menurun di rongga-rongga udara dalam daun dan konsentrasi O<sub>2</sub> yang dilepaskan dari reaksi terang mulai meningkat.<sup>98</sup>

Cuaca panas dapat meningkatkan partikel debu pada daun. Banyaknya partikel debu pada daun nantinya akan menutupi stomata. Stomata daun yang tertutupi akan menghalangi masuknya CO<sub>2</sub>. Jika masuknya CO<sub>2</sub> pada daun berkurang maka proses fotosintesis menjadi terhambat. Sehingga daun akan lebih kecil jika dibandingkan dengan cuaca normal.<sup>99</sup>

b. Faktor nutrisi tanah

Seperti yang kita ketahui bahwa tumbuhan juga sama dengan manusia, jika kita diberikan makan yang cukup, maka akan terlihat lebih sehat jika dibandingkan dengan yang jarang makan sama halnya dengan tumbuhan.

Semakin banyak makanan maka daun akan lebih lebar jika dibandingkan dengan daun yang zat haranya kurang.

<sup>98</sup> Neil A. Campbell et.al., *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 1* (Jakarta : Erlangga, 2012), h. 215

<sup>99</sup> Muhammad Ridwan, "Laporan Biologi Plastisitas", (On-Line) Tersedia Di <http://bundelan-lap-o-ran.blogspot.co.id/2013/04/laporan-biologi-plastisitas.html?m=1> , ( 20 Agustus 2015,20.00).

c. Faktor naungan daun

Penaungan sangat berperan dalam perbedaan lebar daun. pada daun daerah yang lebat dan luas, daun akan semakin besar.<sup>100</sup> Sri Haryanti (2011) berdasarkan penelitiannya menunjukkan bahwa perlakuan naungan dengan paranet memiliki hasil atau respon tanaman nilam mempunyai luas daun tertinggi dari pada yang tanpa naungan (terkena matahari langsung). Tanaman yang tumbuh pada intensitas cahaya yang rendah sampai cukup menunjukkan ukuran luas daun lebih besar namun ketebalannya lebih tipis.<sup>101</sup>

**C. Indeks Stomata daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd)**

Hasil pengamatan indeks stomata tumbuhan Angsana memperlihatkan kecenderungan peningkatan indeks stomata seiring dengan peningkatan jumlah kendaraan rata-rata indeks stomata Angsana pada Jalan Teuku Umar berkisar antara 6,71 sampai dengan 7,27. Sedangkan di Jalan Endro Suratmin berkisar antara 9,27 sampai dengan 10,28. Indeks stomata daun Angsana pada masing-masing lokasi kedua jalan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini:

<sup>100</sup> Muhammad Ridwan,. *Ibid*,.

<sup>101</sup> Sri Haryanti, “ *Respon Pertumbuhan Dan Luas Daun Nilam (*Pogostemon Cablin Benth*) Pada Tingkat Naungan Yang Berbeda* “, (Jurnal Laboratorium Biologi Struktur Dan Fungsi Tumbuhan, Jurusan Biologi FMIPA UNDIP, Semarang, 2011), h. 24

Tabel 3. Jumlah Rata-Rata Indeks Stomata Daun Angsana Di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung

No	Jalan	Rata-Rata Indeks Stomata Di Setiap Lokasi			Rata-Rata
		Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3	
		1	Teuku Umar	7,27	
2	Endro Suratmin	10,28	9,27	9,59	9,71

Penelitian indeks stomata pada daun Angsana di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin dengan metode *whole mount* yang diamati di Laboratorium Biologi. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan yang dilakukan pada tanaman Angsana dapat diketahui bahwa Jalan Endro Suratmin memiliki nilai rata-rata tertinggi yaitu 9,71. pada lokasi 1 memiliki nilai 10,28, lokasi 2 dengan nilai 9,27 dan lokasi 3 dengan nilai 9,59. Sedangkan di Jalan Teuku Umar memiliki rata-rata 6,94. Pada lokasi 1 dengan nilai 7,27, lokasi 2 dengan nilai 6,71 dan lokasi 3 dengan nilai 6,86. Berbedanya nilai rata-rata di sebabkan adanya perbedaan antara jumlah stomata dan epidermis pada setiap jalan tersebut. Jumlah stomata dan epidermis menentukan indeks stomata. Sedangkan jumlah stomata dan epidermis berbeda akibat respon yang diberikan terhadap gas buang kendaraan bermotor.

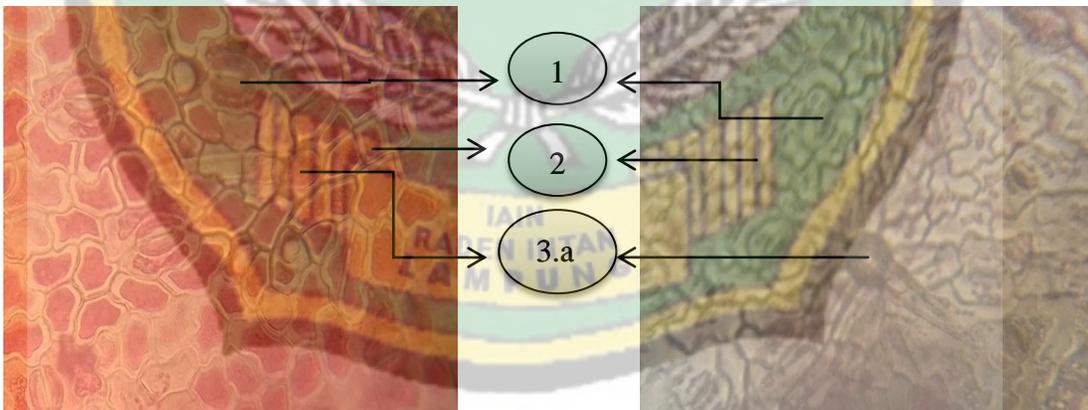
Berdasarkan data di atas terlihat jelas bahwa ada perbedaan indeks stomata daun Angsana antar lokasi Jalan Teuku Umar maupun di Jalan Endro

Suratmin. Jalan Teuku Umar lokasi 1 memiliki indeks stomata tertinggi dari pada indeks stomata di lokasi 2 dan lokasi 3 yaitu sebesar 7,27. Hal ini dikarenakan lokasi pada jalan tersebut sering mengalami kemacetan dikarenakan memiliki persimpangan lebih dari 2 *Traffic Light* serta jalan tersebut menghubungkan dengan pusat perbelanjaan, SBPU dan universitas sehingga membuat stomata Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) yang ada di lokasi melakukan respon dengan meningkatnya jumlah stomata.

Pada lokasi 3 Jalan Teuku Umar memiliki indeks stomata sebesar 6,86. Hal ini dikarenakan pada lokasi tersebut mengalami peningkatan intensitas kendaraan dari Jalan Pahlawan, Jalan Samratulangi, Jalan Abdul Moeloek, Jalan Hanoman dan dari arah Jalan Kartini serta dekat dengan pusat kota. Sedangkan indeks stomata terendah pada lokasi Jalan Teuku Umar yaitu lokasi 2 sebesar 6,71. Di lokasi 2 intensitas kendaraan menurun dikarenakan kendaraan sebagian berbelok ke arah Jalan Urip Sumoharjo dan banyak kendaraan berhenti di ruko-ruko pinggir jalan, pasar Koga serta rumah sakit. Rendahnya jumlah kendaraan membuat tumbuhan khususnya Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) yang ada disekitar lokasi ini tumbuh dalam keadaan normal.

Jalan Endro Suratmin pada lokasi 1 memiliki indeks stomata sebesar 10,28. Indeks stomata di lokasi ini paling tertinggi dari lokasi-lokasi lainnya. Dikarena pada lokasi tersebut paling dekat dengan persimpangan lebih dari 3

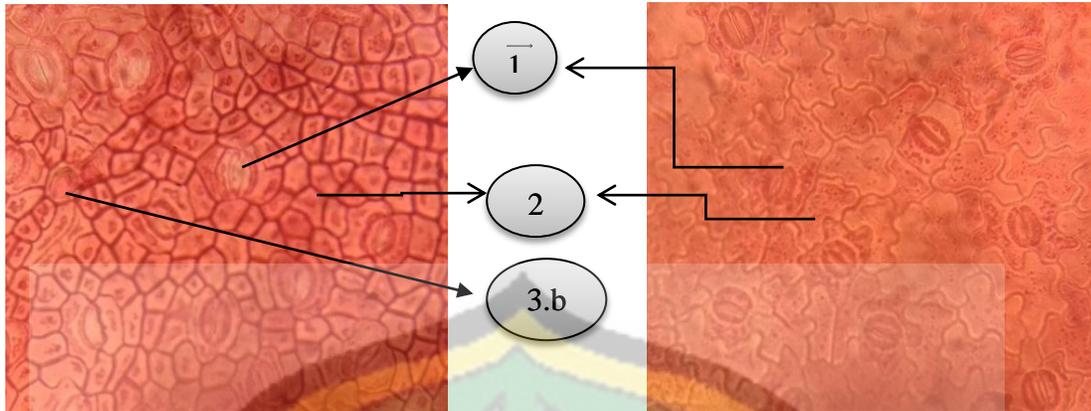
*Traffic Light* serta pusat perbelanjaan, kesehatan dan pendidikan, sehingga membuat intensitas kendaraan tinggi. Selain itu tipe kendaraan yang melewati jalan tersebut yaitu tipe kendaraan Truk (2x b). Tipe kendaraan Truk (2x b) memiliki kapasitas mesin yang besar dan berbahan bakar diesel sehingga lebih banyak menghasilkan emisi gas buang dibandingkan tipe kendaraan lainnya. Menurut Eldewisa dan Drijeana (2009), kapasitas mesin kendaraan mempengaruhi konsumsi bahan bakar, semakin besar kapasitas mesin semakin besar pula bahan bakar yang dibutuhkan oleh kendaraan tersebut, yang kemudian akan berakibat pada besarnya emisi gas buang yang dihasilkan.<sup>102</sup> Gambar hasil pengamatan indeks stomata di sajikan sebagai berikut :



**Gambar 2.** Lokasi 1 Jl. Teuku Umar

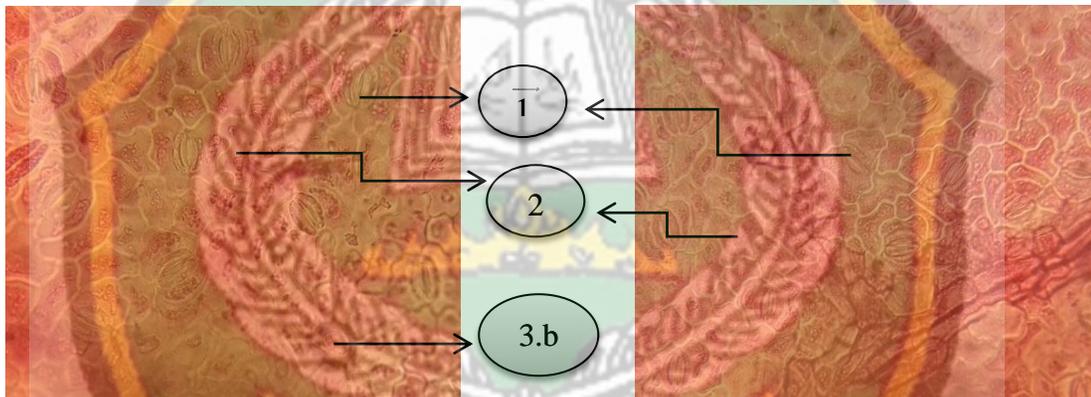
**Gambar 3.** Lokasi 2 Jl. Teuku Umar

<sup>102</sup> Andri Windi Satolom, Novri Y. Kandowangko, Abubakar Sidik Katili, . *Op Cit*, h. 8



**Gambar 4.** Lokasi 3 Jl. Teuku Umar

**Gambar 5.** Lokasi 1 Jl. Endro Suratmin



**Gambar 6.** Lokasi 2 Jl. Endro Suratmin

**Gambar 7.** Lokasi 3 Jl. Endro Suratmin

Keterangan :

- 1 : Stomata
- 2 : Epidermis
- 3.a : Trikoma kelenjar
- 3.b : Trikoma non kelenjar

Indeks stomata suatu tanaman yang tumbuh dilokasi intensitas kendaraan tinggi maka akan mempengaruhi nilai indeks stomata. Indeks stomata meningkat karena jumlah stomata pada daun yang terkena polusi

lebih banyak dan jumlah sel epidermis lebih sedikit dari jumlah stomata. Gambar 2 dan gambar 3 pada hasil pengamatan dapat dilihat sel epidermis daun di Jalan Teuku Umar memiliki sel epidermis lebih padat dari pada sel epidermis daun Angsana pada gambar 5 dan gambar 6 di Jalan Endro Suratmin. Hasil yang sama ditemukan pada penelitian yang dilakukan Efri Roziaty (2009), yang menyatakan bahwa sel epidermis yang normal tambak lebih kompak dan padat jika dibandingkan dengan jaringan epidermis daun yang berada di daerah terpolusi. Sel epidermis pada daerah terpolusi akan mengalami kerusakan.<sup>103</sup>

Menurut Muud dan Kozlowski (1975), tanaman yang tumbuh di lokasi terpolusi cenderung mempertahankan dirinya dengan meningkatkan jumlah stomata. Peningkatan jumlah stomata sangat membantu dalam hal penyerapan CO<sub>2</sub> untuk fotosintesis.<sup>104</sup> Penelitian yang dilakukan Andri dkk, pada tanaman Mahoni (2011) menambahkan bahwa respon tanaman terhadap polutan bertambahnya jumlah stomata, sel epidermis lebih sedikit, serta meningkatnya indeks stomata merupakan salah satu respon tanaman terhadap polusi udara. Peningkatan indeks stomata terjadi pada tumbuhan yang terdapat di tempat-tempat dengan konsentrasi polutan yang cukup tinggi. Hal ini merupakan

---

<sup>103</sup> Efri Roziaty, “Kandungan Klorofil, Struktur Daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) dan Kualitas Udara Ambien di Sekitar Kawasan Industri Pupuk PT. Pusri di Palembang”. (Skripsi Mayor Biologi Tumbuhan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2009), h. 35

<sup>104</sup> Astri Nur Andini, “Anatomi Jaringan Daun dan Pertumbuhan Tanaman *Celosia cristata*, *Catharanthus reseau*, dan *Gomphrena globosa* Pada Lingkungan Udara Tercemar (Jurnal Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2011) h. 8

respon tumbuhan terhadap kehadiran polutan dari aktivitas transportasi sebagai upaya tumbuhan untuk mengurangi terdifusinya polutan udara ke dalam jaringan daun tumbuhan.<sup>105</sup>

Hal yang sama ditemukan pada penelitian Astri Nur Andini, tentang tanaman *Celosia cristata*, *Catharanthus roseus*, dan *Gomphrena globosa* yang menyatakan bahwa tanaman memodifikasi dirinya dengan meningkatkan kerapatan stomata dan indeks stomata guna untuk penangkapan CO<sub>2</sub>, hal tersebut diikuti juga dengan penebalan yang terjadi pada jaringan palisade dan bunga karang yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi fotosintesis, sehingga dapat bertahan hidup.<sup>106</sup> Siregar (2005) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa gas buang kendaraan yang mengandung senyawa toksik berupa CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, Pb, Hidrokarbon dan SO<sub>2</sub>. Senyawa-senyawa ini biasanya bergabung dengan partikel debu kemudian masuk ke dalam daun melalui proses difusi dan akan menutup mulut stomata sehingga anatomi daun akan berubah (memberikan respon). Salah satu respon yang diberikan daun akibat gas buang kendaraan yaitu meningkatnya jumlah stomata.<sup>107</sup>

Namun dalam penelitian ini, indeks stomata daun angkana pada lokasi sedikit kendaraan dan sedikitnya tanaman pada lokasi tersebut memiliki indeks stomata tertinggi dibandingkan dengan lokasi banyak kendaraan dan

---

<sup>105</sup> Andri Windi Satolom, Novri Y. Kandowangko, Abubakar Sidik Katili, *Loc.Cit.*, h. 8

<sup>106</sup> Astri Nur Andini, *Loc.Cit.*, h. 8

<sup>107</sup> Alfi Darwis, N.Y.Kondowangko,D. W.K. Baderan, "*Indeks dan Kerapatan Stomata Pada Daun Tumbuhan Bougainvillea Glabra Chois Sebagai Pencemaran Gas Buang Kendaraan Bermotor Di Kota Gorontalo,*"( Jurnal Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo,Gorontalo,2013), h. 11

banyaknya tanaman. Selain polusi yang menyebabkan indeks stomata meningkat, ada beberapa faktor yang menyebabkan indeks stomata meningkat diantaranya adalah cahaya, cekaman lingkungan, dan suhu. Menurut Dwi Ratna dkk (2013) dalam penelitiannya menyatakan bahwa intensitas cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi peningkatan indeks stomata. Daun pada tumbuhan yang terpapar cahaya dengan intensitas tinggi mempunyai stomata lebih kecil dan jumlah lebih banyak dibandingkan dengan yang tumbuh di tempat naungan dan lembab.<sup>108</sup>

Cekaman lingkungan dapat menyebabkan stomata menutup pada siang hari. Ketika tumbuhan sedang kekurangan air, sel penjaga bisa kehilangan turgornya. Selain itu hormon yang disebut asam absisat, yang dihasilkan di dalam sel mesofil sebagai tanggapan terhadap kekurangan air akan memberikan sinyal pada sel penjaga untuk menutup stomata sehingga memperlambat proses fotosintesis.<sup>109</sup> Hal serupa ditemukan pada penelitian Anita dkk (2010) yang menyatakan bahwa ketersediaan air dan intensitas cahaya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap indeks stomata. Karena air dan cahaya berpengaruh dalam proses fotosintesis. Penyerapan zat hara akan berlangsung lancar saat kesediaan air yang cukup melimpah sehingga kapasitas fotosintesis tinggi. Kapasitas fotosintesis yang tinggi akan

---

<sup>108</sup> Dwi Ratna Anjaning Kusuma Marpaung, Nursahara Pasaribu, T. Alief Aththorick, "Taxonomic Study Of *Pandanus (Pandanaeae)* In Swamp Area, Aceh Singkil", (Sumatera Utara: Jurnal Pascasarjana Departemen Biologi, FMIPA, Universitas Sumatera Utara, 2013), h.61

<sup>109</sup> Neil A. Campbell et.al., *Biologi Edisi Kedelapan Jilid II* (Jakarta : Erlangga, 2012), h. 332

menghasilkan materi organik yang lebih banyak dan akan digunakan untuk pembelahan sel. Sehingga jumlah stomata lebih banyak.<sup>110</sup>

Suhu tinggi juga merangsang penutupan stomata, kemungkinan melalui perangsangan respirasi seluler dan peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> di dalam ruangan udara pada daun. Suhu tinggi dan transpirasi yang berlebih bisa menyebabkan penutupan stomata untuk beberapa saat pada tengah hari. Dengan demikian, sel-sel penjaga melanggar kompromi fotosintesis atas dasar waktu ke waktu dengan cara memadukan stimulus internal dan eksternal. Ketika seringnya stomata menutup maka penangkapan CO<sub>2</sub> berkurang sehingga proses fotosintesis menjadi terhambat.<sup>111</sup>

Pengamatan indeks stomata pada penelitian ini, stomata hanya ditemukan pada permukaan bawah daun saja. Hal ini sesuai dengan teori Banyamin pada bukunya dasar-dasar fisiologi tumbuhan yang menyatakan stomata umumnya terdapat pada permukaan bawah daun. Tetapi ada juga beberapa spesies tumbuhan di mana stomata dapat dijumpai pada kedua permukaan daunnya (atas dan bawah).<sup>112</sup> Tanaman Angsana memiliki tipe stomata Parasitik yaitu tiap sel panjang bergantung dengan satu atau lebih sel

---

<sup>110</sup> Anita Rahayu Istiqomah, Widya Mudyantini, Endang Anggarwulan, "Pertumbuhan Dan Struktur Anatomi Rumput Mutiara (*Hedyotis corymbosa* [L] Lamk.) Pada Ketersediaan Air Dan Intensitas Cahaya Berbeda", (Jurnal Biologi, FMIPA UNS Surakarta, 2010), H. 10-11

<sup>111</sup> Neil A. Campbell et.al., *Loc. Cit*, h. 332

<sup>112</sup> Benyamin Lakitan, *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan* (Jakarta: Rajawali Pers, 2011), h.

tetangga, sumbu membujurnya sejajar dengan sumbu sel tetangga dan apertur terdapat pada Rubiaceae dan Magnoliaceae.<sup>113</sup>

Stomata memiliki fungsi sebagai pintu masuknya CO<sub>2</sub> dan keluarnya uap air ke daun atau dari daun. Besar kecilnya pembukaan stomata merupakan regulasi terpenting yang dilakukan oleh tanaman, dimana tanaman berusaha memasukkan CO<sub>2</sub> sebanyak mungkin tetapi dengan mengeluarkan air sedikit mungkin, untuk mencapai efisiensi pertumbuhan yang tinggi. Jika CO<sub>2</sub> di atmosfer meningkat, tanaman tidak membutuhkan pembukaan stomata maksimum untuk mencapai kadar CO<sub>2</sub> optimum di dalam daun, sehingga laju pengeluaran air dapat dikurangi. Apabila kekurangan air makin parah, tahanan mesofil juga akan meningkat karena adanya kerusakan permanen pada peralatan fotosintesis.<sup>114</sup>

Berdasarkan hasil penelitian, menunjukkan tanaman pada Jalan Teuku Umar memiliki jumlah trikoma kelenjar dan trikoma non kelenjar lebih banyak dari pada Jalan Endro Suratmin dapat di lihat dari tabel 7 dan tabel 8 yang terlampir di lampiran 6. Pada 90 sampel daun Jalan Teuku Umar memiliki jumlah 50 trikoma kelenjar, dan memiliki jumlah 16 trikoma non kelenjar. Sedangkan pada 90 sampel daun di Jalan Endro Suratmin memiliki trikoma kelenjar berjumlah 14, dan memiliki trikoma non kelenjar berjumlah

---

<sup>113</sup> Sri Haryanti, *Jumlah dan Distribusi Stomata Pada Daun Beberapa Spesies Tanaman Dikotil dan Monokotil*, Jurnal Buletin Anatomi dan Fisiologi (Undip: F.MIPA, 2010), Vol. XVIII, No. 2), h. 22

<sup>114</sup> Gutti Gratimah, "Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO<sub>2</sub> Antropogenik Di Pusat Kota Medan". (Skripsi Prodi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara, 2009) h. 15

2 saja. Trikoma adalah alat tambahan pada tumbuhan mempunyai struktur yang lebih padat seperti tonjolan, struktur kelenjar, dan duri yang terdiri atas sel epidermis atau jaringan subepidermis yang disebut *emergence*. Trikoma berkelenjar berfungsi untuk mencegah kekeringan pada tanaman. Selain itu trikoma kelenjar juga berfungsi sebagai sekresi berbagai bahan seperti larutan garam, larutan gula dan polisakarida. Sedangkan trikoma non kelenjar berfungsi sebagai pencegah penguapan.<sup>115</sup>

Sekresi adalah fenomena yang kompleks pada pemisahan zat-zat dari protoplas atau isolasi bagian-bagian protoplas. Cara pemisahan sekresi dari sel hanya sebagian dapat diketahui. Apabila vesikula-vesikula diktiosom sebagai pembawa sekret, maka sekret tersebut akan dilepaskan keluar protoplas dengan cara pelepasan vesikula-vesikula dengan plasmalema, kemudian ke luar melalui dinding sel. Pada banyak kelenjar, pergerakan ke luar melalui dinding sel (pemindahan apoplastik) ditahan oleh kutin pada dinding radial dalam lapisan endodermoid dari sel-sel yang letaknya di bawah sel sekresi. Gerakan aliran langsung akan terjadi melalui plasmalema dan dinding sel, jika molekul-molekul yang disekresikan kecil. Aliran sekresi tersebut akan lambat, jika dikontrol oleh gradient konsentrasi, dan menjadi aktif jika menggunakan energi metabolik. Sel-sel yang mensekresikan zat-zat hidrofilik, misalnya pada kelenjar yang mensekresikan garam-garam atau karbohidrat, berdiferensiasi menjadi sel-sel transfer yang mempunyai karakteristik pada

---

<sup>115</sup> Sri Mulyani, *Anatomi Tumbuhan*, (Jakarta : Kanisius,2006), h. 150

dinding selnya, yaitu terdapat penonjolan-penonjolan. Minyak yang lekas menguap sering terakumulasi antara dinding sel dan kutikula dalam rambut sekresi. Kemudian kutikula tersebut akan pecah, sehingga minyak dilepaskan.<sup>116</sup>

Dalam trikoma yang mensekresikan minyak dari *Mentha*, minyak tampak sebagai tetesan-tetesan bahan osmiofilik di dalam sitoplasma. Pada trikoma bersel banyak dari *Dictamus*, minyak terdapat dalam plastida. Plastida-plastida tersebut dan kemudian seluruh sel di tengah trikoma hancur dan meninggalkan minyak di dalam rongga yang terbentuk. Kemudian minyak tersebut dilepaskan ke permukaan pada waktu kutikula dibagian atas trikoma pecah. Trikoma pada daun tumbuhan pemakan serangga mensekresikan mukopolisakarida dan enzim-enzim proteolitik dan dapat menangkap serta mencernakan serangga, cairan yang mengandung enzim-enzim disekresikan ke permukaan dengan adanya rangsangan bahan nitrogen yang tertangkap pada permukaan. Berbagai macam adaptasi lainnya untuk menangkap dan mencerna serangga oleh daun dari berbagai macam taksa tumbuhan mempunyai struktur khusus pada struktur trikoma sekresinya.<sup>117</sup>

Pembentukan eksresi garam bervariasi struktur dan cara pelepasan garamnya. Pembentukan eksresi garam bervariasi struktur dan cara pelepasannya. Pada spesies *Atriplex*, bagian dari ion-ion yang terbawa oleh

---

<sup>116</sup> Tatang S. Suradinata, *Struktur Tumbuhan* (Bandung : Angkasa, 1998), h. 69-71

<sup>117</sup> Tatang S. Suradinata, *Ibid*, h. 71-72

aliran transpirasi dapat terjadi melalui sitoplasma dan plasmodesmata ke dalam sel-sel hidup yang bentuknya seperti gelembung yang melekat pada epidermis. Di dalam sel yang seperti gelembung, ion-ion tersebar ke dalam vakuola sentral yang besar. Setelah trikoma runtuh, maka garam terdapat pada permukaan daun.<sup>118</sup>

#### **D. Morfologi Daun Angsana di Jalan Teuku Umar dan Endro Suratmin Bandar Lampung**

Morfologi daun Angsana yang tumbuh di kedua ruas jalan memperlihatkan adanya perubahan. Daun tanaman Angsana yang tumbuh di lokasi 1 Jalan Teuku Umar terlihat sudah mengalami kerusakan berupa bercak berwarna kekuningan hampir menyeluruh pada bagian daun dan kecoklatan seperti karat. Sedangkan lokasi 2 morfologi daun Angsana masih terlihat baik, namun sudah mulai mengalami kerusakan sedikit pada bagian tepi daun yaitu sudah mulai berwarna kekuningan. Pada lokasi 3 daun Angsana sudah mengalami kerusakan berupa bercak kekuningan dan kecoklatan seperti karat serta permukaan daunnya terlihat berdebu.

---

<sup>118</sup> Tatang S. Suradinata, *Ibid*,



**Gambar 8.** Keadaan Daun Angsana di Lokasi 1 Jl. Teuku Umar



**Gambar 9.** Keadaan Daun Angsana di Lokasi 2 Jl. Teuku Umar



**Gambar 10.** Keadaan Daun Angsana di Lokasi 3 Jl. Teuku Umar

Kerusakan morfologi daun berupa bercak berwarna kekuningan dan kecoklatan seperti karat tampak lebih banyak yang tumbuh di Jalan Endro Suratmin lokasi 1. Sedangkan dilokasi 2 daun Angsana terlihat hijau dan dalam kondisi baik hanya terdapat kekuningan sedikit di bagian tepi daun. Pada lokasi 3 kerusakan morfologi daun Angsana semakin buruk selain mengalami kerusakan berupa bercak kekuningan dan kecoklatan seperti karat daun tersebut telah banyak mengalami perubahan warna kuning hampir menyeluruh.



**Gambar 11.** Keadaan Daun Angsana di Lokasi 1 Jl. Endro Suratmin



**Gambar 12.** Keadaan Daun Angsana di Lokasi 2 Jl. Endro Suratmin



**Gambar 13.** Keadaan Daun Angsana di Lokasi 3 Jl. Endro Suratmin

Berdasarkan hasil penelitian keadaan morfologi daun Angsana yang telah di paparkan sebelumnya. Bahwa morfologi daun memiliki perbedaan yang sangat jelas pada Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin, tanaman yang terpolusi menunjukkan kerusakan daun. Kerusakan daun tersebut berupa bercak kekuningan dan kecoklatan seperti karat tampak menyeluruh

pada bagian daun serta tanaman telah banyak mengalami pengguguran daun. Perbandingan morfologi daun angkana di setiap lokasi memperlihatkan perbedaan pada pada keadaan daun. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh emisi gas buang kendaraan.

Hasil yang sama ditemukan pada penelitian Karliansyah (1997) yang menyatakan bahwa keadaan daun secara visual sesuai dengan kadar klorofil yang terjadi penurunan kondisi daun dan kadar klorofil secara berurutan. Perubahan daun secara visual memperlihatkan terjadinya kerusakan pada daun angkana dan mahoni akibat  $\text{NO}_x$  dan  $\text{SO}_2$ . Pada lokasi yang memiliki intensitas kendaraan tinggi dan keadaan daun yang buruk disebabkan oleh kualitas udara yang cukup buruk.<sup>119</sup> Pencemaran atmosfer secara merugikan merusak tumbuhan dalam dalam beberapa cara. Kerusakan akibat pencemaran sering secara umum diklasifikasikan kedalam akut, kronis atau tersembunyi. Pada kerusakan akut, kerusakan pada pinggir atau antara tulang daun dicirikan mula-mula oleh penampakan berkurangnya air, kemudian mengering dan memutih sampai berwarna gading pada spesies, tetapi pada beberapa spesies menjadi coklat atau merah kecoklatan. Kerusakan ini disebabkan oleh

---

<sup>119</sup> Nastiti Soertiningsih Wijarso Karliansyah, “*Kerusakan Daun Tanaman Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara ( Studi Kasus Tanaman Peneduh Jalan Angkana dan Mahoni Dengan Pencemaran Udara  $\text{NO}_x$  dan  $\text{SO}_2$ )*,” (Skripsi Magister Sains Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia, Jakarta, 1997), h. 93

penyerapan gas pencemar udara cukup untuk membunuh jaringan dalam waktu yang relatif cepat.<sup>120</sup>

Kerusakan kronis ditunjukkan oleh menguningnya daun yang berlanjut hingga memutih karena kebanyakan dari klorofil dan karotenoid dirusak. Kerusakan kronis disebabkan oleh absorpsi sejumlah gas pencemar udara yang cukup untuk menyebabkan kerusakan akut atau dapat disebabkan oleh penyerapan sejumlah gas dalam konsentrasi subletal dalam periode waktu yang lama. Kerusakan akut pada tanaman disebabkan kemampuan tanaman untuk mengubah belerang dioksida yang diabsorpsi menjadi asam sulfat kemudian menjadi sulfat. Garam-garam tersebut terkumpul pada ujung atau tepi daun. Sulfat yang terbentuk pada daun berkumpul dengan sulfat yang diabsorpsi melalui akar dan jika akumulasi pencemar udara yang cukup tinggi terjadi gejala kronis yang ditandai dengan gugurnya daun. Dengan demikian klorosis atau nekrosis akan terletak pada jaringan antar tulang daun terutama bagian pucuk atau pinggir daun.<sup>121</sup>

### **E. Kerusakan Lingkungan Dalam Pandangan Islam**

Setiap aktivitas manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya pasti mempengaruhi lingkungan. Allah SWT telah menegaskan bahwa kerusakan di

---

<sup>120</sup> Siregar EBM, *Op.Cit*, h. 7

<sup>121</sup> Siregar EBM, *Ibid*.

bumi dan di laut tidak lain karena ulah manusia itu sendiri. Hal tersebut terdapat dalam Alquran surat Ar-Rum ayat 41, yaitu :

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ  
الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ٤١

Artinya :

*“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”.* (QS.Ar-Rum ayat 41).<sup>122</sup>

Manusia sejak lahir memerlukan dukungan alam seperti selimut, kain, popok, makanan, susu dan sebagainya sehingga keberadaan manusia dimuka bumi akan mempengaruhi lingkungan sekitarnya. Semakin banyak jumlah manusia maka kecenderungan kerusakan lingkungan semakin besar, semakin banyak kebutuhan manusia, semakin cepat terdegradasi lingkungan disekitarnya. Lingkungan memiliki daya penting berupa kemampuan untuk kembali keberadaan semula setelah di intervensi. Lingkungan dapat kembali ke keadaan seimbang apabila terjadi intervensi, namun tingkat pengembaliannya memerlukan banyak waktu. Kecepatan intervensi manusia sendiri tergantung dari tingkat kebutuhan dan keinginannya. Salah satu kerusakan lingkungan yang akhir ini terjadi yakni pemanasan global. Beberapa ilmuwan menyatakan pemanasan global terjadi karena faktor alam.

<sup>122</sup> Departemen Agama RI, *Al-Quran dan Terjemahnya*, (Bandung : Diponegoro, 2000), h.326

Namun sebagian besar menyatakan hal itu terjadi karena ulah manusia. Al Quran menjawab pedebatan faktor penyebab pemanasan global melalui surat Assy Syura ayat 27. Disitu disebutkan bahwa penyebab kerusakan bumi adalah ulah manusia itu sendiri yang melampaui batas (berlebih-lebihan).

Kerusakan lingkungan yang selalu dibicarakan tanpa henti dari tahun ke tahun yaitu pencemaran polusi. Pencemaran polusi disebabkan oleh banyaknya kendaraan, baik itu kendaraan roda dua maupun kendaraan roda empat yang setiap tahunnya mengalami peningkatan dikarenakan terus bertambahnya penduduk dan keinginan masyarakat modern yang makin beragam. Hal ini telah dijelaskan pada Pandangan islam mengenai penambahan penduduk dan keinginan masyarakat modern yang semakin beragam adalah mengingatkan agar tindakan dan kebutuhan manusia tidak berlebih-lebihan (QS.Al An'am: 141), yaitu :

﴿وَهُوَ الَّذِي أَنْشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أَكْلُهُ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُتَشَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَءَاتُوا حَقَّهُ يَوْمَ حَصَادِهِ وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ ١٤١﴾

Artinya :

*Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebum yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon korma, tanam-tanaman yang bermacam-macam*

*buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya), dan tidak sama (rasnya). Makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam) bila dia berbuah dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan dikeluarkan zakatnya); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berlebih-lebihan. (QS. Al An'am ayat 141).<sup>123</sup>*

Kebutuhan manusia dapat diperhitungkan dan dipenuhi oleh sumber alam yang ada di muka bumi namun keinginan manusia sangatlah banyak memenuhi semua manusia hanya akan memperburuk keadaan. Rasulullah telah mengingatkan kita bahwa apa yang ada didunia ini akan sirna dan apa yang kita berikan adalah kepunyaan kita sesungguhnya di akhirat karena itu pemakaian atau penggunaan yang berlebihan sangatlah tidak dianjurkan dalam Islam. Islam menuntun agar setiap manusia lebih banyak memberi dari pada memiliki. Allah telah menciptakan alam dengan berbeda-beda jenisnya sesuai dengan keadaan masyarakat. Allah juga telah menciptakan sesuai dengan kadarnya. Alam memiliki kemampuan menyerap polutan yang timbul tetapi apabila jumlahnya banyak dan dalam waktu yang cepat maka alam tentu tidak akan sanggup melakukannya. Salah satu contohnya pada tanaman Angsana yang berada pada lokasi polutan yang intensitasnya tinggi maka tanaman tersebut tidak akan hidup bertahan lama.

## **F. Sebagai Alternatif Sumber Belajar Biologi**

---

<sup>123</sup> Departemen Agama RI, *Ibid.* h. 116

Biologi menjadi wahana untuk meningkatkan pengetahuan, keterampilan, sikap, dan nilai serta tanggung jawab. Mata pelajaran biologi berkaitan dengan cara mencari tahu dan memahami tentang alam secara sistematis, sehingga biologi bukan hanya penguasaan kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep, prinsip-prinsip saja tetapi juga merupakan suatu proses penemuan. Pembelajaran biologi diharapkan dapat menjadi wahana bagi siswa untuk mempelajari dirinya sendiri dan alam sekitarnya. Proses pembelajaran Biologi menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi agar peserta didik mampu menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah.

Pendidikan diarahkan untuk mencari tahu dan berbuat sehingga dapat membantu peserta didik untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang alam sekitar. Pembelajaran merupakan proses komunikasi dua arah, mengajar dilakukan oleh pihak guru sebagai pendidik, sedangkan belajar dilakukan oleh peserta didik atau murid. Dalam hal ini Penelitian tersebut diharapkan menjadi sarana belajar bagi guru biologi dan peserta didik di SMA Kelas XII Semester Ganjil pada sub konsep Fotosintesis. Ini dapat membekali siswa dengan berbagai kemampuan tentang cara “mengetahui” dan “Memahami” yang dapat membantu siswa untuk lebih optimal dalam mempelajari materi yang ada.

Penelitian ini mengenai luas daun dan indeks stomata yang berkaitan dengan fotosintesis. Fotosintesis adalah sintesis karbohidrat dari bahan-bahan anorganik seperti  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  pada tumbuhan berfigmen dengan bantuan cahaya matahari dan klorofil yang akan menghasilkan karbohidrat dan melepaskan oksigen ( $\text{O}_2$ ). Karbon dioksida memasuki daun dan oksigen keluar melalui stomata. Stomata juga merupakan bagian tanaman tempat terjadinya penyerapan polutan dan secara langsung dapat berinteraksi dengan jaringan mesofil.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

## A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Luas daun pada tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) memiliki rata-rata berkisar 22,074 cm<sup>2</sup> sampai dengan 41,742 cm<sup>2</sup>
2. Menurunnya luas permukaan daun tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) disebabkan oleh penurunan kandungan klorofil yang mengakibatkan penurunan laju proses fotosintesis sehingga hasil proses fotosintesis juga berkurang. Terhambatnya asupan hasil fotosintesis kepada sel-sel apikal akan menyebabkan terhambatnya pembelahan dan pemanjangan sel sehingga mempengaruhi pertumbuhan luas permukaan daun.
3. Indeks stomata tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd) memiliki rata-rata berkisar 6,71 sampai dengan 10,28.
4. Peningkatan indeks stomata terjadi pada tumbuhan yang terdapat di tempat-tempat dengan konsentrasi polutan yang cukup tinggi. Hal ini merupakan respon tumbuhan terhadap kehadiran polutan dari aktivitas transportasi sebagai upaya tumbuhan untuk mengurangi terdifusinya polutan udara ke dalam jaringan daun tumbuhan. Sehingga Tanaman memodifikasi dirinya dengan meningkatkan indeks stomata guna untuk penangkapan CO<sub>2</sub> di udara agar dapat bertahan hidup.

## **B. SARAN**

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai luas daun dan indeks stomata untuk jenis tanaman lain dengan mengukur faktor lingkungan, mengingat penelitian ini terbatas pada tanaman yang sama dan faktor lingkungan yang dilihat hanya emisi gas buang kendaraan.
2. Perlu dilakukannya pedataan, pemeliharaan dan pemilihan jenis tanaman yang sesuai dengan syarat tumbuhnya agar tanaman dapat tumbuh dengan baik dan mampu menyerap zat-zat yang mencemari udara, terutama pada Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung.
3. Kepada guru biologi dan siswa SMA agar dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai sumber belajar di kelas XII semester ganjil pada materi fotosintesis.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Andini Astri Nur. “*Anatomi Jaringan Daun dan Pertumbuhan Tanaman Celosia cristata, Catharanthus roseus, dan Gomphrena globosa Pada Lingkungan Udara Tercemar*”. Jurnal Departemen Biologi. Bogor : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. 2011
- Al Suyitno Dan Ratnawati. “*Respon Konduktivitas Stomata Dan Laju Transpirasi Rumput Blembem (Ischaemum Ciliare, Retzius) Di Sekitar Sumber Emisi Gas Kawah Sikidang Dieng*”. Yogyakarta : FMIPA UNY. 2004
- Budiyono Afif. “*Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan*”. Jurnal Penelitian Bidang Pengajian Ozon dan Polusi Udara : Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim. 2001
- Campbell, Neil A. et.at., *Biologi Edisi Kedelapan Jilid III* . Jakarta : Erlangga. 2012
- Departemen Agama RI. *Al-Quran dan Terjemahnya*. Bandung : Diponegoro. 2000
- Darwis Alfi, Novri Y. Kandowangko, D. W. K. Baderan. “*Indeks dan Kerapatan Stomata Pada Daun Tumbuhan Bougainvillea glabra Chois Sebagai Bioindikator Pencemaran Gas Buang Kendaraan Bermotor Di Kota Gorontalo*”. Gorontalo : Jurnal Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ipa Universitas Negeri Gorontalo. 2014
- Firoroh Irfiah. “*Kajian Profil Vegetasi Terhadap Konservasi Air (Aliran Batang, Curahan Tajuk, dan Infiltrasi) Di Kebun Campur Sumber Tirta Senjoyo Semarang* ”. Bogor : Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 2009
- Gratimah Gutti. “*Analisis Kebutuhan Hutan Kota Sebagai Penyerap Gas CO<sub>2</sub> Antropogenik di Pusat Kota Medan*”. Skripsi Biologi. Sumatera Utara : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara. 2009
- Garty, Et.All.,” *Photosynthesis, Chlorophyll Integrity, And Spectralreflectane In Lichens Exposed To Air Pollution*”. Jurnal Environmental Quality. Vol 30;884-893. 2010
- Hidayati S. Roifatul. “*Analisis Karakteristik Stomata, Kadar Klorofil dan Kandungan Logam Berat Pada Daun Pohon Pelindung Jalan Kawasan Lumpur Porong*

*Sidoarjo*". Malang : Skripsi Jurusan Biologi Fakultas Sinstek Dan Teknologi Universitas Negeri Malang. 2009

Haryanti Sri. *Jumlah dan Distribusi Stomata Pada Daun Beberapa Spesies Tanaman Dikotil dan Monokotil. Jurnal Buletin Anatomi dan Fisiologi*. Undip: F.MIPA. 2010. Vol. XVIII, No. 2

Istiqomah Anita Rahayu, Widya Mudyantini, Endang Anggarwulan." *Pertumbuhan Dan Struktur Anatomi Rumpuk Mutiara (Hedyotis corymbosa [L] Lamk.) Pada Ketersediaan Air Dan Intensitas Cahaya Berbeda*". (Surakarta: Jurnal Biologi, FMIPA UNS Surakarta. 2010

Kristanto Philip. *Ekologi Industri*. Yogyakarta : ANDI Yogyakarta. 2002

K. Andika Wijaya. " *Penggunaan Tumbuhan Sebagai Bioindikator Dalam Pemantauan Pencemaran Udara*". Jurnal Prodi Teknik Lingkungan : Institut Teknologi Sepuluh November. 2006

Karliansyah Nastiti Soertiningsih Wijarso." *Kerusakan Daun Tanaman Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara (Studi Kasus Tanaman Peneduh Jalan Angsana Dan Mahoni Dengan Pencemar Udara NO Dan SO)*". Jakarta : Tesis. Program Studi Ilmu Lingkungan. Universitas Indonesia. 1997

Lakitan Benyamin. *Dasar – Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada. 2012

Mulyani Sri. *Anatomi Tumbuhan*. Yogyakarta : Kanisius. 2006

Dwi Ratna Anjaning Kusuma Marpaung, Nursahara Pasaribu, T. Alief Aththorick." *Taxonomic Study Of Pandanus (Pandanaceae) In Swamp Area, Aceh Singkil*". Sumatera Utara: Jurnal Pascasarjana Departemen Biologi. FMIPA. Universitas Sumatera Utara. 2013

Ngili Yohanis. *Biokimia Dasar*. Bandung: Rekayasa Sains.2010

Roziaty Efri. " *Kandungan Klorofil, Struktur Daun Angsana (Pterocarpus indicus Willd) dan Kualitas Udara Ambien di Sekitar Kawasan Industri Pupuk PT. Pusri di Palembang*". Bogor : Skripsi Mayor Biologi Tumbuhan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. 2009

- Rahmi Ulfi. “*Pemanfaatan Tanaman Hutan Angsana ( Pterocarpus indicus) dan Nilai Ekonomisnya* “. Dafertemen Kehutanan. Sumatera Utara : Fakultas Kehutanan. Universitas Sumatera Utara. 2015
- Satolom Andri Windi, Novri Y. Kandowangko, Abubakar Sidik Katili. “*Analisis Kadar Klorofil, Indeks Stomata Dan Luas Daun Tumbuhan Mahoni ( Swietenia Maccrophylla King), Pada Beberapa Jalan Di Gorontalo*”. Gorontalo : Jurnal Program Studi Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo. 2011
- Sengkey Sandri Linna. “*Tingkat Pencemaran Udara CO Akibat Lalu Lintas Dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro*”. Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol. 1. Sam Ratulangi : Universitas Sam Ratulangi. 2011
- Salisbury Frank B & Cleon W Ross. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*. Bandung : ITB Bandung. 1995
- Suryatmin Mimin, et.al. *100 Plus Herbal Indonesia Bukti Ilmiah & Racikan*. Depok: PT.Trubus Swadaya. 2013
- Sukardi. *Metodelogi Penelitian Pendidikan*. Jakarta : Bumi Aksara. 2011
- Sarudji Didik. *Kesehatan Lingkungan*. Bandung : Karya Putra Darwati. 2010
- Siregar Edy Batara Mulya. “ *Pencemaran Udara, Respon Tanaman dan Pengaruhnya Pada Manusia* ”. Sumatera Utara : Fakultas Pertanian. Program Studi Kehutanan. Universitas Sumatera Utara. 2005
- Sembiring Ebynthalina, Endang Sulistyawati. “ *Akumulasi Pb dan Pengaruhnya Pada Kondisi Daun Swietenia Macrophylla King*”. Bandung: Institut Teknologi Bandung. 2006
- Suradinata Tatang S. *Struktur Tumbuhan*. Bandung : Angkasa. 1998
- Tjitrosoepomo Gembong. *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press. 2007
- Utomo Budi. “*Fotosintesis Pada Tumbuhan*”. *Karya Ilmiah*. Medan: Universitas Sumatra Utara. 2007
- Kimball John W. *Biologi Jilid 2 Edisi Kelima* .Jakarta: Erlangga. 1994

Kimball John W. *Biologi Umum*. Jakarta : Erlangga. 1983

Wahyuni Billy Dwi, et.al. "*Laporan Percobaan Pengukuran Tumbuhan*". Malang : Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Malang

Winarno Joko. "*Studi Emisi Kendaraan Bermesin Bensin Pada Berbagai Merk Kendaraan dan Tahun Pembuatan*". Jurnal Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik. Yogyakarta : Universitas Janabadra. 2014

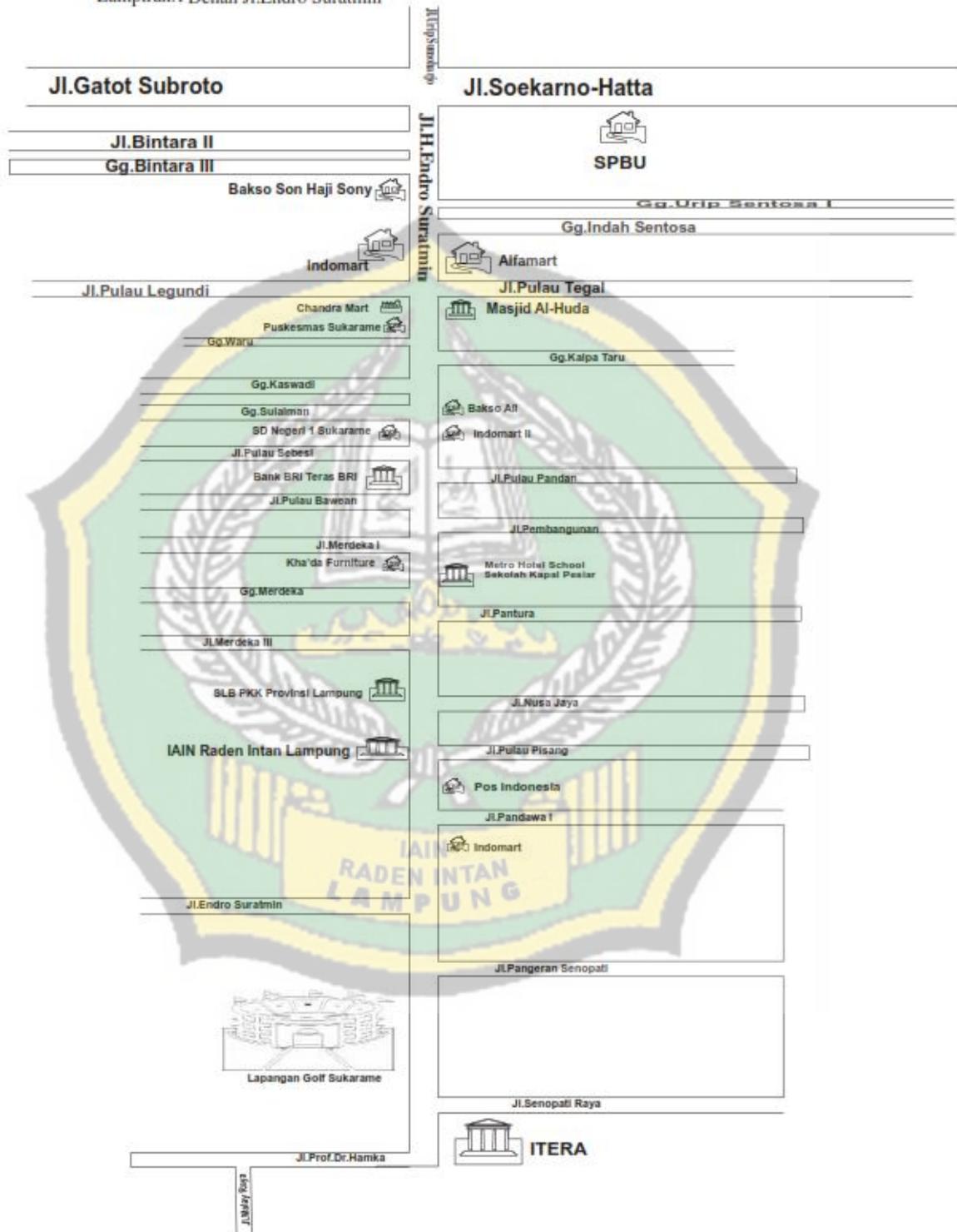
Yayan Sutrian. *Pengantar Anatomi Tumbuh-Tumbuhan Tentang Sel Dan Jaringan*. Jakarta : Rineka Cipta. 2011



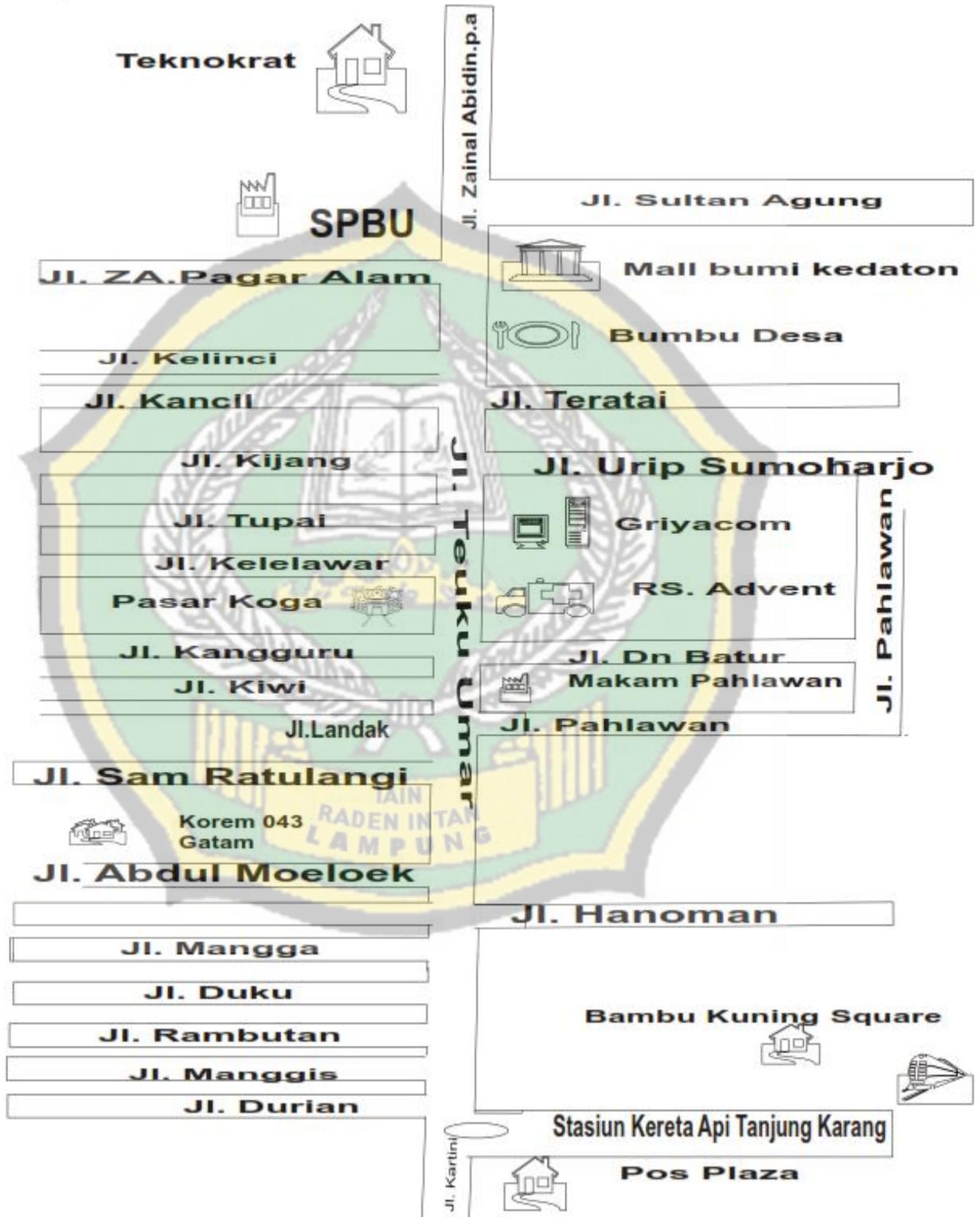
# LAMPIRAN



Lampiran.1 Denah Jl.Endro Suratmin



Lampiran.2 Jl.Teuku Umar



**Tabel 1.**  
**Luas Daun Angsana Di Jalan Teuku Umar**

Ibu Tangkai Ke-	Jl. Teuku Umar.1			Jl. Teuku Umar.2			Jl. Teuku Umar.3		
	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung
3	15.56 Cm <sup>2</sup>	35.27 Cm <sup>2</sup>	20.04 Cm <sup>2</sup>	24.72 Cm <sup>2</sup>	34.18 Cm <sup>2</sup>	23.11 Cm <sup>2</sup>	16.49 Cm <sup>2</sup>	27.41 Cm <sup>2</sup>	27.09 Cm <sup>2</sup>
4	25.05 Cm <sup>2</sup>	47.50 Cm <sup>2</sup>	53.09 Cm <sup>2</sup>	23.14 Cm <sup>2</sup>	41.99 Cm <sup>2</sup>	36.43 Cm <sup>2</sup>	16.14 Cm <sup>2</sup>	32.34 Cm <sup>2</sup>	33.18 Cm <sup>2</sup>
5	21.54 Cm <sup>2</sup>	28.77 Cm <sup>2</sup>	31.92 Cm <sup>2</sup>	24.40 Cm <sup>2</sup>	51.22 Cm <sup>2</sup>	51.30 Cm <sup>2</sup>	18.43 Cm <sup>2</sup>	35.97 Cm <sup>2</sup>	35.79 Cm <sup>2</sup>
6	15.80 Cm <sup>2</sup>	26.58 Cm <sup>2</sup>	39.60 Cm <sup>2</sup>	23.03 Cm <sup>2</sup>	42.60 Cm <sup>2</sup>	49.82 Cm <sup>2</sup>	13.88 Cm <sup>2</sup>	39.02 Cm <sup>2</sup>	43.56 Cm <sup>2</sup>
7	31.60 Cm <sup>2</sup>	39.75 Cm <sup>2</sup>	50.09 Cm <sup>2</sup>	19.27 Cm <sup>2</sup>	33.74 Cm <sup>2</sup>	46.55 Cm <sup>2</sup>	24.83 Cm <sup>2</sup>	45.09 Cm <sup>2</sup>	41.54 Cm <sup>2</sup>
Jumlah	109.55 Cm <sup>2</sup>	177.87 Cm <sup>2</sup>	194.74 Cm <sup>2</sup>	114.56 Cm <sup>2</sup>	203.73 Cm <sup>2</sup>	207.21 Cm <sup>2</sup>	89.77 Cm <sup>2</sup>	179.83 Cm <sup>2</sup>	181.16 Cm <sup>2</sup>
Rata-Rata	32.144 Cm <sup>2</sup>			41.018 Cm <sup>2</sup>			30.050 Cm <sup>2</sup>		

**Tabel 2.**  
**Luas Daun Angsana Di Jalan Endro Suratmin**

Ibu Tangkai Ke-	Jl. Endro Suratmin.1			Jl. Endro Suratmin.2			Jl. Endro Suratmin.3		
	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung
3	32.37 Cm <sup>2</sup>	51.59 Cm <sup>2</sup>	47.67 Cm <sup>2</sup>	5.44 Cm <sup>2</sup>	14.41 Cm <sup>2</sup>	12.46 Cm <sup>2</sup>	16.00 Cm <sup>2</sup>	24.84 Cm <sup>2</sup>	28.42 Cm <sup>2</sup>
4	26.23 Cm <sup>2</sup>	47.25 Cm <sup>2</sup>	45.75 Cm <sup>2</sup>	13.63 Cm <sup>2</sup>	24.96 Cm <sup>2</sup>	29.45 Cm <sup>2</sup>	27.70 Cm <sup>2</sup>	31.88 Cm <sup>2</sup>	45.34 Cm <sup>2</sup>
5	27.07 Cm <sup>2</sup>	53.63 Cm <sup>2</sup>	49.56 Cm <sup>2</sup>	14.39 Cm <sup>2</sup>	25.20 Cm <sup>2</sup>	34.70 Cm <sup>2</sup>	17.61 Cm <sup>2</sup>	34.80 Cm <sup>2</sup>	37.96 Cm <sup>2</sup>
6	24.22 Cm <sup>2</sup>	48.74 Cm <sup>2</sup>	52.57 Cm <sup>2</sup>	11.41 Cm <sup>2</sup>	35.36 Cm <sup>2</sup>	43.85 Cm <sup>2</sup>	23.20 Cm <sup>2</sup>	37.33 Cm <sup>2</sup>	52.61 Cm <sup>2</sup>
7	26.01 Cm <sup>2</sup>	41.32 Cm <sup>2</sup>	53.16 Cm <sup>2</sup>	4.05 Cm <sup>2</sup>	27.99 Cm <sup>2</sup>	33.81 Cm <sup>2</sup>	15.01 Cm <sup>2</sup>	36.71 Cm <sup>2</sup>	36.67 Cm <sup>2</sup>
Jumlah	134.9 Cm <sup>2</sup>	242.53 Cm <sup>2</sup>	248.71 Cm <sup>2</sup>	48.92 Cm <sup>2</sup>	127.92 Cm <sup>2</sup>	154.27 Cm <sup>2</sup>	99.52 Cm <sup>2</sup>	165.2 Cm <sup>2</sup>	201 Cm <sup>2</sup>
Rata-Rata	41.742 Cm <sup>2</sup>			22.074 Cm <sup>2</sup>			31.048 Cm <sup>2</sup>		

## Lampiran 4

**Tabel 3.**  
**Indeks Stomata Angsana Di Jalan Teuku Umar**

Ibu Tangkai Ke-	Jl. Teuku Umar.1			Jl. Teuku Umar.2			Jl. Teuku Umar.3		
	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung
3	7.27	7.28	8.95	7.03	6.46	5.58	6.56	6.54	7.23
4	5.14	7.18	5.86	5.91	8.45	6.38	5.52	6.84	7.63
5	7.82	7.01	6.60	7.75	6.14	6.71	7.40	7.22	6.43
6	6.26	8.24	8.01	5.92	5.75	8.28	6.26	7.67	6.08
7	6.60	8.40	8.43	6.97	7.34	6.11	6.73	8.26	6.57
Jumlah	33.09	38.11	37.85	33.58	34.14	33.06	32.47	36.53	33.94
Rata-Rata		7.27			6.71			6.86	

**Tabel 4.**  
**Indeks Stomata Daun Angsana Di Jalan Endro Suratmin**

Ibu Tangkai Ke-	Jl. Endro Suratmin .1			Jl. Endro Suratmin.2			Jl. Endro Suratmin.3		
	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung
3	11.2	10.09	8.82	10.32	10.85	8.74	12.59	8.93	9.41
4	7.80	8.95	11.68	10.58	8.92	10.42	12.13	10.21	11.39
5	10.25	11.60	12.88	9.67	8.98	11.03	8.60	11.40	9.75
6	10.10	8.97	11.17	9.91	8.40	7.35	8.35	9.31	7.74
7	8.97	11.42	10.52	7.48	8.17	8.33	6.35	8.09	9.60
Jumlah	48.32	51.03	55.07	47.96	45.32	45.87	48.02	47.94	47.89
Rata-Rata		10.28			9.27			9.59	

**Tabel 5.**  
**Jumlah Rata-Rata Luas Daun Angsana Di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin**

No	Jalan	Rata-Rata Luas Daun Di Setiap Lokasi			Rata-Rata
		Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3	
1	Teuku Umar	32.144 Cm <sup>2</sup>	41.018 Cm <sup>2</sup>	30.050 Cm <sup>2</sup>	34.404 Cm <sup>2</sup>
2	Endro Suratmin	41.742 Cm <sup>2</sup>	22.074 Cm <sup>2</sup>	31.048 Cm <sup>2</sup>	31.621 Cm <sup>2</sup>

**Tabel 6.**  
**Jumlah Rata-Rata Indeks Stomata Daun Angsana Di Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin**

No	Jalan	Rata-Rata Indeks Stomata Di Setiap Lokasi			Rata-Rata
		Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3	
1	Teuku Umar	7,27	6,71	6,86	6,94
2	Endro Suratmin	10,28	9,27	9,59	9,71

**Tabel 7.**  
**Jumlah Stomata, Epidermis, Trikoma Kelenjar Dan Trikoma Non Kelenjar**  
**Pada Daun Angsana Di Jl. Teuku Umar**

Tangkai	Keterangan	Jl. Teuku Umar.1					Jl. Teuku Umar.2					Jl. Teuku Umar.3		
		Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	
3	Stomata	27	26	30	24	26	22	26	22	26	28	32	410	
	Epidermis	344	331	305	317	376	372	370	370	400	400	410		
	Trikoma Kelenjar	0	2	1	0	0	0	4	0	2	2	0		
4	Trikoma Non Kelenjar	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2			
	Stomata	20	23	18	22	24	20	21	26	26	31	375		
	Epidermis	369	297	289	350	260	293	359	354	354	375			
5	Trikoma Kelenjar	1	1	1	0	1	0	4	3	1				
	Trikoma Non Kelenjar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
	Stomata	22	19	21	27	21	20	28	26	26	26	378		
6	Epidermis	259	252	297	321	321	278	350	334	334	378			
	Trikoma Kelenjar	3	0	2	0	0	0	1	2	0	0			
	Trikoma Non Kelenjar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3			
7	Stomata	25	24	25	25	19	28	24	29	28	28	432		
	Epidermis	314	266	287	397	311	310	359	349	349	432			
	Trikoma Kelenjar	1	1	2	2	1	0	1	0	0	3			
7	Trikoma Non Kelenjar	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0			
	Stomata	23	29	21	24	23	20	25	30	30	30	426		
	Epidermis	325	316	228	320	290	307	346	333	333	426			
7	Trikoma Kelenjar	0	1	1	3	1	1	3	0	0	0			
	Trikoma Non Kelenjar	0	0	1	0	0	0	1	2	1	1			

**Tabel 8.**  
**Jumlah Stomata, Epidermis, Trikoma Kelenjar Dan Trikoma Non Kelenjar**  
**Pada Daun Angsana Di Jl. Endro Suratmin**

Tangkai	Keterangan	Jl. Endro Suratmin.1				Jl. Endro Suratmin.2				Jl. Endro Suratmin.3			
		Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung
3	Stomata	28	22	18	19	24	23	32	26	32	32	26	32
	Epidermis	222	196	186	165	197	240	222	271	308	0	0	0
	Trikoma Kelenjar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Trikoma Non Kelenjar	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Stomata	22	24	27	18	25	27	33	28	36	22	24	28
	Epidermis	260	244	204	152	255	232	239	246	280	0	0	0
5	Trikoma Kelenjar	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	Trikoma Non Kelenjar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Stomata	24	26	25	24	23	31	24	30	31	0	0	0
6	Epidermis	210	198	169	224	233	250	255	233	340	0	0	0
	Trikoma Kelenjar	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	Trikoma Non Kelenjar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Stomata	20	22	19	24	21	20	28	27	23	178	223	151
	Epidermis	178	223	151	218	229	252	259	263	274	0	1	0
	Trikoma Kelenjar	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
7	Trikoma Non Kelenjar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Stomata	21	24	20	25	26	25	23	28	32	21	24	28
	Epidermis	213	186	170	309	292	275	339	318	301	0	0	0
7	Trikoma Kelenjar	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Trikoma Non Kelenjar	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

## Lampiran 7

## Alat dan Bahan



Toples



Alkohol



Formalin



Asam Asetat



Gelas Ukur



Pipet Tetes



Gunting



Cover Glass



Gelas Objek



Milimeter Blok



Kertas Label



Cawan Petri



Gleserin 30%



Larutan Pemutih



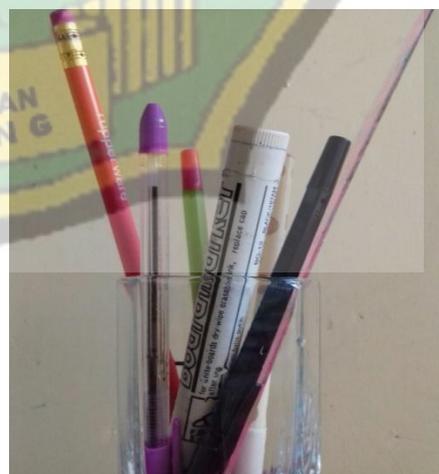
Tisu



Alat Penghitung Kendaraan



Mikroskop Cahaya



Alat Tulis Menulis



Camera HP



Pewarna Safranin 1%



Meteran



Silet



Daun Angsana



Asam Nitrat

Lampiran 8

Foto Menghitung Kendaraan



Jl. Teuku Umar, lokasi 1



Jl. Teuku Umar, lokasi 2



Jl. Teuku Umar, lokasi 3



Jl. Endro Suratmin, lokasi 1



Jl. Endro Suratmin, lokasi 2



Jl. Endro Suratmin, lokasi 3

## Lampiran 9

## Foto Pengambilan Sampel Daun Angsana



Pada Jl.Teuku Umar, lokasi 1



Pada Jl.Teuku Umar, lokasi 2



Pada Jl. Teuku Umar, lokasi 3



Pada Jl. Endro Suratmin, Lokasi 1



Pada Jl. Endro Suratmin, Lokasi 2



Pada Jl. Endro Suratmin, Lokasi 3

Lampiran 10

**Foto Keadaan Daun Angsana**



Pada Jl.Teuku Umar, lokasi 1



Pada Jl.Teuku Umar, lokasi 2



Pada Jl. Teuku Umar, lokasi 3



Pada Jl. Endro Suratmin, Lokasi 1



Pada Jl. Endro Suratmin, Lokasi 2



Pada Jl. Endro Suratmin, Lokasi 3

## Lampiran 11

## Foto Penelitian



Daun dibersihkan menggunakan tisu



Membuat larutan FAA



Daun difiksasi dengan larutan FAA



Pemberian keterangan daun pada toples



Daun dibilas dengan alkohol



Daun dibilas dengan akuades



Gambar daun di kertas Milimeter blok



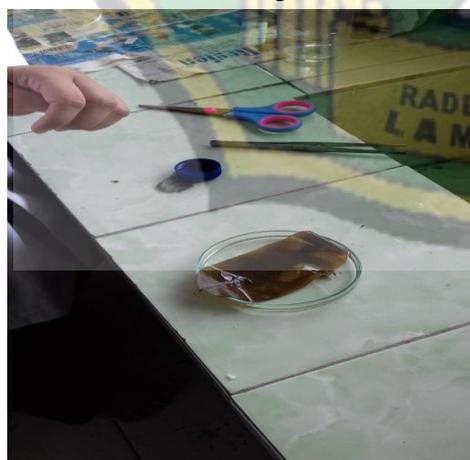
Daun direndam pada larutan asam nitrat



Pembilasan kembali dengan akuades  
Setelah di rendam dengan asam nitrat



Pengerikan daun



Daun direndam pada larutan pemutih



pembilasan dengan akuades setelah daun  
direndam dengan larutan pemutih



pemberian warna safranin 1%



Menggunting sampel dengan ukuran kecil



Meletakkan sampel di gelas objek yang telah diberi gliserin 30%



Pengamatan fokus mikroskop

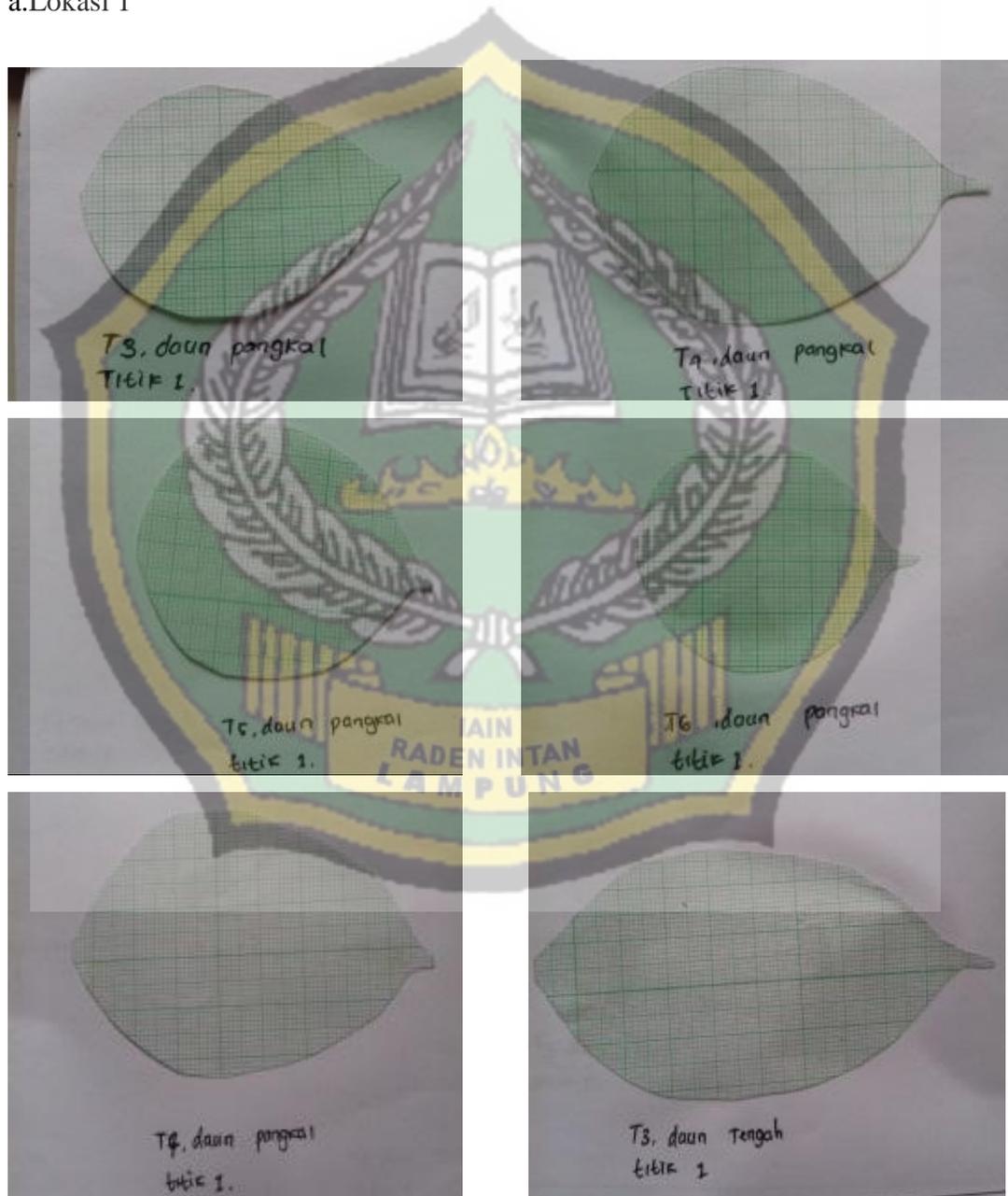


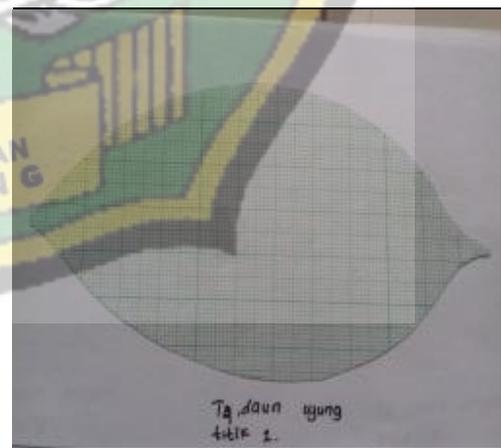
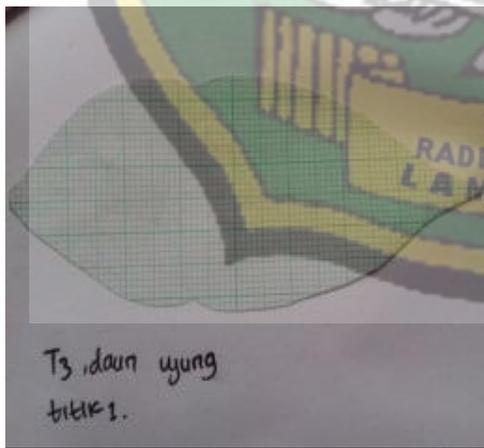
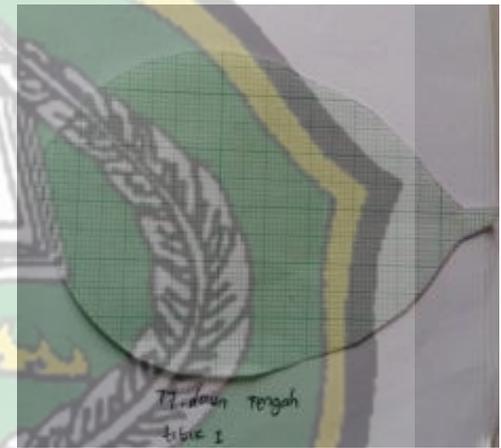
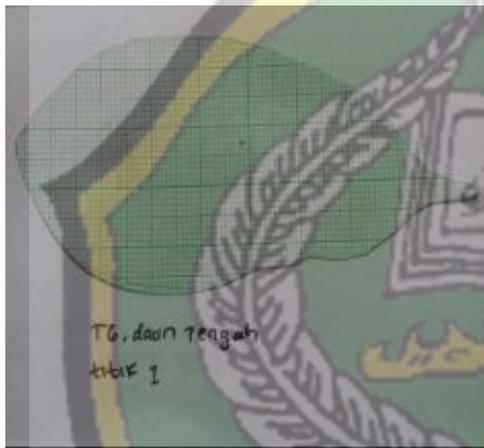
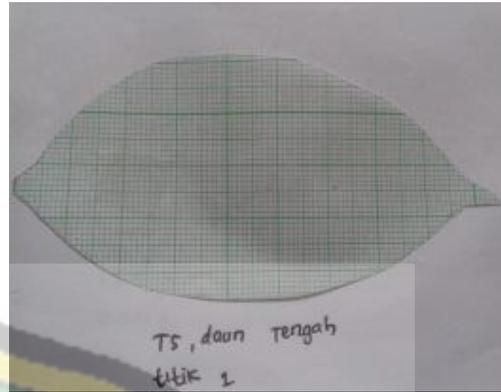
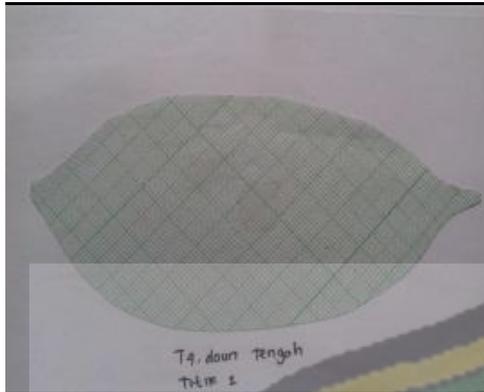
Pengambilan gambar

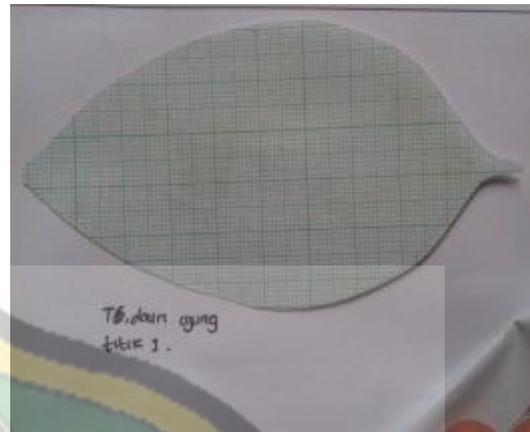
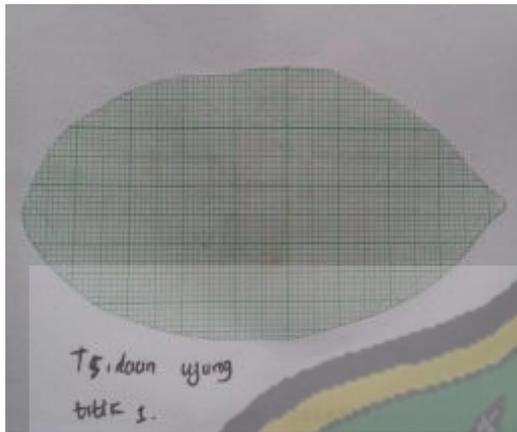
## Lampiran 12

**Gambar Luas Daun Angsana di Jl. Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin****A. Gambar Luas Daun Angsana di Jl. Teuku Umar**

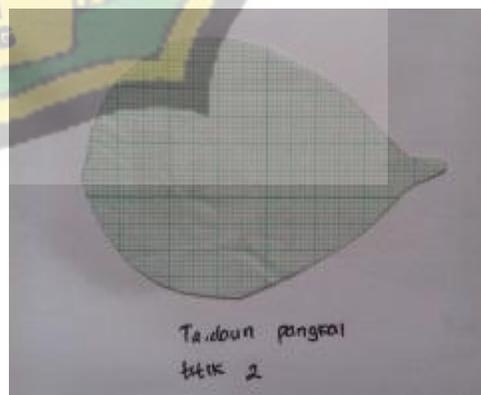
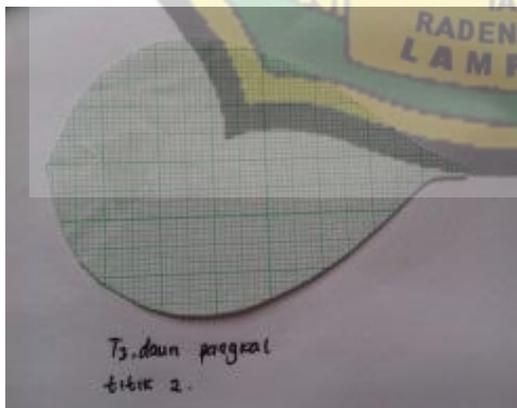
## a. Lokasi 1

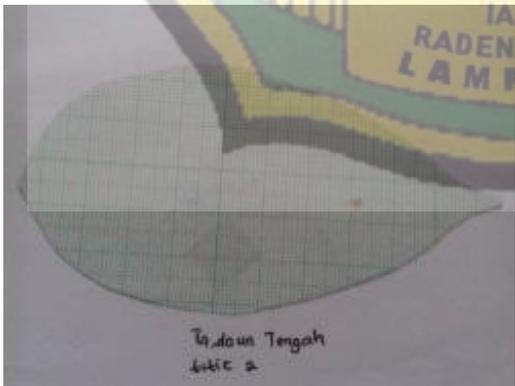
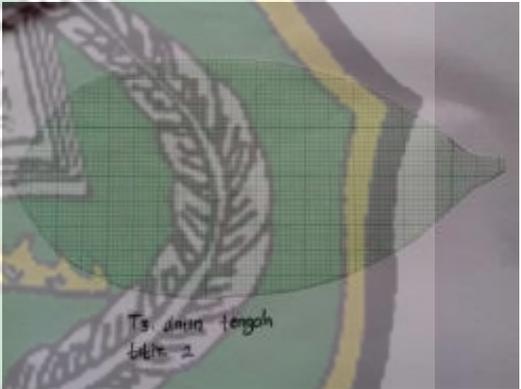
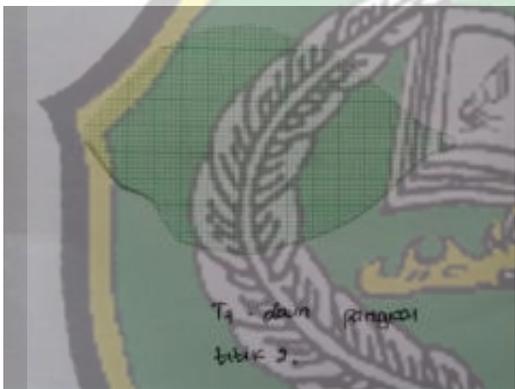
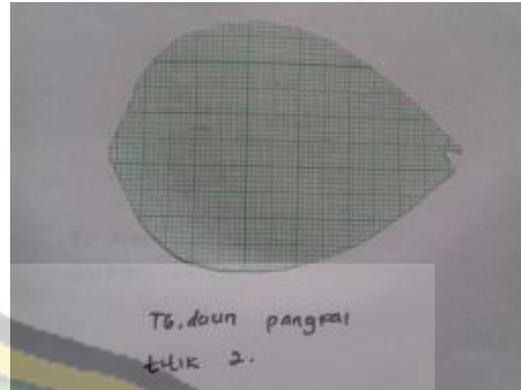
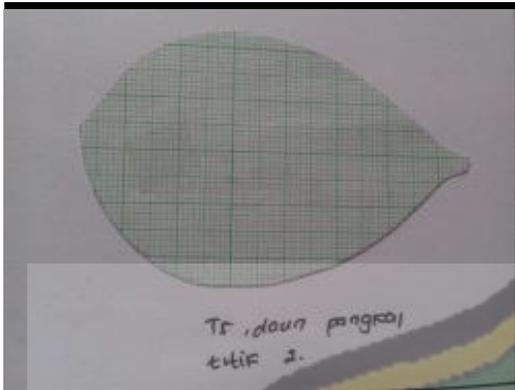


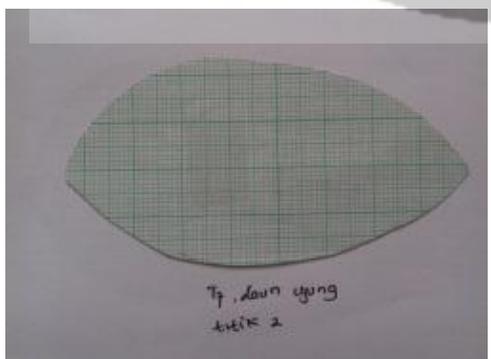
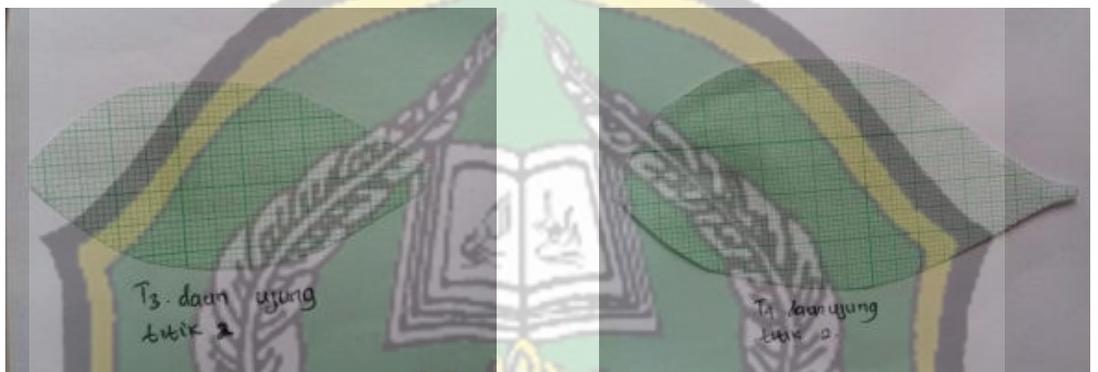
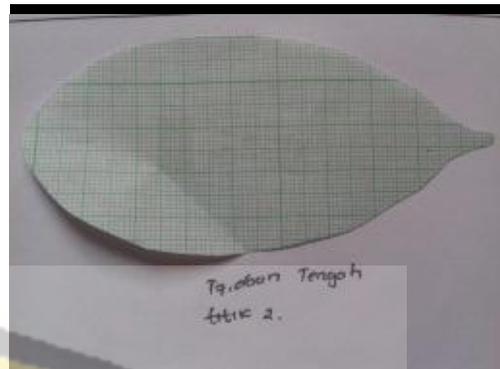
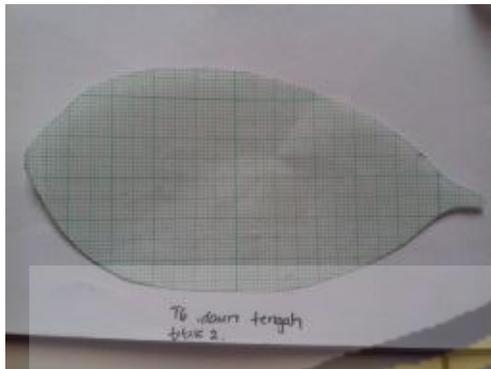




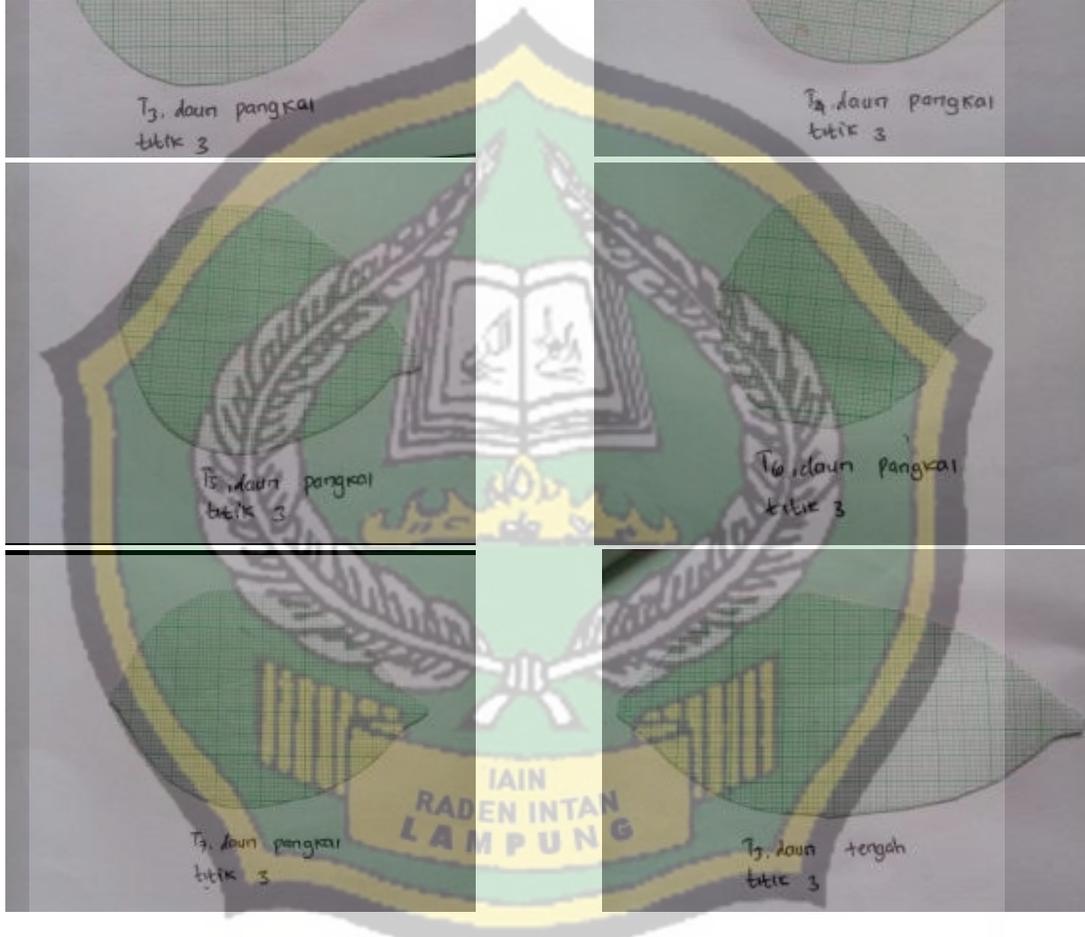
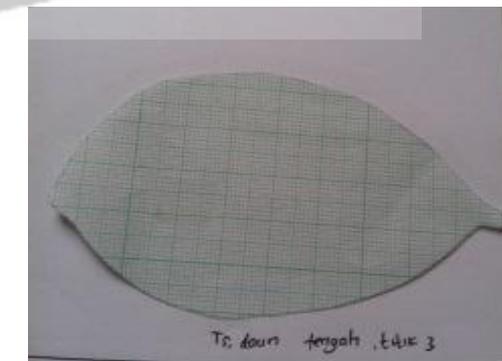
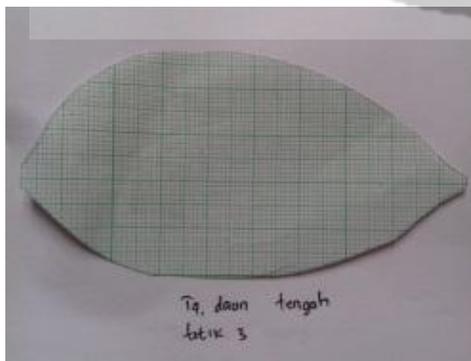
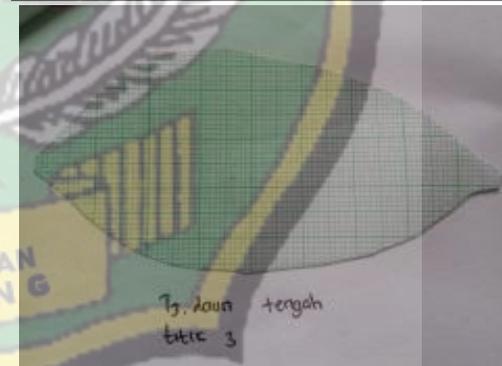
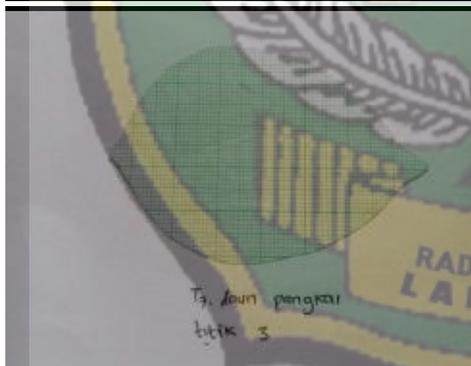
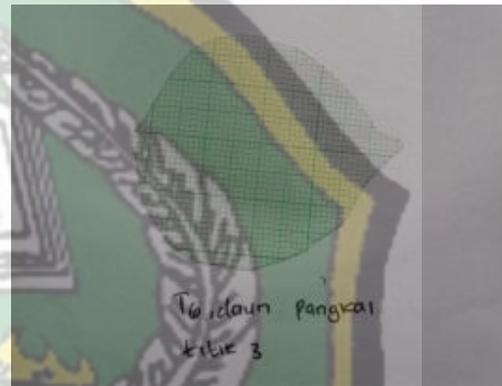
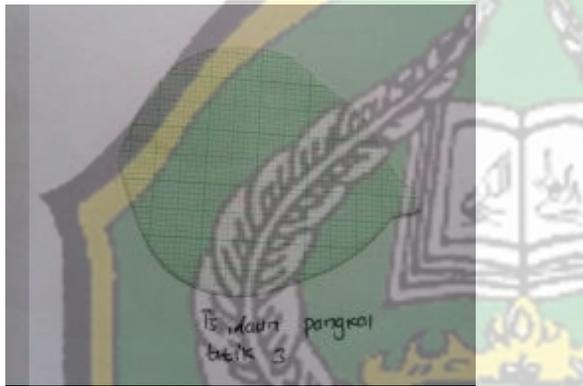
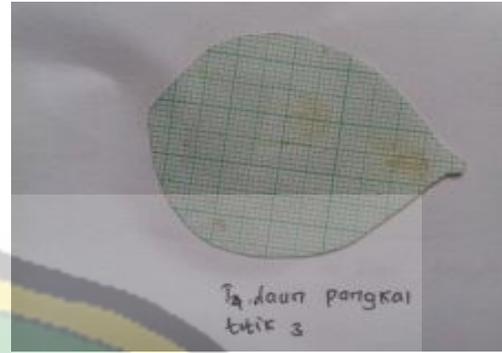
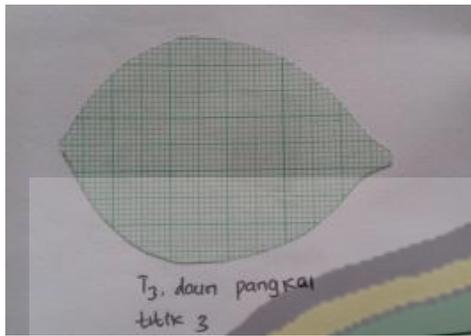
b.Lokasi 2

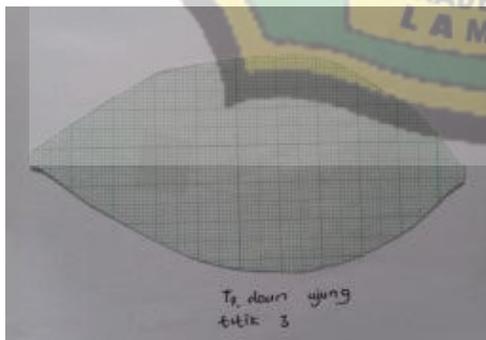
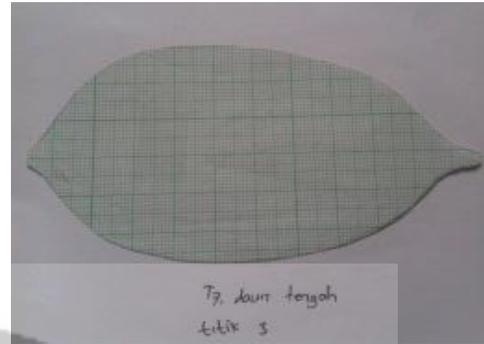
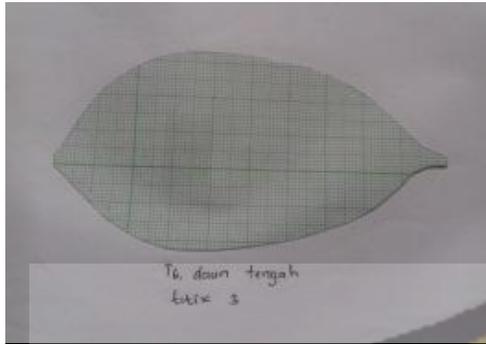






c.Lokasi 3

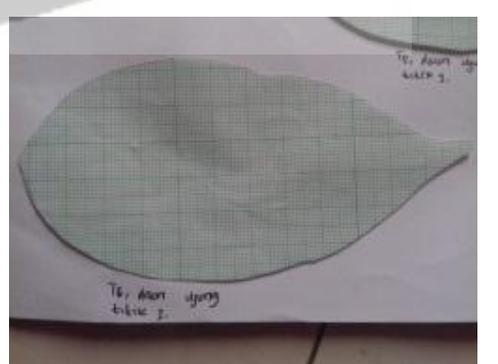
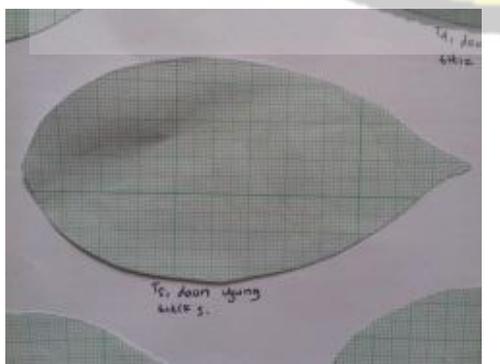
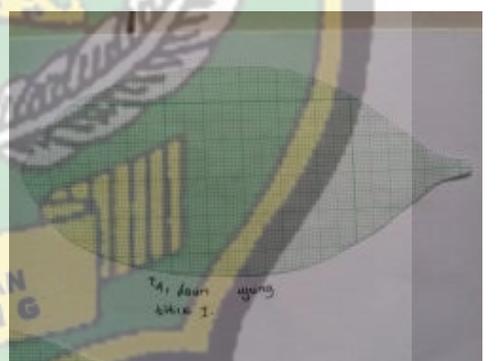
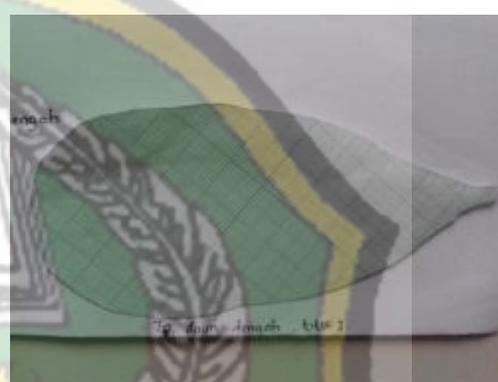
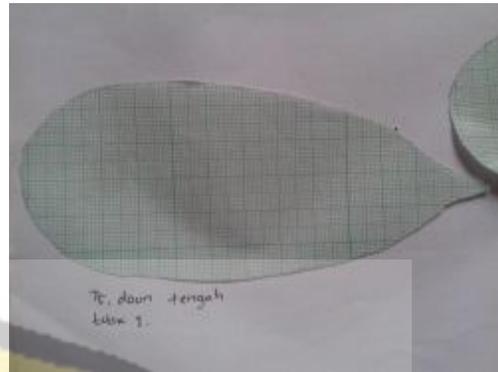
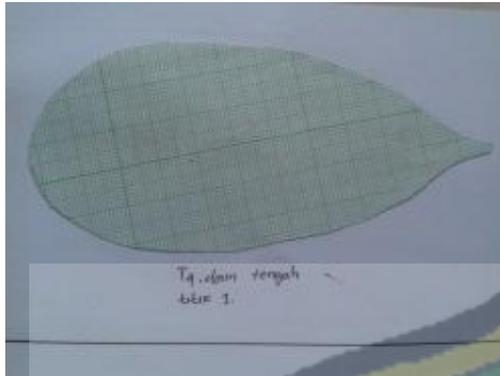


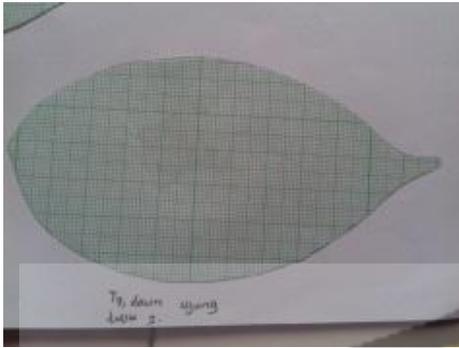


## B. Gambar Luas Daun Angsana di Jl. Endro Suratmin

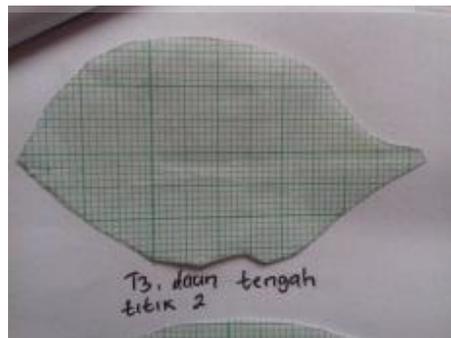
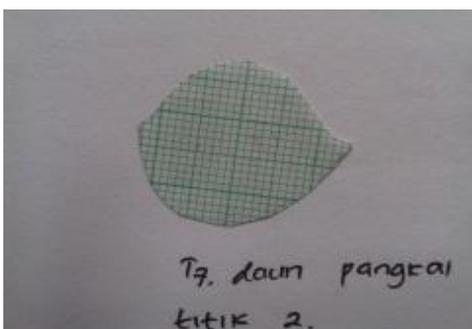
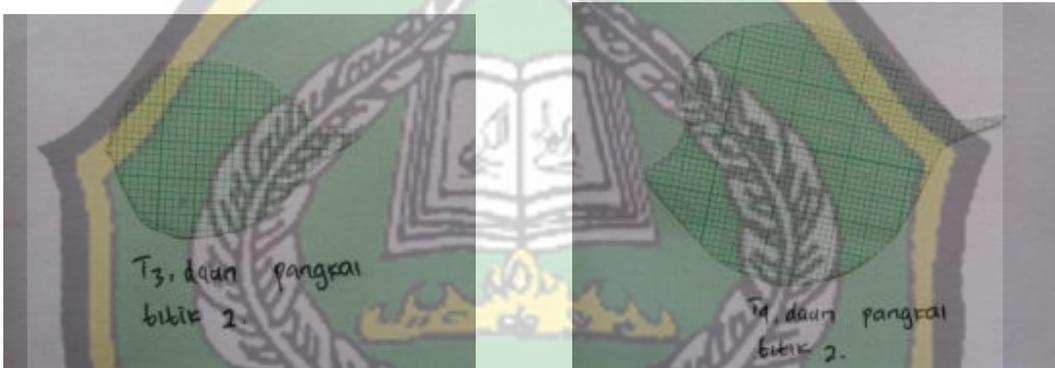
### a. Lokasi 1

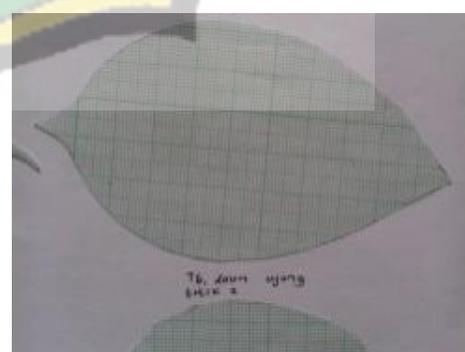
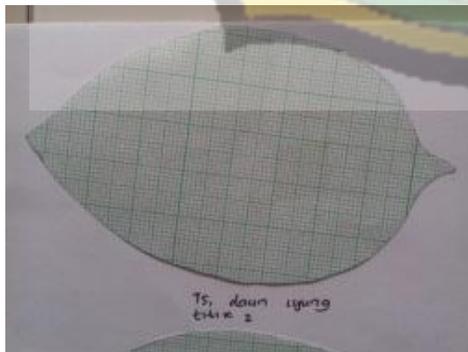
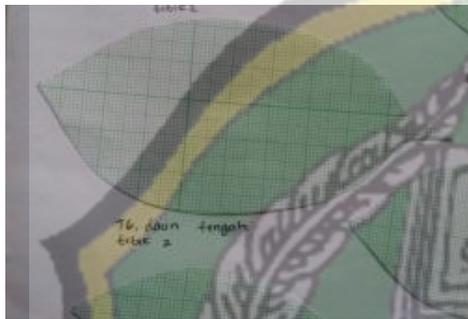
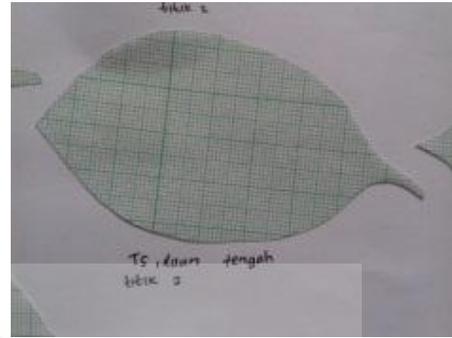
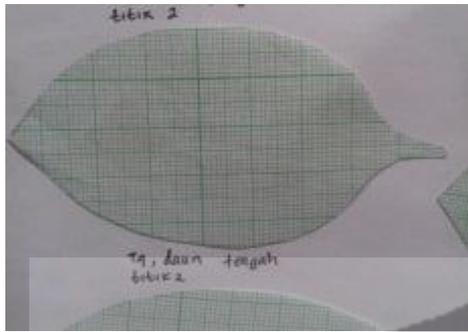


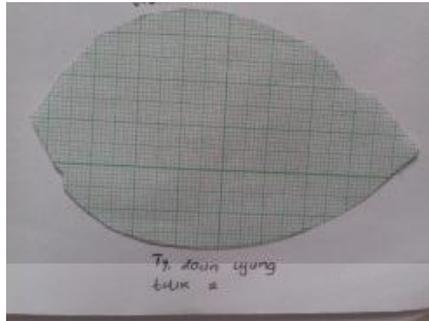




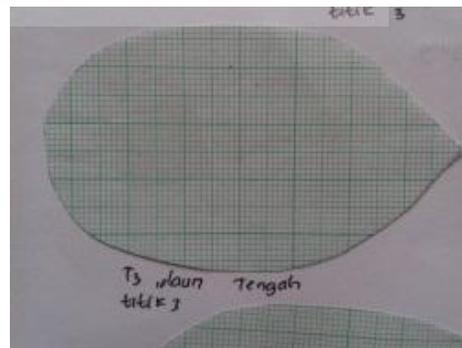
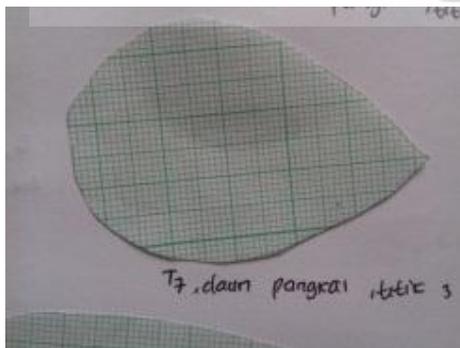
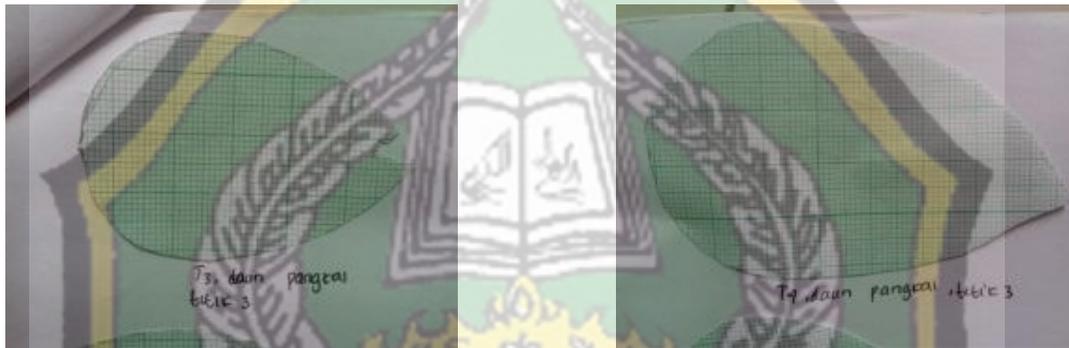
b.Lokasi 2

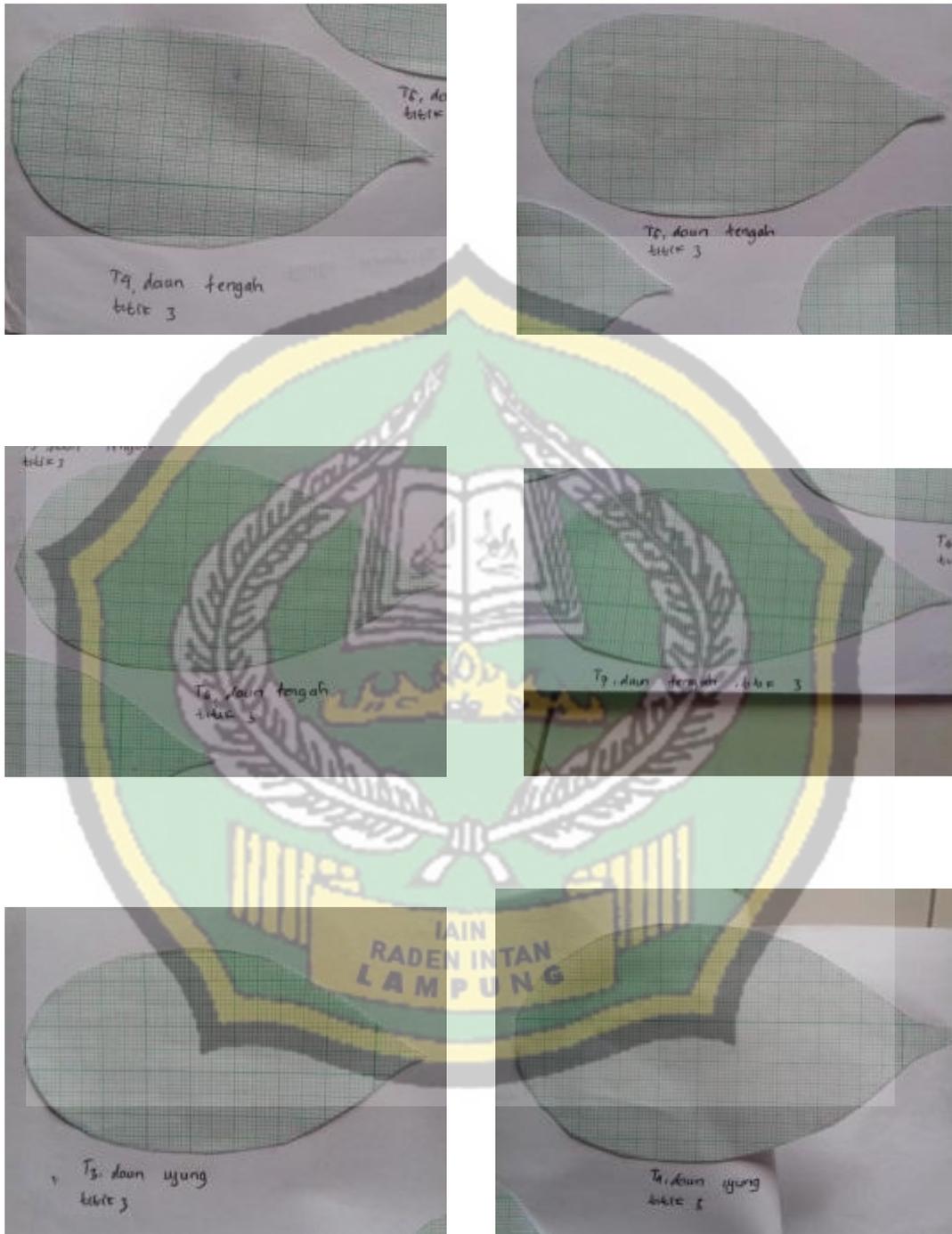


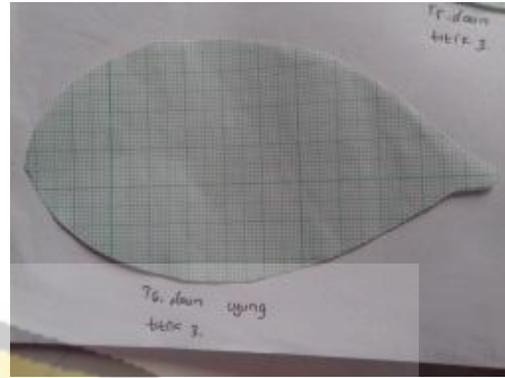
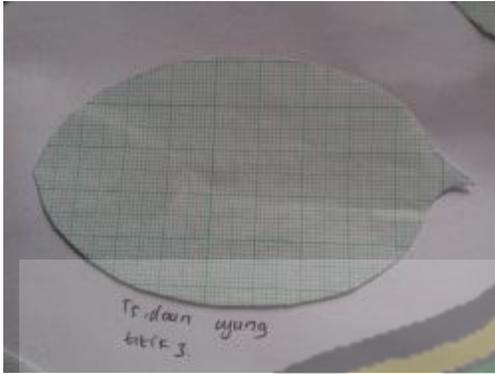




c.Lokasi 3







## Lampiran 13

**Gambar Hasil Penelitian Indeks Stomata Pada Tanaman Angsana****a. Sampel daun di Jalan Teuku Umar Lokasi 1**

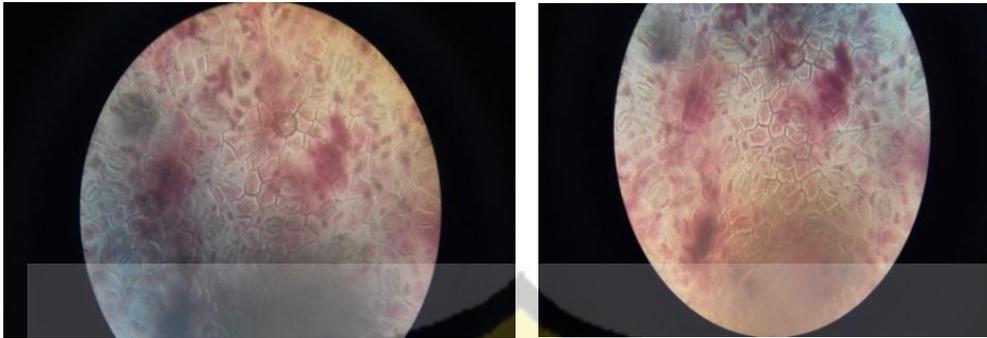
## 1. Tangkai 3 Daun Pangkal



## 2. Tangkai 4 Daun Pangkal



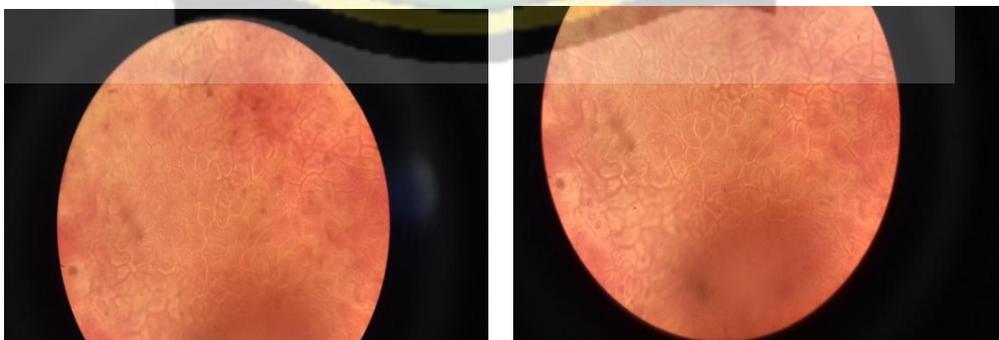
## 3. Tangkai 5 Daun Pangkal



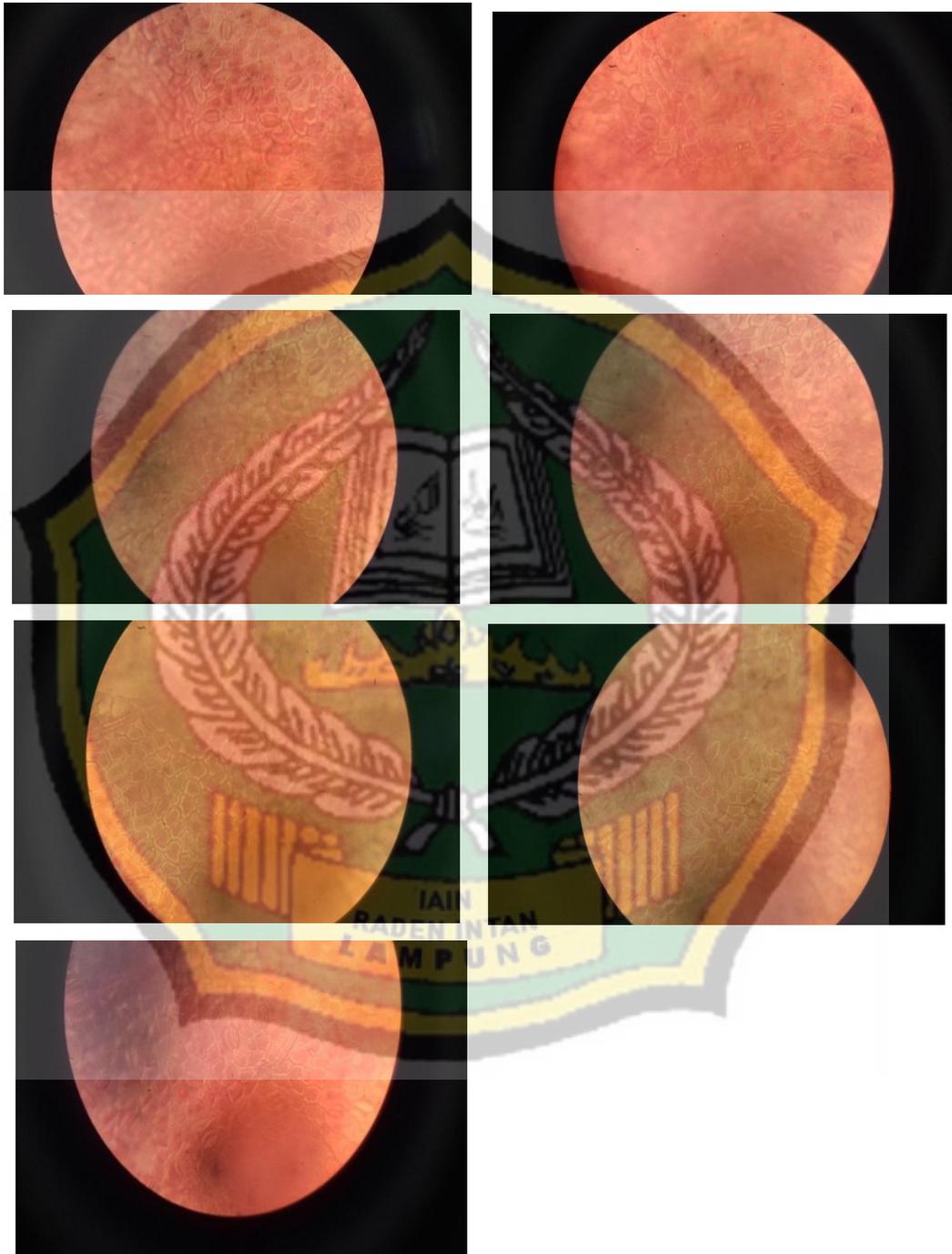
4. Tangkai 6 Daun Pangkal



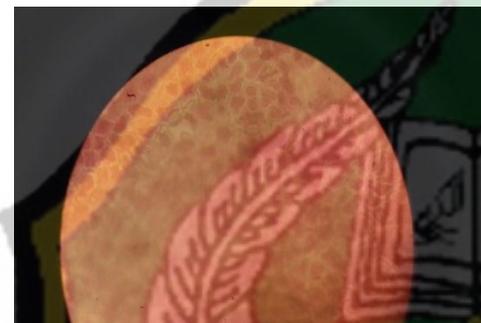
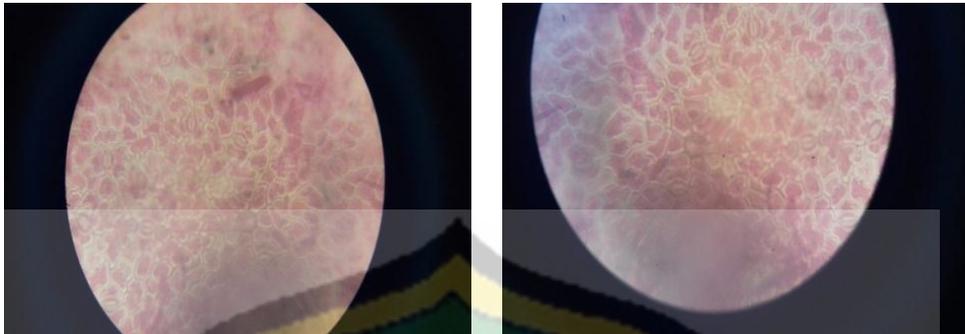
5. Tangkai 7 Daun Pangkal



6. Tangkai 3 Daun Tengah



7. Tangkai 4 Daun Tengah



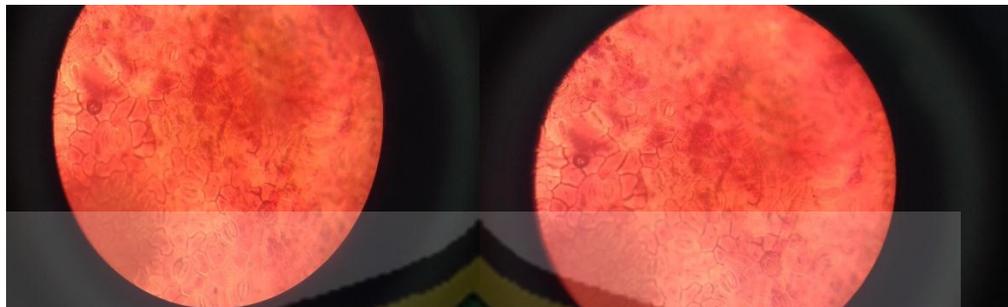
8. Tangkai 5 Daun Tengah



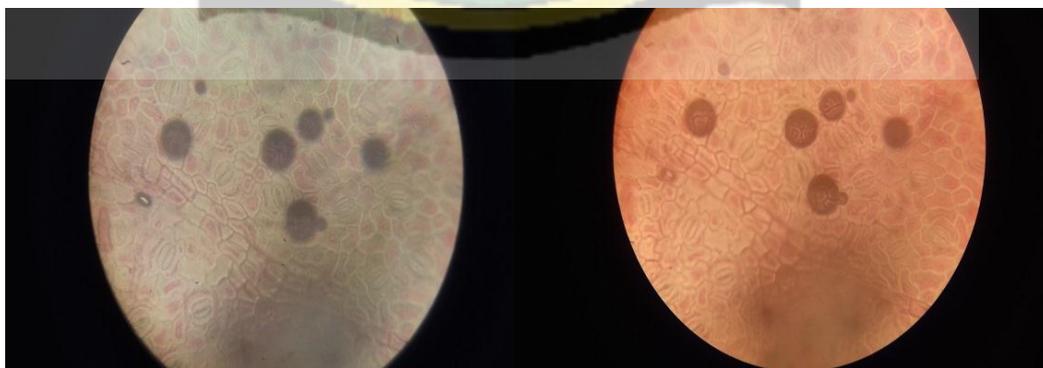
9. Tangkai 6 Daun Tengah

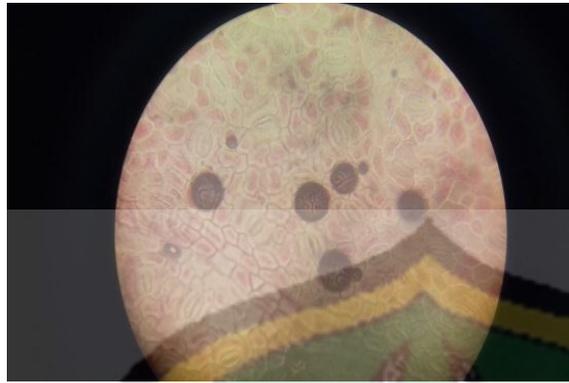


## 10. Tangkai 7 Daun Tengah

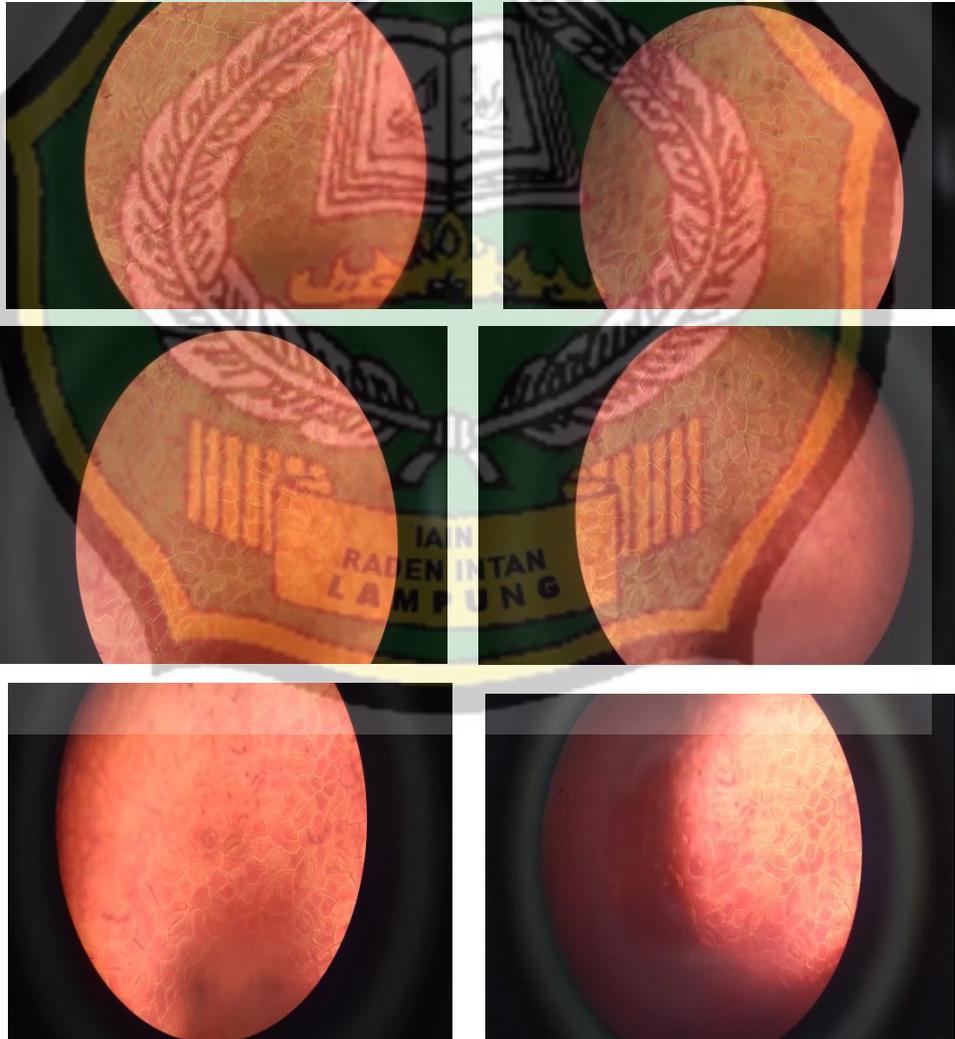


## 11. Tangkai 3 Daun Ujung

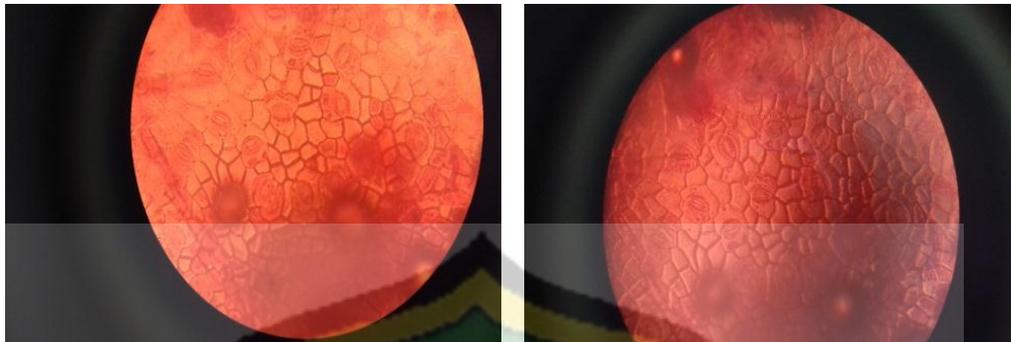




12. Tangkai 4 Daun Ujung



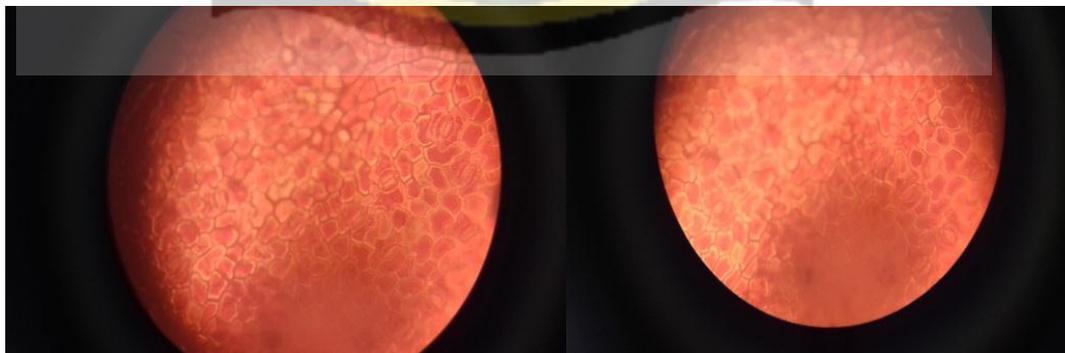
13. Tangkai 5 Daun Ujung

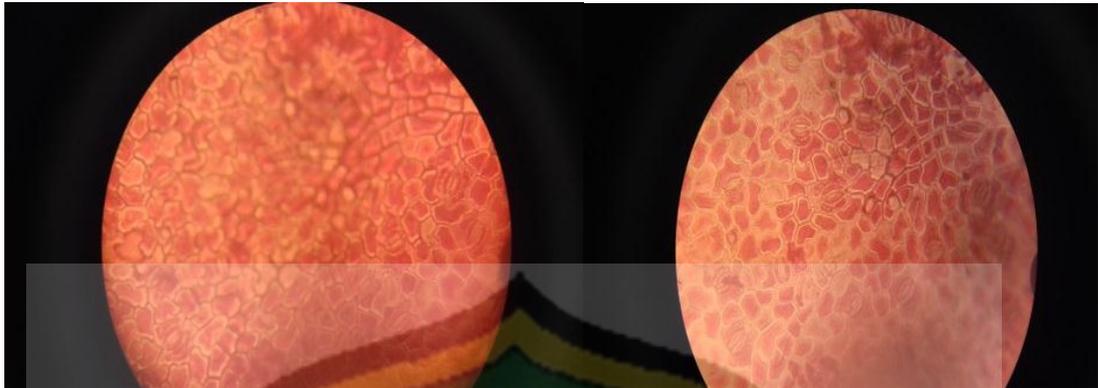


14. Tangkai 6 Daun Ujung



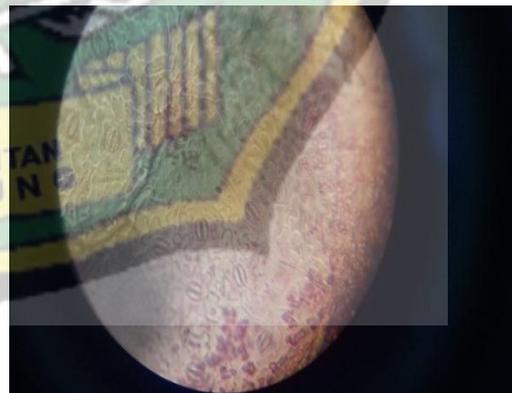
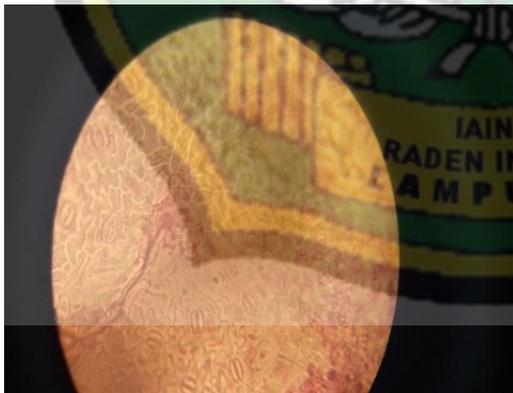
15. Tangkai 7 Daun Ujung

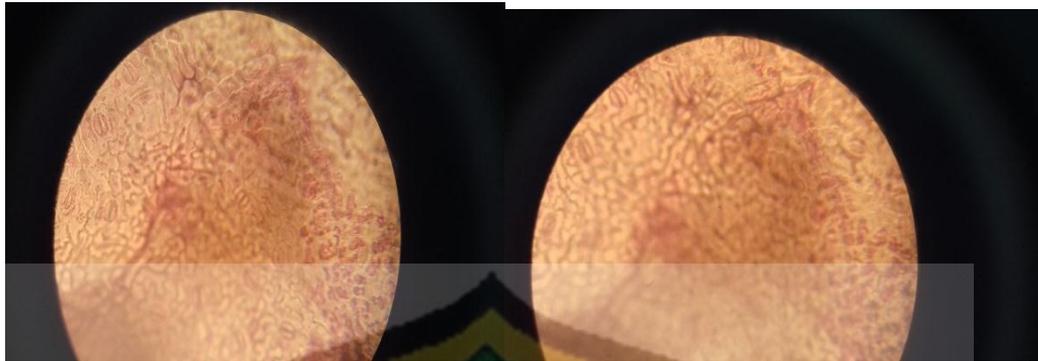




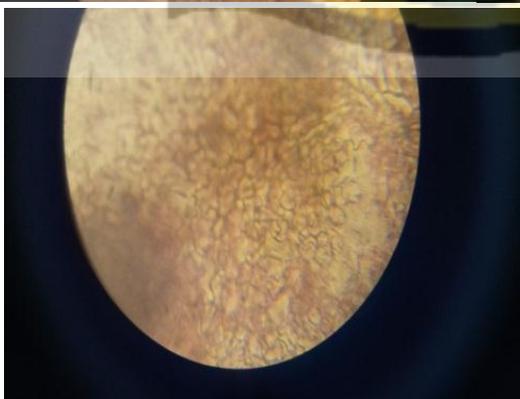
**b. Sampel daun di Jalan Teuku Umar Lokasi 2**

1. Tangkai 3 Daun Pangkal

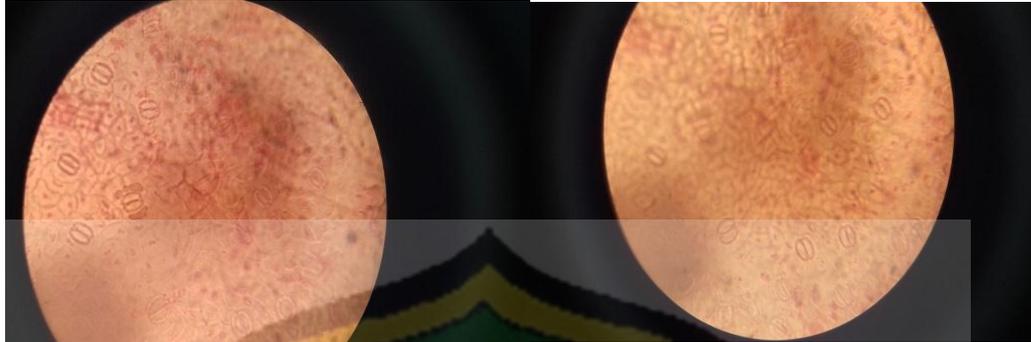




2. Tangkai 4 Daun Pangkal



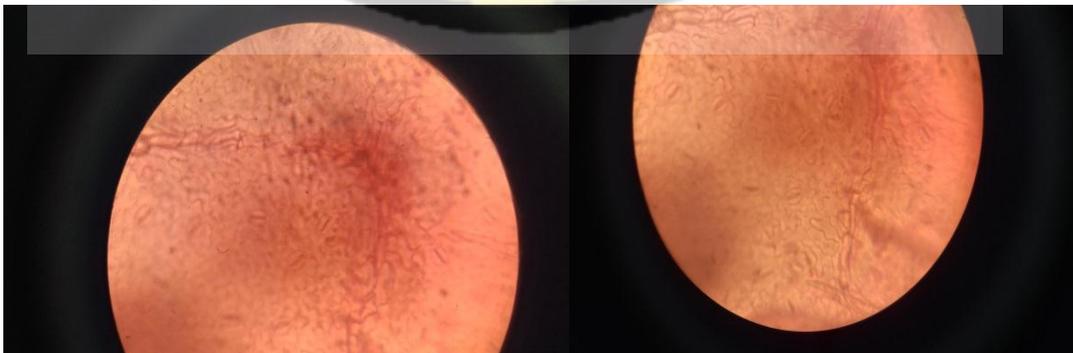
3. Tangkai 5 Daun Pangkal



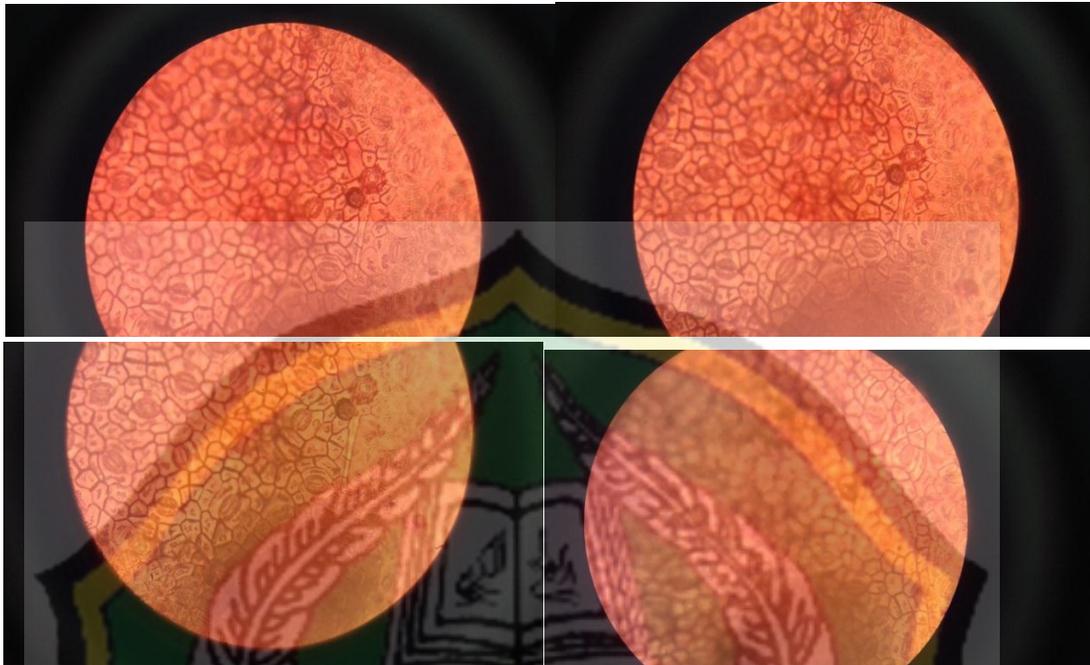
4. Tangkai 6 Daun Pangkal



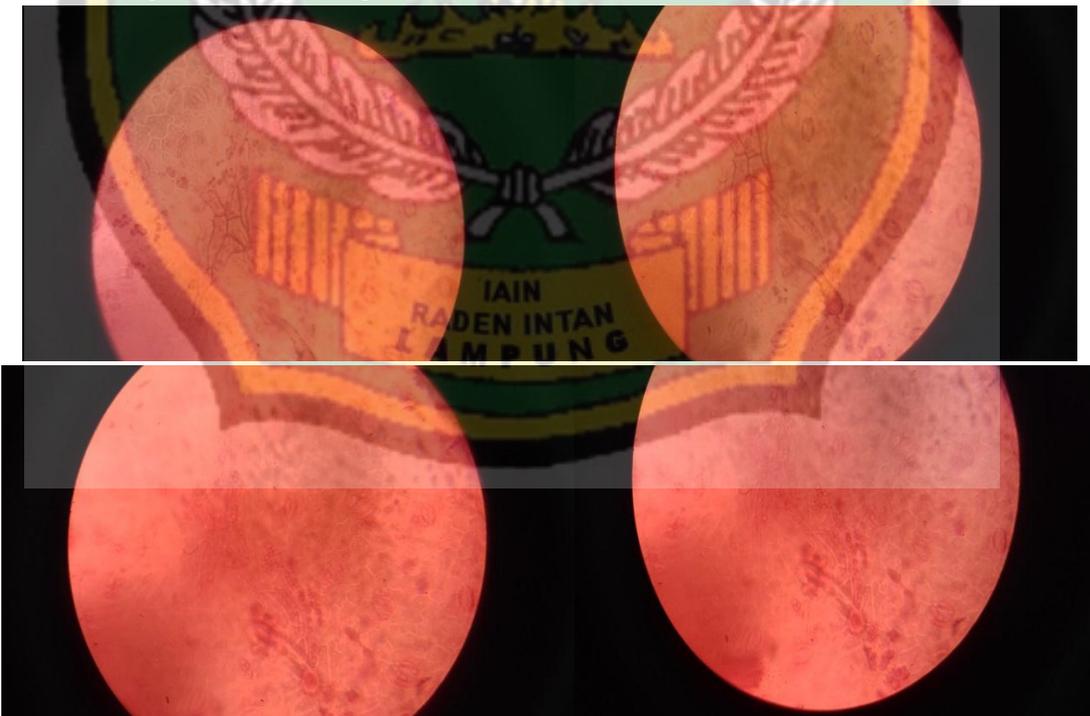
5. Tangkai 7 Daun Pangkal



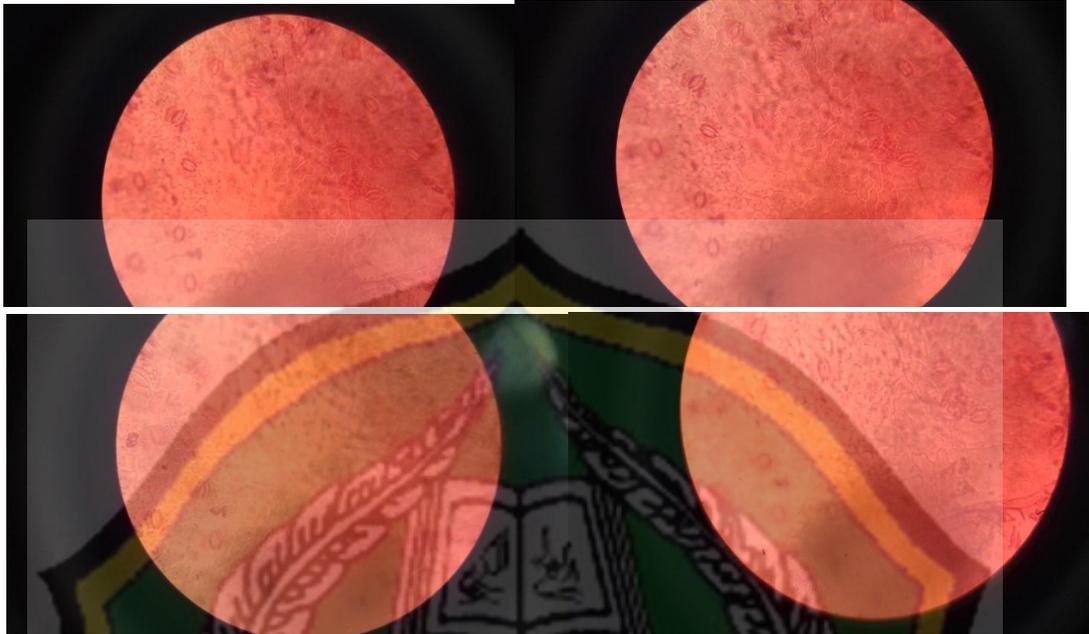
6. Tangkai 3 Daun Tengah



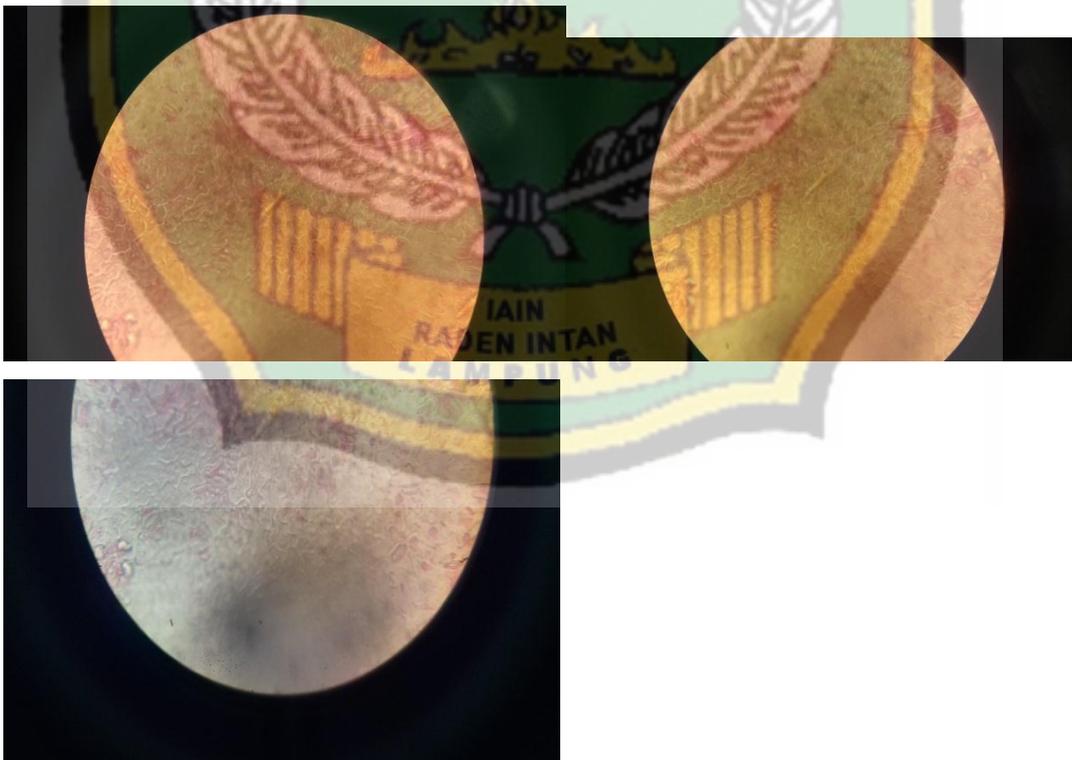
7. Tangkai 4 Daun Tengah



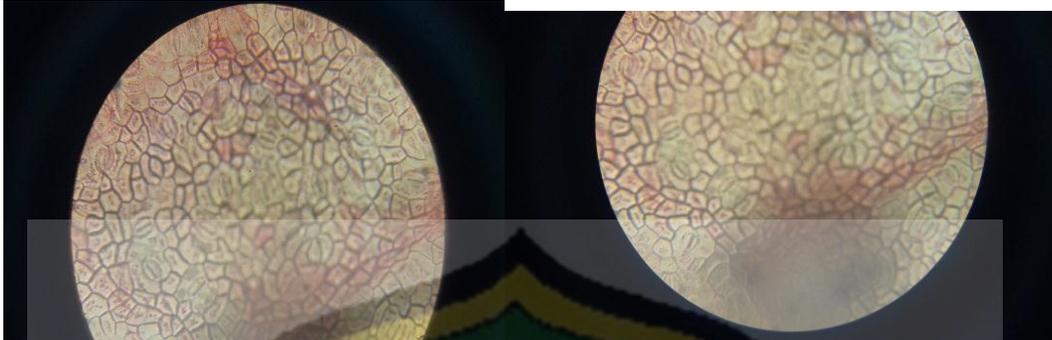
8. Tangkai 5 Daun Tengah



9. Tangkai 6 Daun Tengah



10. Tangkai 7 Daun Tengah



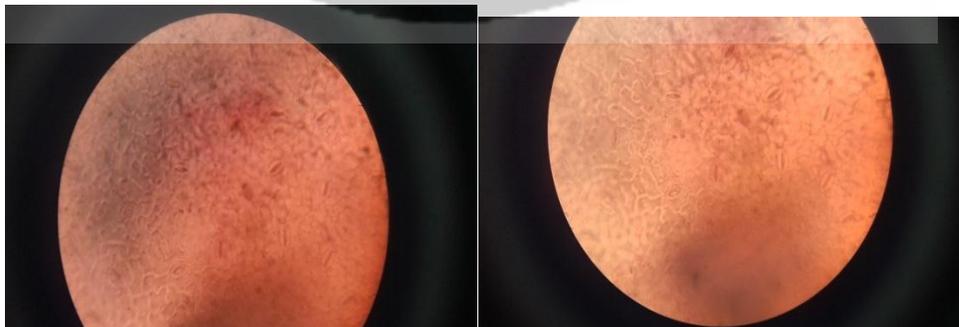
11. Tangkai 3 Daun Ujung



12. Tangkai 4 Daun Ujung



13. Tangkai 5 Daun Ujung



14. Tangkai 6 Daun Ujung



15. Tangkai 7 Daun Ujung

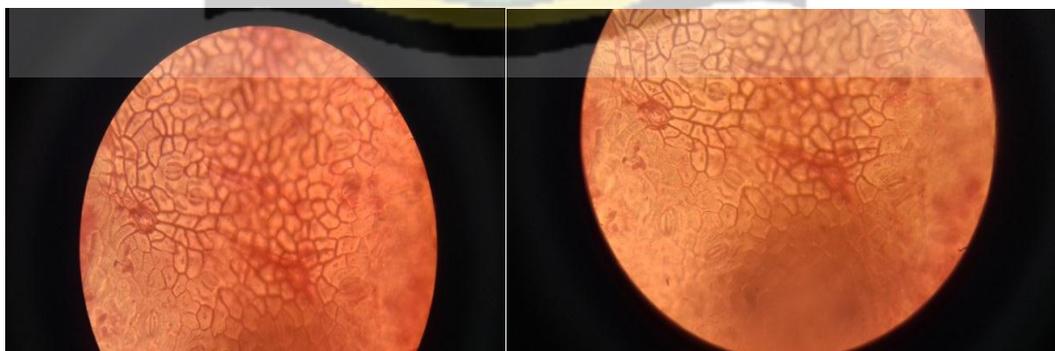


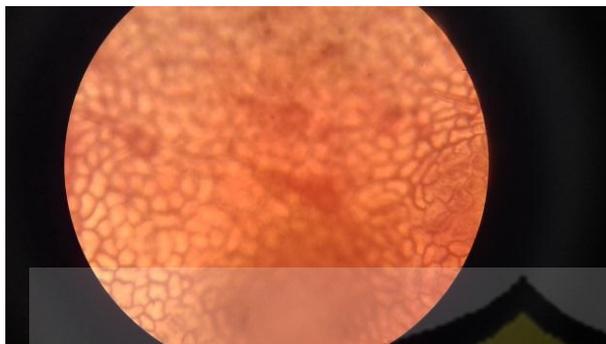
c. Sampel Daun Di Jalan Teuku Umar Lokasi 3

1. Tangkai 3 Daun Pangkal



2. Tangkai 4 Daun Pangkal



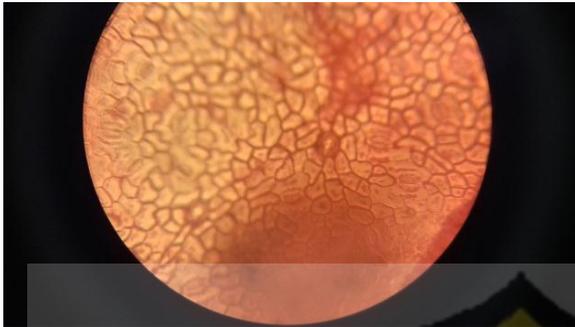


3. Tangkai 5 Daun Pangkal



4. Tangkai 6 Daun Pangkal





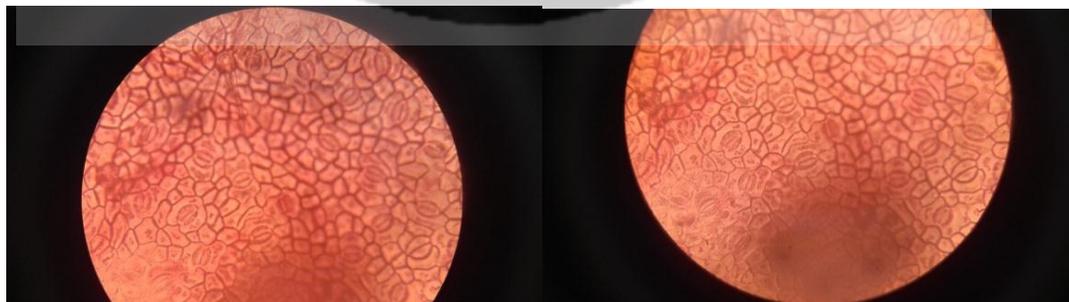
5. Tangkai 7 Daun Pangkal



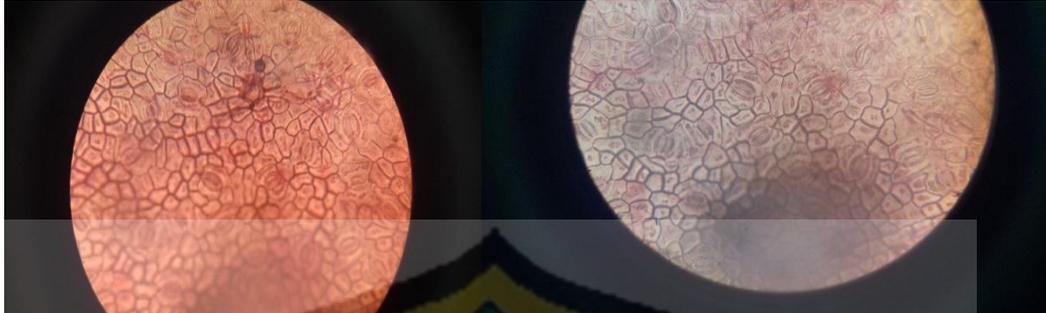
6. Tangkai 3 Daun Tengah



7. Tangkai 4 Daun Tengah



8. Tangkai 5 Daun Tengah



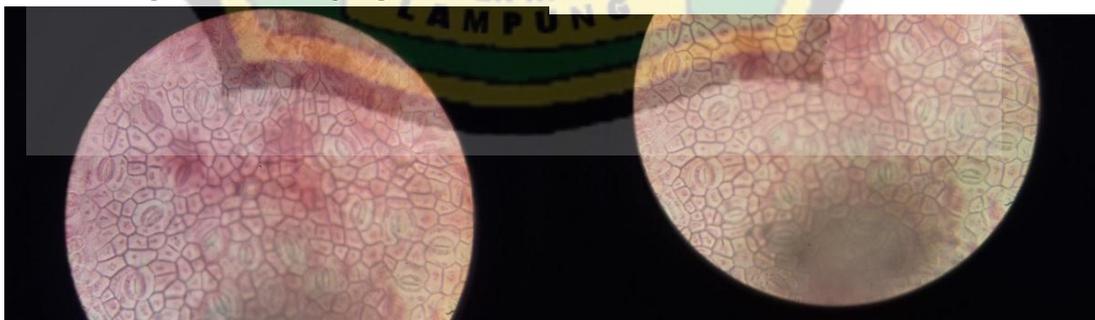
9. Tangkai 6 Daun Tengah



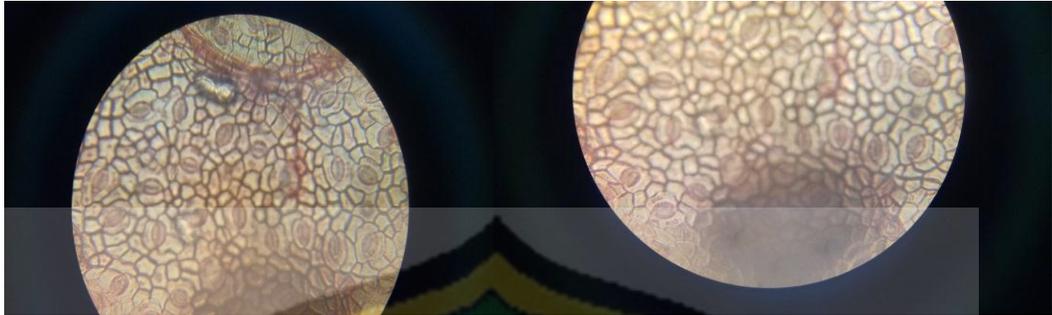
10. Tangkai 7 Daun Tengah



11. Tangkai 3 Daun Ujung



12. Tangkai 4 Daun Ujung



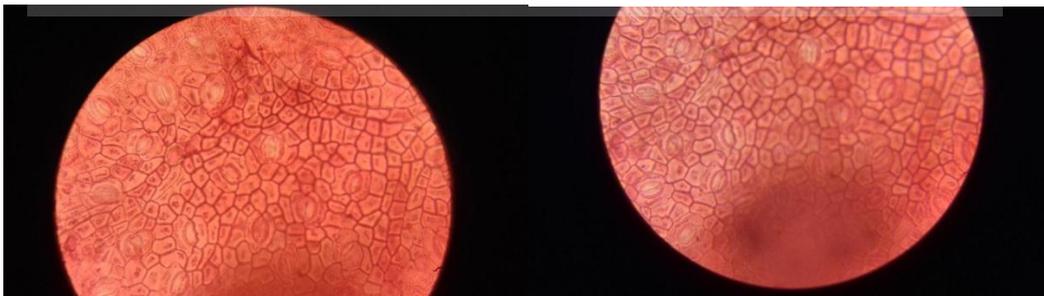
13. Tangkai 5 Daun Ujung



14. Tangkai 6 Daun Ujung



15. Tangkai 7 Daun Ujung



**d. Sampel Daun Di Jalan Endro Suratmin Lokasi 1**

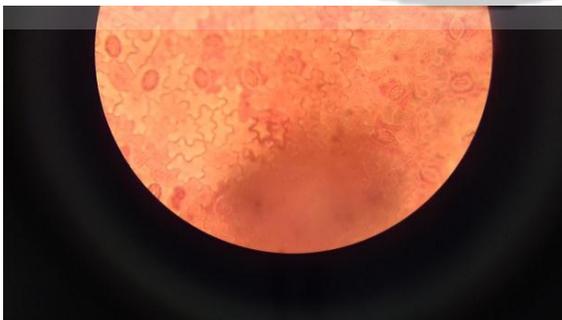
1. Tangkai 3 Daun Pangkal



2. Tangkai 4 Daun Pangkal



3. Tangkai 5 Daun Pangkal



4. Tangkai 6 Daun Pangkal



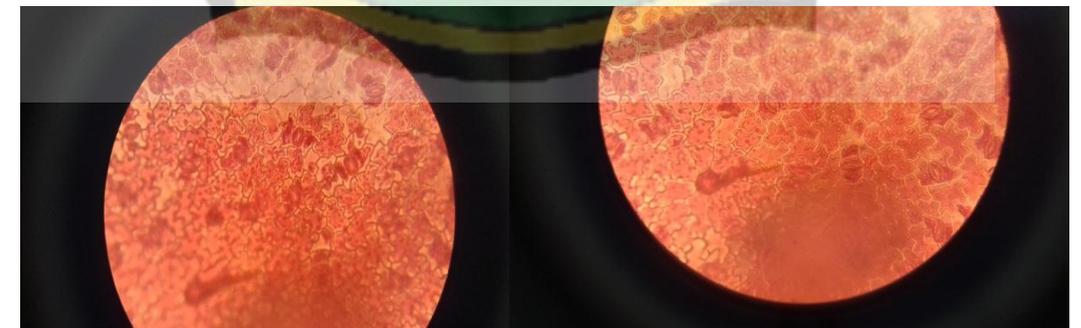
5. Tangkai 7 Daun Pangkal



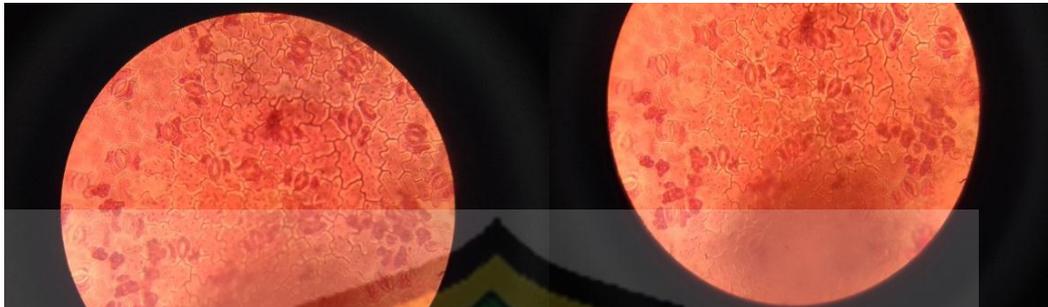
6. Tangkai 3 Daun Tengah



7. Tangkai 4 Daun Tengah



8. Tangkai 5 Daun Tengah



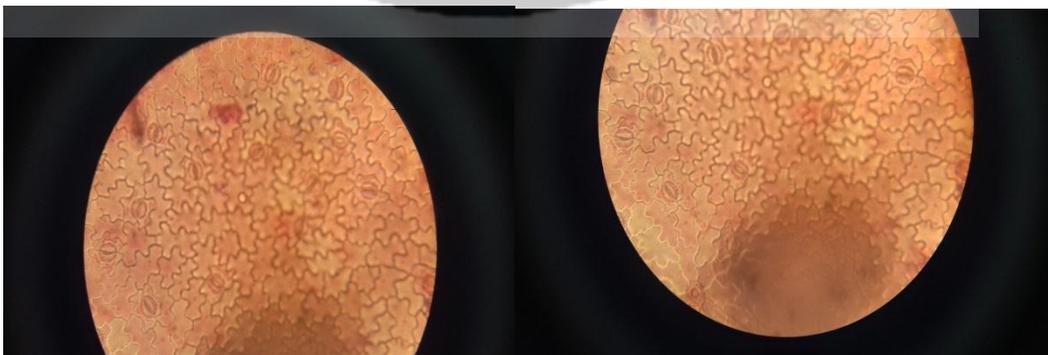
9. Tangkai 6 Daun Tengah



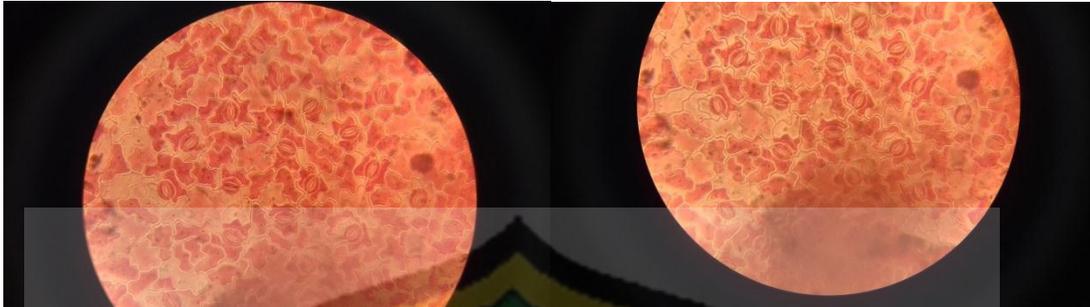
10. Tangkai 7 Daun Tengah



11. Tangkai 3 Daun Ujung



12. Tangkai 4 Daun Ujung



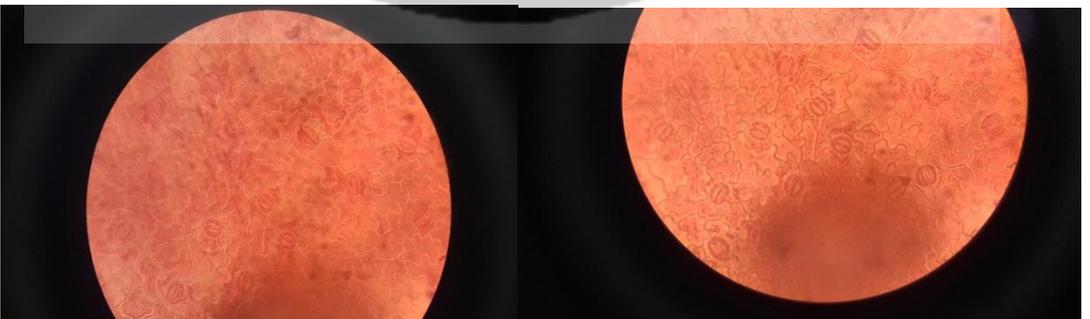
13. Tangkai 5 Daun Ujung



14. Tangkai 6 Daun Ujung



15. Tangkai 7 Daun Ujung



**e. Sampel Daun Di Jalan Endro Suratmin Lokasi 2**

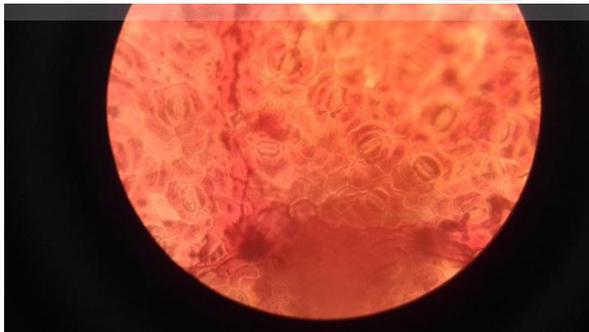
1. Tangkai 3 Daun Pangkal



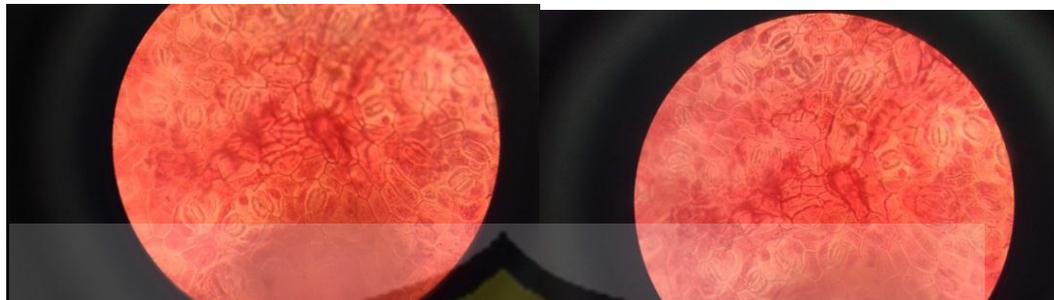
2. Tangkai 4 Daun Pangkal



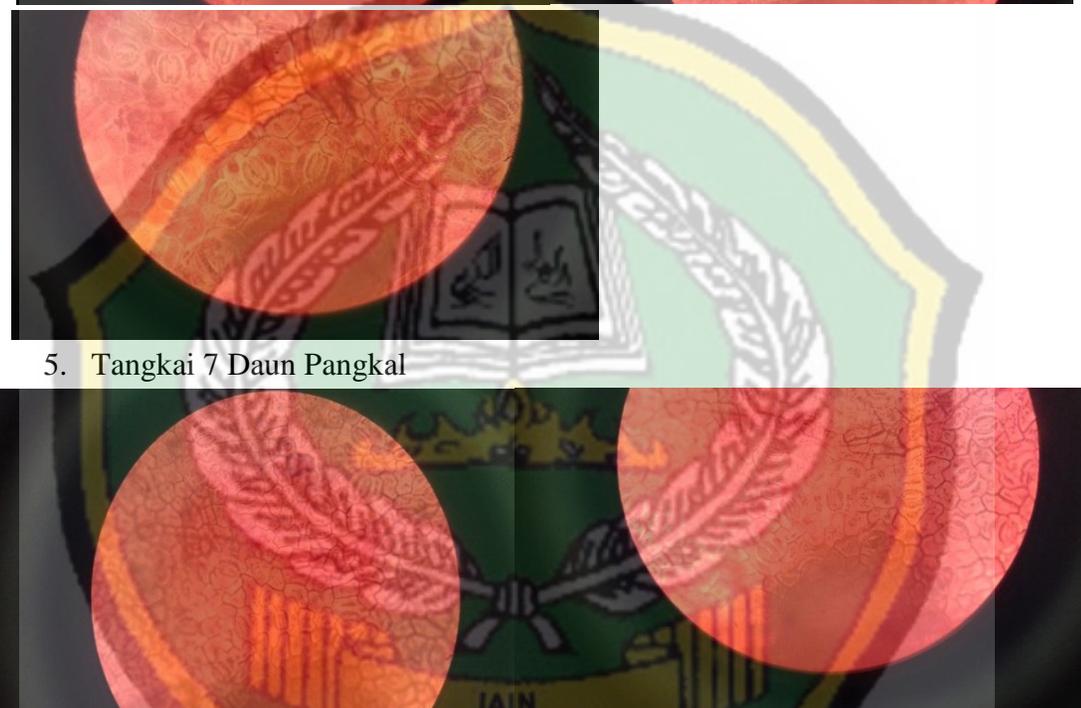
3. Tangkai 5 Daun Pangkal



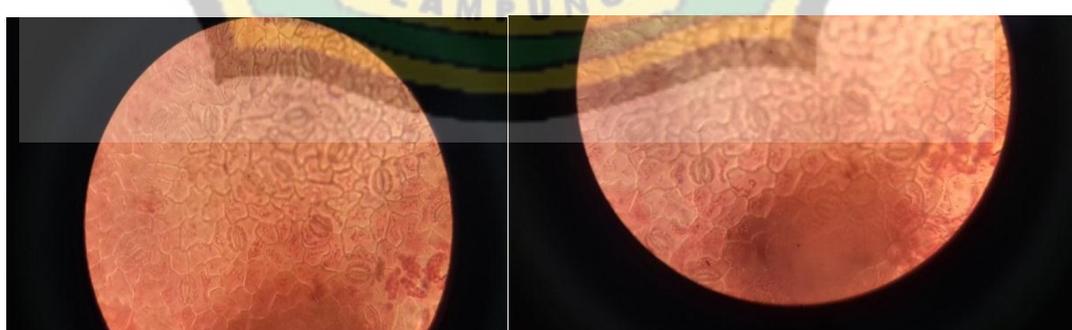
4. Tangkai 6 Daun Pangkal



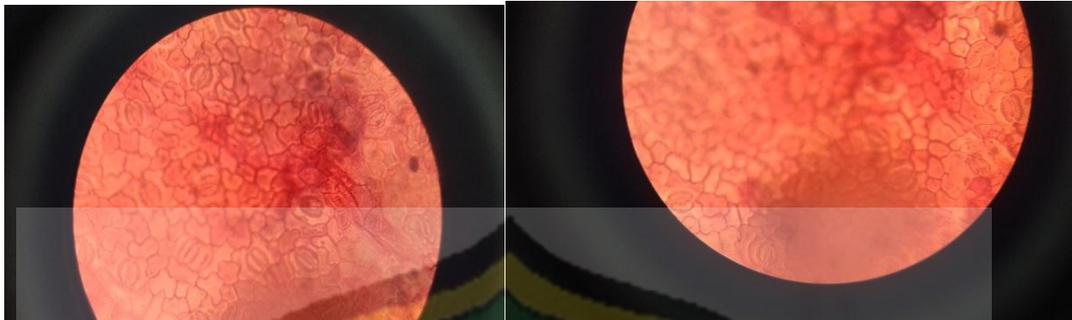
5. Tangkai 7 Daun Pangkal



6. Tangkai 3 Daun Tengah



7. Tangkai 4 Daun Tengah



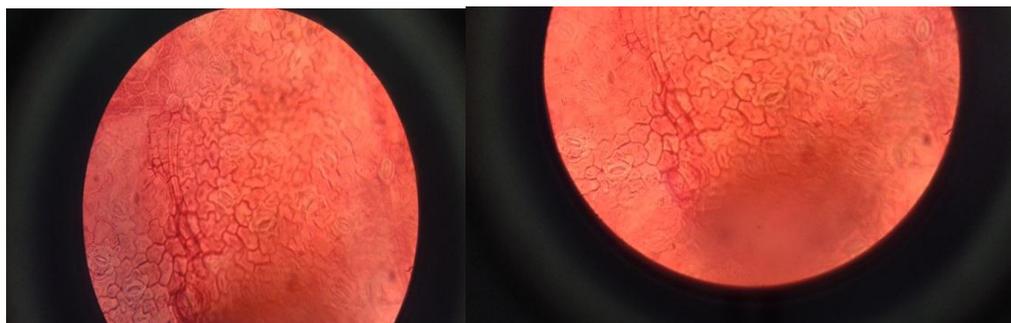
8. Tangkai 5 Daun Tengah



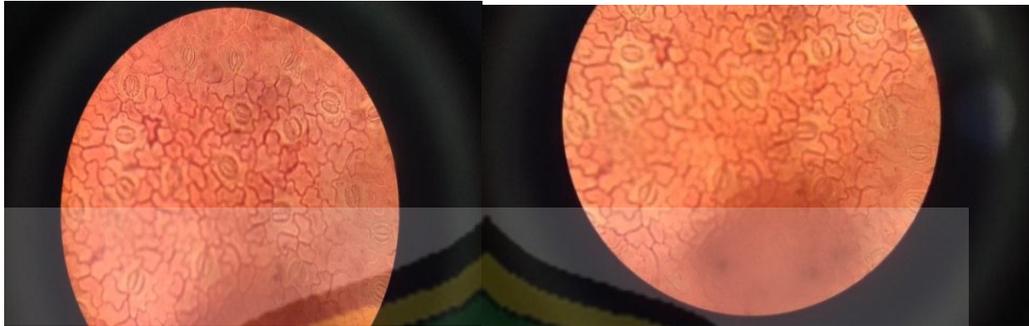
9. Tangkai 6 Daun Tengah



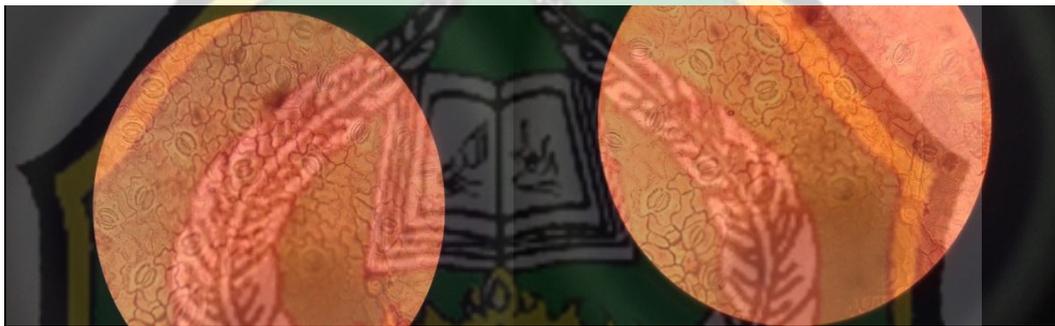
10. Tangkai 7 Daun Tengah



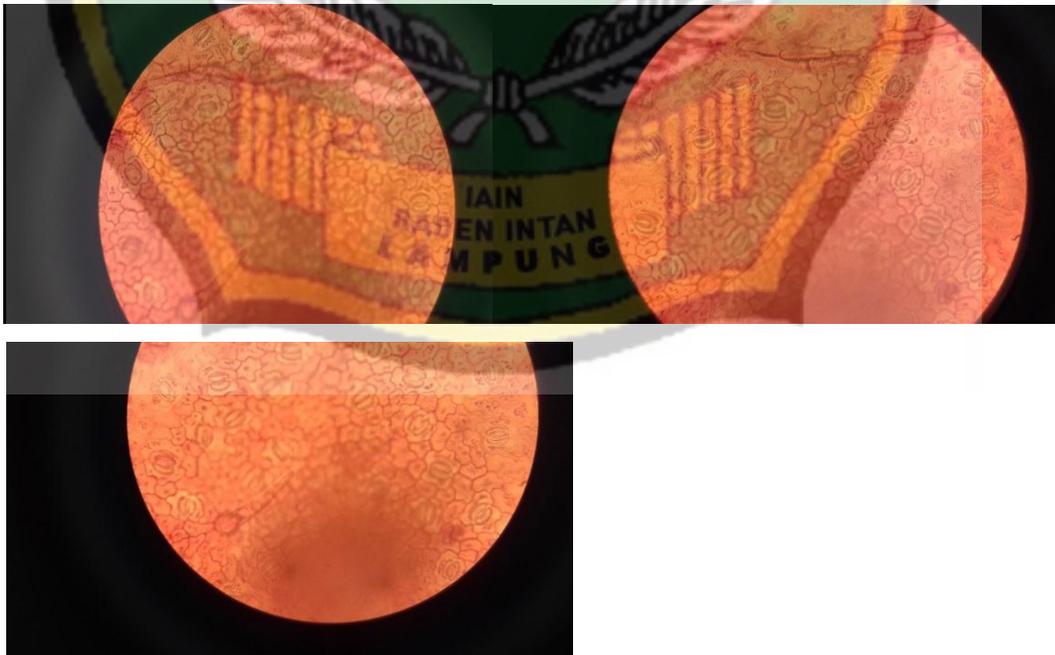
11. Tangkai 3 Daun Ujung



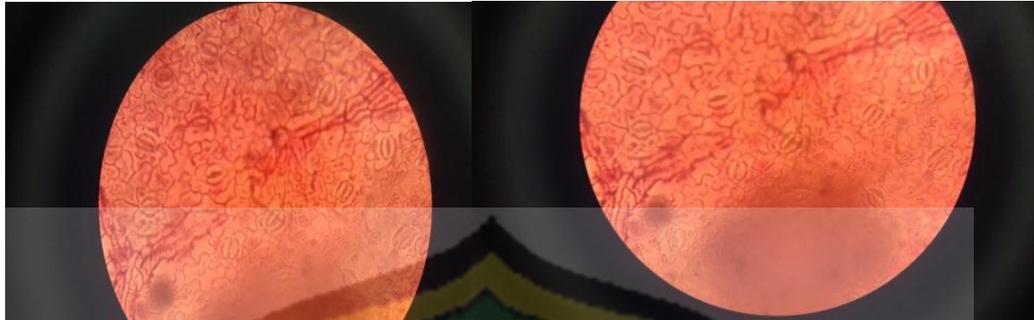
12. Tangkai 4 Daun Ujung



13. Tangkai 5 Daun Ujung



14. Tangkai 6 Daun Ujung



15. Tangkai 7 Daun Ujung

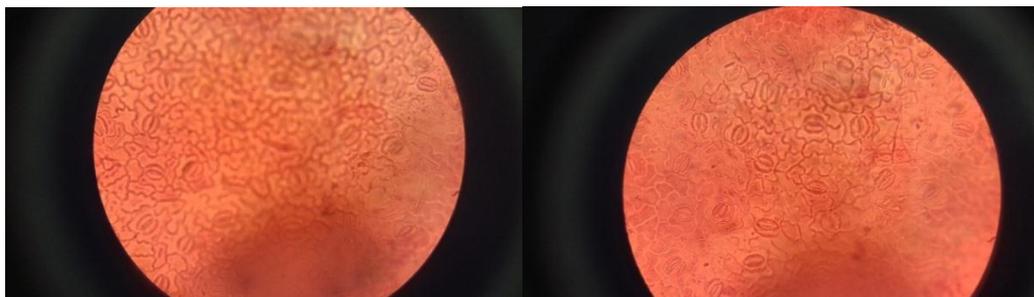


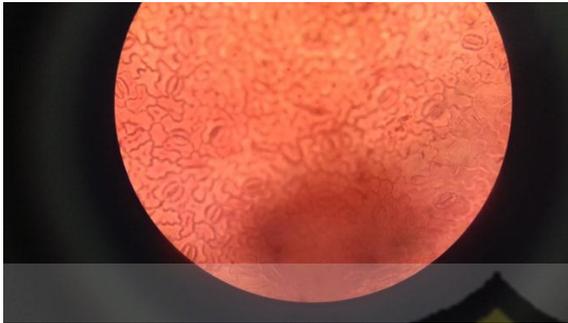
f. Sampel Daun Di Jalan Endro Suratmin Lokasi 3

1. Tangkai 3 Daun Pangkal



2. Tangkai 4 Daun Pangkal





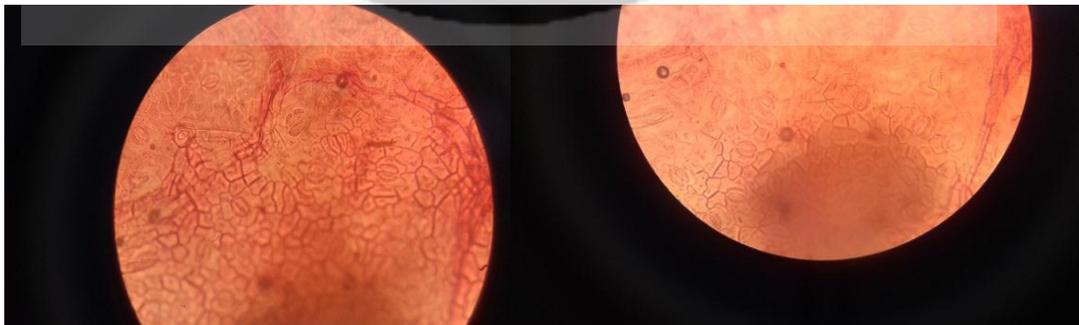
3. Tangkai 5 Daun Pangkal



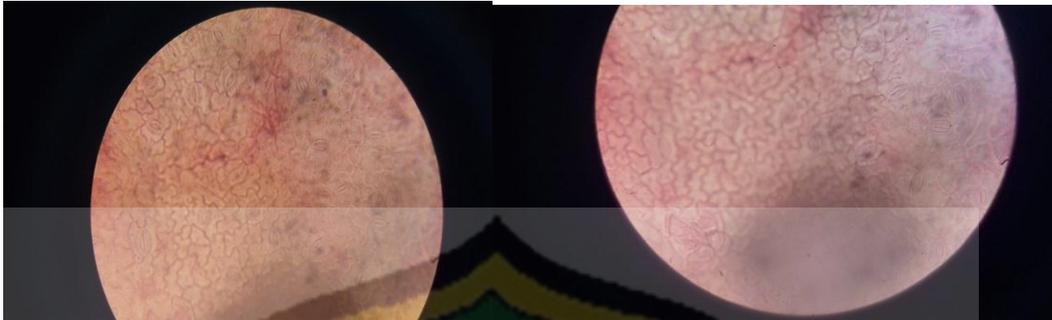
4. Tangkai 6 Daun Pangkal



5. Tangkai 7 Daun Pangkal



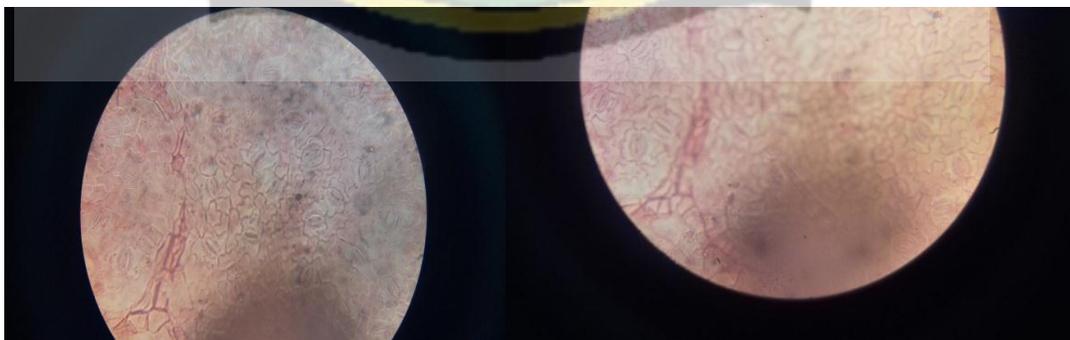
6. Tangkai 3 Daun Tengah



7. Tangkai 4 Daun Tengah

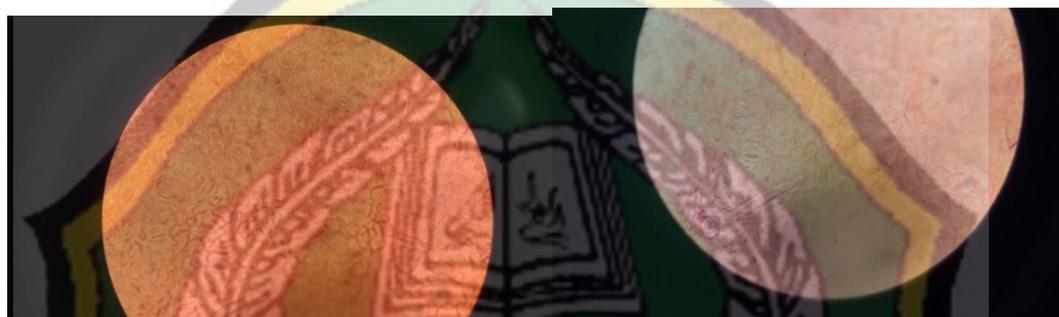


8. Tangkai 4 Daun Tengah





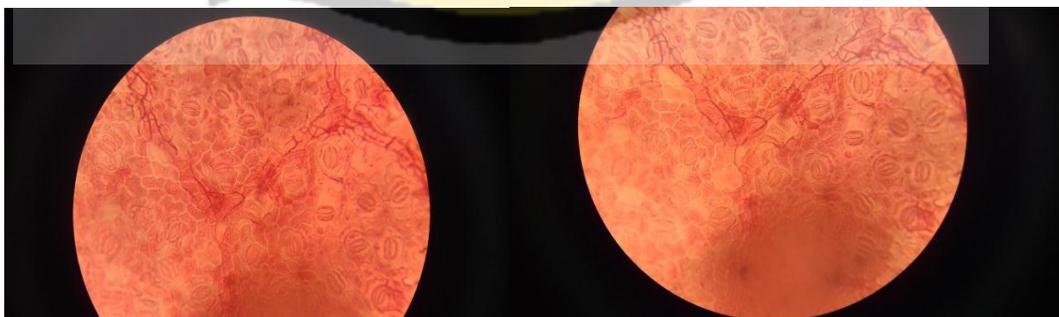
9. Tangkai 6 Daun Tengah



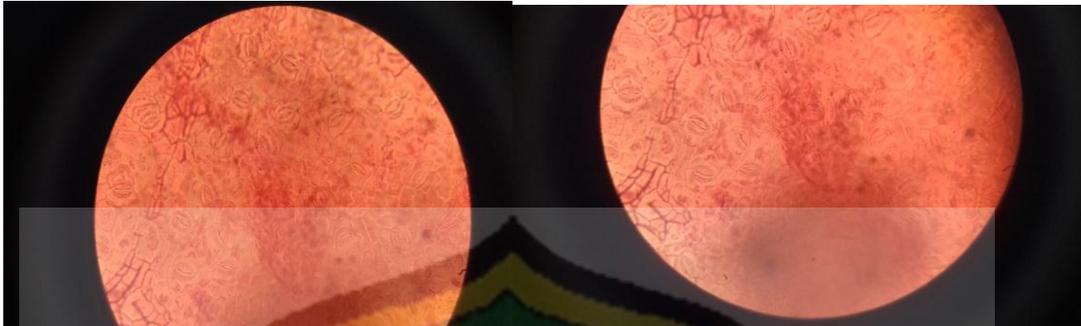
10. Tangkai 7 Daun Tengah



11. Tangkai 3 Daun Ujung



12. Tangkai 4 Daun Ujung



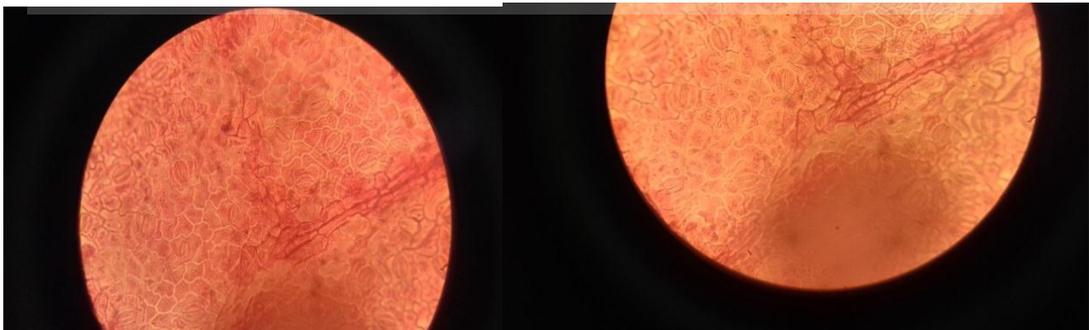
13. Tangkai 5 Daun Ujung



14. Tangkai 6 Daun Ujung



15. Tangkai 7 Daun Ujung



## Lampiran 14

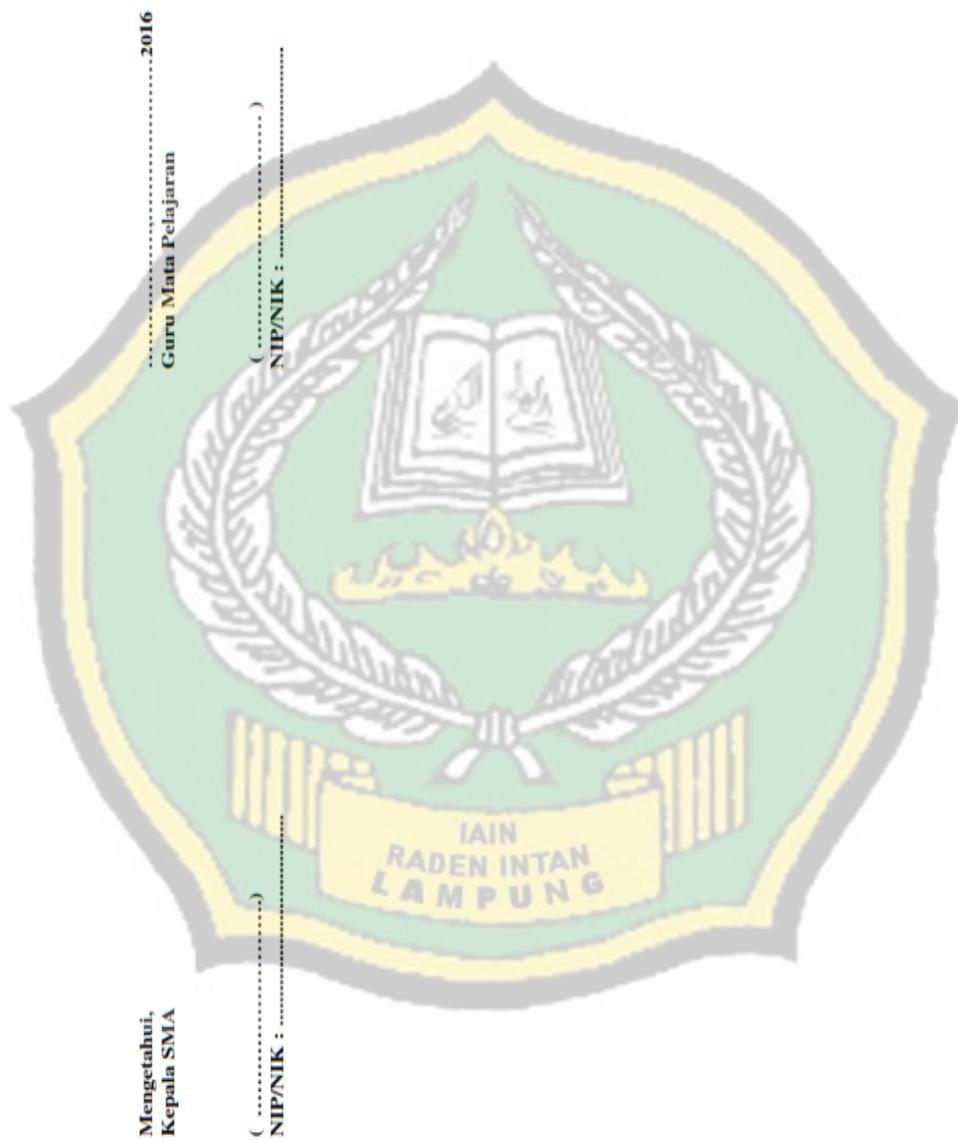
## SILABUS PEMBELAJARAN

Tingkat Satuan Pendidikan : SMA  
 Mata Pelajaran : (IPA) Biologi  
 Kelas/ Semester : XII / Ganjil  
 Alokasi waktu : 10 x 45 menit

## Standar Kompetensi : 2. Memahami Pentingnya Proses Metabolisme Pada Organisme

Kompetensi Dasar	Kompetensi Sebagai Hasil Belajar	Nilai Budaya Dan Karakter Bangsa	Kewirausahaan/Ekonomi Kreatif	Materi Pembelajaran	Kegiatan Pembelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
2.1 Mendeskripsikan proses katabolisme dan anabolisme karbohidrat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Membuatkan reaksi respirasi</li> <li>Mendeskripsikan tahap-tahap reaksi respirasi</li> <li>Membedakan reaksi respirasi anaerob dengan reaksi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jujur</li> <li>Kerja keras</li> <li>Toleransi</li> <li>Rasa ingin tahu</li> <li>Komunikatif</li> <li>Menghargai prestasi</li> <li>Tanggung Jawab</li> <li>Peduli lingkungan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Percaya diri</li> <li>Berorientasi tugas dan hasil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proses respirasi</li> <li>Tahap-tahap reaksi respirasi</li> <li>Proses fotosintesis</li> <li>Tahap-tahap reaksi fotosintesis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan diskusi cara membuktikan reaksi respirasi</li> <li>Mendiskusikan tahap-tahap reaksi respirasi</li> <li>Mendiskusikan perbedaan reaksi respirasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diskusikan menunjukkan adanya reaksi respirasi</li> <li>Mendeskripsikan tahap-tahap reaksi respirasi</li> <li>Membedakan reaksi respirasi anaerob dan aerob</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jenis tagihan:               <ol style="list-style-type: none"> <li>Hasil eksperimen</li> <li>Uji Kompetensi</li> <li>Tugas</li> <li>Asesmen</li> </ol> </li> </ul>	10 X 45 menit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Buku Biologi kelas XII, R.Gunawan</li> <li>Buku Biologi kelas XII,</li> </ul>

	<p>aerob berdasar kan energi yang dihasilka n</p>	<p>IAIN RADEN INTAN LAMPUNG</p>	<p>aerob dan anaerob  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakuka n eksperime n untuk membukuk an reaksi fotosintesis</li> <li>• Mendiskusikan tahap- tahap reaksi fotosintesis</li> <li>• Penugasa n membuat bagan proses metabolis me</li> </ul> </p>	<p>berdasar kan ATP yang dihasilkan  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menguji proses fotosintesis dengan eksperime n</li> <li>• Mendeskripsikan tahap- tahap reaksi fotosintesis</li> <li>• Penugasa n membuat bagan metabolis me</li> </ul> </p>	<p>metabolis me  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Benuk instrumen: 1.Lem bar penil aian lapo ran 2.Soal uji kom pete nsi tertulis 3.Lem bar penil aian baga n meta bolis me</li> </ul> </p>	<p>D.R. Prati wi,dk k</p>
--	---	---	---	---	---	---------------------------



.....2016  
Guru Mata Pelajaran

( ..... )  
NIP/NIK : .....

Mengetahui,  
Kepala SMA

( ..... )  
NIP/NIK : .....

Lampiran 15

**RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN  
(RPP)**

- Jenjang Sekolah** : SMA
- Mata Pelajaran** : **Biologi**
- Kelas/ Semester** : **XII (Duabelas)/ Ganjil**
- Alokasi Waktu** : **2 × 45 menit ( 1 x Pertemuan )**
- Standar Kompetensi** : **2. Memahami pentingnya proses metabolisme pada organisme**
- Kompetensi Dasar** : **2.2 Mendeskripsikan proses katabolisme dan anabolisme karbohidrat**
- Tujuan** : **Siswa dapat membedakan dan mendeskripsikan proses katabolisme dan anabolisme karbohidrat.**
- Ⓢ **Karakter siswa yang diharapkan** :
    - *Jujur, Kerja keras, Toleransi, Rasa ingin tahu, Komunikatif, Menghargai prestasi, Tanggung Jawab, Peduli lingkungan.*
  - Ⓢ **Kewirausahaan / Ekonomi Kreatif** :
    - *Percaya diri, Berorientasi tugas dan hasil.*

**I. Indikator Pencapaian Kompetensi**

1. Mendefinisikan pengertian metabolisme
2. Menguji reaksi respirasi dengan eksperimen
3. Mendeskripsikan tahap-tahap reaksi respirasi
4. Membandingkan respirasi aerob dan anerob berdasarkan ATP yang dihasilkan
5. Menguji proses fotosintesis dengan eksperimen
6. Mendeskripsikan tahap-tahap reaksi fotosintesis.

## II. Materi Ajar

1. Proses respirasi
2. Tahap-tahap reaksi respirasi
3. Proses fotosintesis
4. Tahap-tahap reaksi fotosintesis

## III. Metode Pembelajaran

1. Ceramah
2. Diskusi
3. Eksperimen
4. Penugasan

## IV. Langkah-Langkah Pembelajaran

### Pertemuan 11 (2 × 45 menit)

#### A. Kegiatan awal (15 menit)

- Guru mengucapkan salam dan absensi
- Guru membagi siswa menjadi enam kelompok
- Guru membawa siswa ke ruang laboratorium

#### B. Kegiatan inti (45 menit)

##### ⑧ Eksplorasi

Dalam kegiatan eksplorasi :

- Guru meminta siswa untuk mempersiapkan kegiatan praktikum (sampel daun angkana yang telah difiksasi sebelumnya).
- Guru memfasilitasi terjadinya interaksi antar peserta didik serta antara peserta didik dengan guru, lingkungan dan sumber belajar.
- Melibatkan peserta didik dalam kegiatan praktikum.

### ⑧ *Elaborasi*

Dalam kegiatan elaborasi,

- Siswa mengamati luas daun dan indeks stomata angkana (*Pterocarpus indicus* Willd) secara berkelompok.
- Memfasilitasi siswa untuk menyajikan hasil kerja individual maupun kelompok.

### ⑧ *Konfirmasi*

Dalam kegiatan konfirmasi, Siswa:

- Menyimpulkan tentang hal-hal yang belum.
- Menjelaskan tentang hal-hal yang belum diketahui

### C. Kegiatan akhir (30 menit)

- Guru menjelaskan reaksi umum fotosintesis
- Siswa bersama guru menyimpulkan hubungan antara hasil eksperimen dengan reaksi fotosintesis
- Siswa bersama guru mendiskusikan struktur daun dan bagian daun (kloroplas) tempat berlangsungnya fotosintesis.
- Mengumpulkan laporan hasil pengamatan dengan mengumpulkan buku kerja

### **Pertemuan 12 (2 × 45 menit)**

#### A. Kegiatan awal (20 menit)

- Guru menjelaskan pengertian reaksi anabolisme.
- Siswa bersama guru mendiskusikan contoh reaksi fotosintesis dan kemosintesis sebagai contoh reaksi anabolisme.
- Guru mengingatkan kembali struktur kloroplas (grana dan stroma) dan peranannya dalam fotosintesis.

## B. Kegiatan inti (60 menit)

### ⑧ *Eksplorasi*

Dalam kegiatan eksplorasi :

- Siswa bersama guru mendiskusikan pengikatan energi cahaya matahari dalam reaksi terang fotosintesis dan hasilnya

### ⑧ *Elaborasi*

Dalam kegiatan elaborasi,

- Siswa bersama guru mendiskusikan penggunaan hasil reaksi terang untuk pembentukan glukosa dalam reaksi gelap (siklus Calvin).

### ⑧ *Konfirmasi*

Dalam kegiatan konfirmasi, Siswa:

- Menyimpulkan tentang hal-hal yang belum diketahui.
- Menjelaskan tentang hal-hal yang belum diketahui.

## C. Kegiatan akhir (10 menit)

- Siswa menyimpulkan proses fotosintesis dan hasilnya
- Guru menugaskan siswa membuat bagan atau skema proses metabolisme

## V. Alat/ Bahan/ Sumber

- Buku Biologi kelas XII, R.Gunawan Susilowarno
- Buku Biologi kelas XII, D.R.Pratiwi,dkk
- Alat dan bahan praktikum
- Berbagai informasi tentang fotosintesis

**VI. Penilaian**

- Laporan hasil praktikum
- Uji kompetensi tertulis
- Bagan proses metabolisme

**Mengetahui**

**Bandar Lampung, 2016**

**Kepala Sekolah**

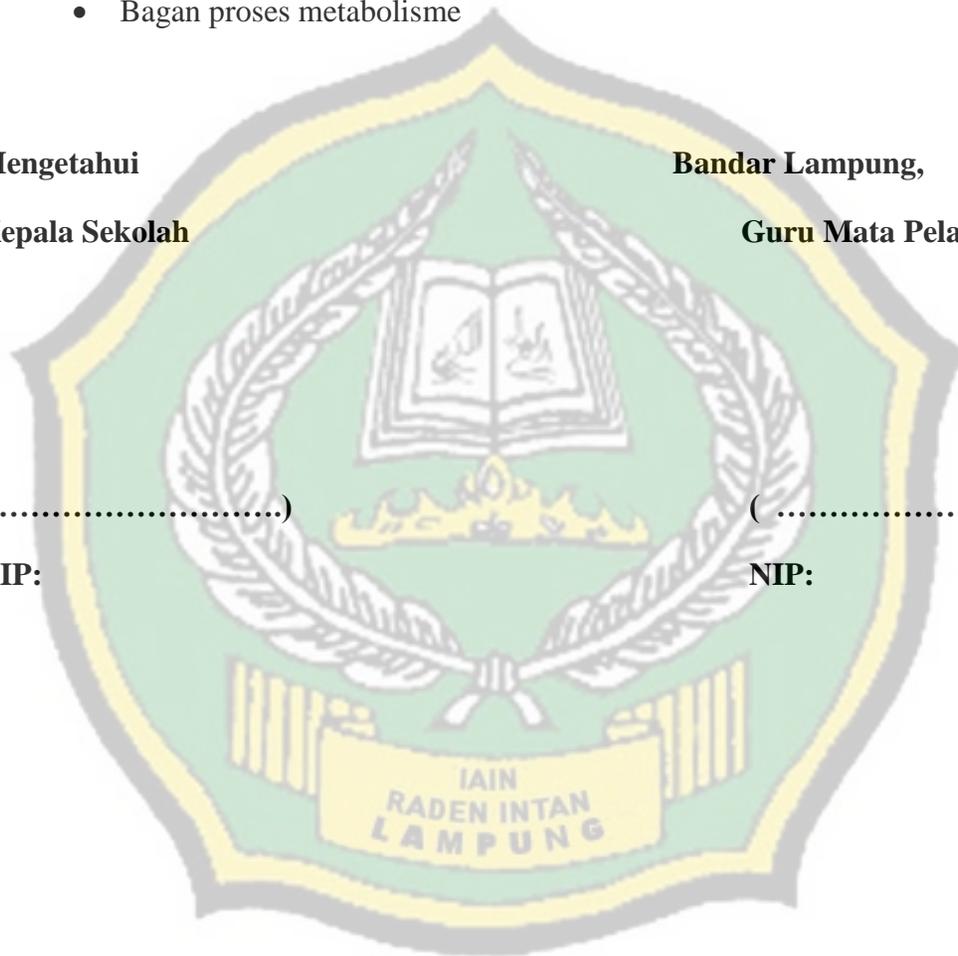
**Guru Mata Pelajaran**

(.....)

(.....)

**NIP:**

**NIP:**



Lampiran 16

PENUNTUN PRAKTIKUM

# BIOLOGI

UNTUK SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELAS XII PROGRAM IPA



SEKOLAH MENENGAH ATAS

LAMPUNG

2016

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga buku penuntun praktikum ini dapat diselesaikan. Buku ini berjudul “Penuntun Praktikum Biologi” yang berisi penuntun praktikum dalam peajaran Biologi materi Fotosintesis. Dengan adanya buku ini diharapkan dapat membantu kelancaran pelaksanaan kegiatan praktikum bagi siswa siswi SMA kelas XII semester ganjil.

Praktikum ini merupakan bagian dari pemantapan dan pendalaman materi Biologi. Di dalam buku penuntun praktikum ini, selain teori juga dijelaskan tata cara pelaksanaan praktikum. Meskipun demikian, siswa siswi diharapkan untuk mempelajarinya literatur lain yang mendukung.

Penulis menyadari buku penuntun praktikum biologi ini belum sempurna, sehingga kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan buku ini. Demikian buku penuntun praktikum Biologi ini dibuat, semoga dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya.

Bandar Lampung, 20 November 2016

Penulis

## TATA TERTIB PRAKTIKUM

1. Praktikan harus hadir 5 menit sebelum praktikum dimulai dan keterlambatan maksimal 15 menit setelah praktikum dimulai.
2. Berpakaian rapih dan mengenakan jas praktikum.
3. Tidak makan dan minum selama praktikum di dalam ruangan laboratorium.
4. Melakukan praktikum sesuai perintah dari guru yang bersangkutan dan buku penuntun praktikum.
5. Jika terjadi kerusakan dan kehilangan alat selama praktikum maka praktikum diwajibkan melapor ke petugas laboratorium.
6. Selama praktikum peserta tidak dibenarkan menyentuh atau mengganggu pelatalan lain selain alat yang digunakan dalam kegiatan praktikum.
7. Membersihkan alat dan laboratorium setelah selesai melaksanakan praktikum.

## DAFTAR ISI

<b>Kata Pengantar</b> .....	<b>i</b>
<b>Tata Tertib Praktikum</b> .....	<b>ii</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>iii</b>
<b>Pendahuluan</b> .....	<b>1</b>
<b>Fotosintesis</b>	
A. Tujuan Praktikum .....	2
B. Teori Dasar .....	2
C. Alat dan Bahan .....	5
D. Cara Kerja .....	6
E. Hasil Pengamatan .....	8
F. Diskusi .....	8
<b>Daftar Pustaka</b>	

## PENDAHULUAN

Sejak pertama praktikum (kegiatan laboratorium) menjadi bagian integral dalam pendidikan IPA dalam pencapaian tujuan-tujuan pendidikan, khususnya biologi. Secara formal praktikum sudah menjadi komponen dalam pembelajaran biologi di sekolah-sekolah di Indonesia. Praktikum memberi kesempatan kepada siswa untuk memenuhi dorongan rasa ingin tahu dan ingin bisa. Hal ini sangat menunjang kegiatan praktikum yang didalamnya siswa dapat menemukan pengetahuan melalui eksplorasinya terhadap alam.

Untuk melakukan eksperimen diperlukan keterampilan dasar, seperti mengamati, mengestimasi, mengukur, dan manipulasi peralatan biologi. Dalam rangka mengembangkan kemampuan eksperimen pada siswa melalui kegiatan praktikum inilah dilatihkan kemampuan observasi secara cermat dan mengukur secara akurat dengan instrumen yang sederhana maupun yang baik. Kegiatan praktikum dalam proses pembelajaran IPA bertujuan untuk membangkitkan motivasi belajar IPA, mengembangkan keterampilan-keterampilan dasar melaksanakan eksperimen, wahana belajar pendekatan ilmiah dan menunjang pemahaman materi pelajaran.

Untuk memahami sub konsep materi fotosintesis perlu dilakukan praktikum sama seperti materi-materi lain dalam pelajaran biologi. Seperti halnya manusia, tumbuhan juga memerlukan sumber energi. Semua tumbuhan yang memiliki zat hijau daun (klorofil) akan melakukan proses fotosintesis. Fotosintesis berlangsung di daun melalui bantuan cahaya matahari, karbon dioksida dan air dapat diubah menjadi glukosa. Stomata sebagai tempat pertukaran gas seperti  $\text{CO}_2$ , selain sebagai pertukaran gas  $\text{CO}_2$ , stomata juga merupakan bagian tanaman tempat terjadinya penyerapan polutan dan secara langsung dapat berinteraksi dengan jaringan mesofil.

Peningkatan jumlah epidermis dan stomata serta indeks stomata merupakan respon tanaman terhadap polusi udara.

## **PRAKTIKUM**

### **FOTOSINTESIS**

#### **A. Tujuan Praktikum**

Setelah melakukan praktikum ini diharapkan siswa dapat :

1. Mengetahui faktor-faktor yang dapat mempengaruhi fotosintesis.
2. Mengetahui perbedaan luas daun dan indeks stomata pada tanaman Angsana ( *Pterocarpus indicus* Willd) di daerah tercemar dan tidak tercemar.

#### **B. Teori Dasar**

Metabolisme merupakan seluruh rangkaian reaksi kimia yang berlangsung di dalam sel makhluk hidup. Metabolisme terdiri atas dua proses yaitu anabolisme dan katabolisme. Anabolisme merupakan serangkaian reaksi kimia berupa proses penyusunan zat kompleks dari zat yang lebih sederhana. Sebaliknya, katabolisme merupakan serangkaian reaksi kimia berupa proses pemecahan zat kompleks menjadi zat lebih sederhana yang disertai dengan pelepasan energi berupa (ATP).

Anabolisme dikenal dengan nama asimilasi atau sintesis. Proses ini umumnya menggunakan energi tinggi. Contoh reaksi anabolisme adalah fotosintesis. Fotosintesis merupakan penyusunan makanan dengan

menggunakan energi cahaya. Sumber energi cahaya adalah matahari yang memiliki spektrum cahaya infra merah, merah jingga, kuning, hijau, nila, ungu, dan ultraviolet. Cahaya yang digunakan dalam proses fotosintesis adalah spektrum cahaya tampak (ungu merah). Selain faktor genetis (umur daun dan laju translokasi fotosintat), faktor-faktor lingkungan juga akan mempengaruhi laju fotosintesis tumbuhan. Diantara faktor-faktor lingkungan yang penting adalah ketersediaan air,  $\text{CO}_2$ , cahaya, hara mineral dan suhu.

Fotosintesis pada tumbuhan tingkat tinggi terdiri atas 2 fase, yaitu :

A. Fase I: reaksi terang

Reaksi terang berlangsung di grana dan membutuhkan cahaya. Energi matahari ditangkap oleh pigmen penyerap cahaya dan diubah menjadi bentuk energi kimia, yaitu ATP dan senyawa pereduksi (NADPH). Atom hidrogen dari molekul  $\text{H}_2\text{O}$  dipakai untuk mereduksi NADP menjadi NADPH dan  $\text{O}_2$  dilepaskan sebagai hasil sampingan reaksi fotosintesis. Reaksi juga dirangkaikan dengan reaksi pembentukan ATP dari ADP dan Pi. Pembentukan ATP dari ADP dan Pi merupakan mekanisme penyimpanan energi matahari yang diserap dan kemudian diubah menjadi energi kimia, sehingga fase ini disebut fotofosforilasi.

B. Fase II: reaksi gelap

Reaksi gelap berlangsung di stroma dan dapat berlangsung tanpa adanya cahaya, walaupun tidak harus berlangsung dalam keadaan gelap. Hal ini disebabkan karena enzim-enzim stroma kloroplas tidak membutuhkan

cahaya untuk aktivitasnya, tetapi membutuhkan ATP dan NADPH<sub>2</sub>. ATP dan NADPH yang dihasilkan dalam proses fotosintesis memicu berbagai proses biokimia. Pada tumbuhan proses biokimia yang terpicu adalah siklus Calvin yang mengikat karbondioksida untuk membentuk ribulosa (dan kemudian menjadi gula seperti glukosa).

Fotosintesis dilakukan oleh tumbuhan hijau, beberapa bakteri dan protista tertentu. Fotosintesis akan menghasilkan sumber energi bagi tumbuhan. Melalui bantuan cahaya matahari, karbondioksida dan air dapat diubah menjadi glukosa. Gas karbon dioksida sebagai bahan utama fotosintesa masuk melalui stomata. Stomata memiliki fungsi sebagai pintu masuknya CO<sub>2</sub> dan keluarnya uap air ke daun atau dari daun. Selain sebagai pertukaran gas CO<sub>2</sub>, stomata juga merupakan bagian tanaman tempat terjadinya penyerapan polutan dan secara langsung dapat berinteraksi dengan jaringan mesofil.

Peningkatan jumlah epidermis dan stomata serta peningkatan indeks stomata merupakan salah satu respon tanaman terhadap polusi udara. Besar kecilnya pembukaan stomata merupakan regulasi terpenting yang dilakukan oleh tanaman, dimana tanaman berusaha memasukkan CO<sub>2</sub> sebanyak mungkin tetapi dengan mengeluarkan air sedikit mungkin, untuk mencapai efisiensi pertumbuhan yang tinggi. Jika CO<sub>2</sub> di atmosfer meningkat, tanaman tidak membutuhkan pembukaan stomata maksimum untuk mencapai kadar CO<sub>2</sub> optimum di dalam daun, sehingga laju pengeluaran air dapat dikurangi.

Apabila kekurangan air makin parah, tahanan mesofil juga akan meningkat karena adanya kerusakan permanen pada peralatan fotosintesis.

### C. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- |                           |                |
|---------------------------|----------------|
| 1. Kertas millimeter blok | 7. Pipet tetes |
| 2. Mikroskop              | 8. Gelas objek |
| 3. Alat tulis menulis     | 9. Cover gelas |
| 4. Camera                 | 10. Toples     |
| 5. Gunting                | 11. Tisu.      |
| 6. Silet                  |                |

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- |   |  |
|---|--|
| 1. Alkohol 70%  |  |
| 2. Asam asetat glasial                                  |  |
| 3. Formaldehid  |  |
| 4. Asam nitrat konsentrasi<br>25-50 %                   | 7. Pewarna safranin 1%   |
| 5. Larutan pemutih<br>dengan bahan aktif<br>5,25% nacio | 8. Gliserin 30 %   |
| 6. Akuades  | 9. 5 tangkai daun angšana<br>( <i>Pterocarpus indicus</i><br>Willd) yang tumbuh di<br>lokasi tercemar polusi |

dan tidak tercemar  
polusi.



## D. Cara Kerja

### c. Pembuatan preparat untuk melihat luas daun dengan metode kertas milimeter blok

1. Daun angkana pada setiap titik di ruas jalan yang sudah diambil, dibersihkan permukaan atas dan bawah daunnya dengan menggunakan tisu untuk menghilangkan debu/kotoran
2. Daun yang sudah bersih, kemudian digambar pada kertas milimeter blok dengan meletakkan daun di atas kertas milimeter blok dan pola daun diikuti selanjutnya digunting sesuai dengan hasil pola daun
3. Luas daun ditaksir berdasarkan jumlah kotak yang terdapat dalam pola daun. Jika kotak penuh atau lebih dari setengah kotak maka hitung satu. Jika kotak kurang dari setengah maka tidak dihitung.
4. Buatlah hasil perhitungan luas daun pada tabel yang telah disediakan.

### d. Pembuatan preparat sayatan paradermal dengan metode *whole mount*

1. Daun angkana pada setiap titik di ruas jalan yang sudah diambil, dibersihkan permukaan atas dan bawah daunnya dengan menggunakan tisu untuk menghilangkan debu/kotoran
2. Daun yang sudah bersih, difiksasi dengan larutan FAA ( formaldehid: asam asetat glasial: alkohol 70% = 5:5:90 ml)
3. Setelah difiksasi daun dibilas dengan alkohol 70% selanjutnya bilas lagi dengan akuades

4. Setelah itu rendam dengan larutan asam nitrat konsentrasi 25-50% selama 5 hingga 20 menit
5. Kemudian daun dibilas dengan akuades, dilanjutkan pengerikan daun dengan menggunakan silet. Hasil pengerikan daun di rendam dengan larutan pemutih dengan bahan aktif 5,25% NaClO agar jernih, dibilas kembali dengan akuades
6. Setelah itu di beri pewarna safranin 1%. Kemudian sampel diletakkan di gelas objek yang telah berisi gliserin 30% dan ditutup dengan cover gelas
7. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40 x 10 .
8. Hitunglah indeks stomata tanaman dari kedua jalan tersebut dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$\text{Indeks Stomata} = \frac{\sum \text{Jumlah Stomata}}{\sum \text{Jumlah Stomata} \times \sum \text{Jumlah Sel Epidermis}} \times 100$$

9. Buatlah hasil perhitungan indeks stomata pada tabel yang telah disediakan.

## E. Hasil Pengamatan

### 1. Luas Daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd)

Ibu Tangkai Ke-	Jl.			Jl.		
	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung
3	Cm <sup>2</sup>					
4	Cm <sup>2</sup>					
5	Cm <sup>2</sup>					
6	Cm <sup>2</sup>					
7	Cm <sup>2</sup>					
Jumlah	Cm <sup>2</sup>					
Rata-Rata	Cm <sup>2</sup>			Cm <sup>2</sup>		

### 2. Indeks Stomata Daun Angsana (*Pterocarpus indicus* Willd)

Ibu Tangkai Ke-	Jl.			Jl.		
	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung	Daun Pangkal	Daun Tengah	Daun Ujung
3						
4						
5						
6						
7						
Jumlah						
Rata-Rata						

## F. Diskusi

1. Jelaskan perbedaan antara anabolisme dan katabolisme ?
2. Apakah yang dimaksud dengan fotosintesis dan apa saja faktor yang mempengaruhinya ?
3. Sebutkan dan gambarkan bagian-bagian stomata tanaman Angsana?
4. Apakah ada perbedaan luas daun dan indeks stomata tanaman Angsana pada kedua jalan tersebut? Mengapa?

**DAFTAR PUSTAKA**

Dwidjoseputro. Biologi, Jakarta : Erlangga, 1986

Kimball,J. W. Biologi Umum. Jakarta : Erlangga, 1993

Pratiwi , D. A. Biologi SMA Kelas XII. Jakarta : Erlangga, 2006

Priadi, Arif. Biologi 3 SMA. Jakarta : Yudistira, 2010

Salisbury Frank B & Cleon W Ross. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*. Bandung : ITB Bandung. 1995

