

**ANALISIS KARAKTERISTIK STOMATA, KADAR KLOOROFIL DAN
KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA DAUN POHON PELINDUNG
JALAN KAWASAN LUMPUR PORONG SIDOARJO**

SKRIPSI

Oleh
S. ROIFATUL HIDAYATI
NIM. 02520020



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SINSTEK DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MALANG
MALANG
2009**

**ANALISIS KARAKTERISTIK STOMATA, KADAR KLOOROFIL DAN
KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA DAUN POHON PELINDUNG
JALAN KAWASAN LUMPUR PORONG SIDOARJO**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada :
Universitas Islam Negeri Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh
S. ROIFATUL HIDAYATI
NIM. 02520020**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MALANG
MALANG**

2009

**ANALISIS KARAKTERISTIK STOMATA, KADAR KLOOROFIL DAN
KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA DAUN POHON PELINDUNG
JALAN KAWASAN LUMPUR PORONG SIDOARJO**

SKRIPSI

Oleh
SITI ROIFATUL HIDAYAH
NIM. 02520020

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Tanggal 18 April 2009

Susunan Dewan Penguji :

Tanda tangan

- | | | | |
|--------------------|---------------------------------|---|---|
| 1. Penguji Utama : | <u>Dr. Ulfah Utami M.Si</u> | (|) |
| | NIP. 150291272 | | |
| 2. Ketua | : <u>Dwi Suheriyanto, M.P</u> | (|) |
| | NIP. 150327248 | | |
| 3. Sekretaris | : <u>Evika Sandi Savitri MP</u> | (|) |
| | NIP. 150327253 | | |

Mengetahui dan Mengesahkan

Ketua Jurusan Biologi

Dr. drh. Bayvinatul Muchtaromah, M. Si
NIP. 150 229 505

**ANALISIS KARAKTERISTIK STOMATA, KADAR KLOOROFIL DAN
KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA DAUN POHON PELINDUNG
JALAN KAWASAN LUMPUR PORONG SIDOARJO**

SKRIPSI

Oleh
SITI ROIFATUL HIDAYAH
NIM. 02520020

Telah disetujui oleh :
Dosen Pembimbing

Evika Sandi Savitri MP
NIP : 150 327 253

Tanggal 18 april 2009
Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi

Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M. Si
NIP. 150 229 505

Halaman Persembahan

KuPersembahkan Skripsi ini Kepada

Ayahanda dan Ibunda tercinta serta adinda tersayang yang telah memberikan cinta dan do'a kepada ananda tuk cita dan asaku

Terimakasih untuk suamiku yang telah mendukung baik fisik, materi serta do'a dan motivasinya

thanks to Mrs. Evika sandi Savitri, M.P atas bimbingan dan arahnya sehingga skripsi ini terselesaikan

my Friends of Biology 2002: @lik, Anis, Fais, Inayah, thanks atas suportnya. Semoga bantuan yang telah diberikan baik do'a maupun tenaga dapat menjadi amal ibadah di sisi Allah SWT. Amin.

Kebahagiaan Hidup Bukanlah Karena Diri Qita
Tapi Bagaimana Orang Lain Bahagia Dengan Keberadaan Qita

ABSTRAK

Roifatul Hidayah, Siti. 2009. **Analisis Karakteristik Stomata, Kadar Klorofil Dan Kandungan Logam Berat Pada Daun Pohon Pelindung Jalan Kawasan Lumpur Porong Sidoarjo**. Skripsi. Jurusan Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malang. Dosen Pembimbing : Evika Sandi Savitri, M.Pd.

Kata kunci: Logam Berat (Hg, Cd, Pb), Stomata, Klorofil, Daun Pohon pelindung jalan

Pencemaran udara merupakan masalah lingkungan yang terjadi pada saat ini. Di beberapa kota industri pencemaran sudah mencapai pada tingkat yang cukup mengkhawatirkan, pencemaran yang akhir ini banyak dibicarakan adalah lumpur Porong. Lumpur Porong terjadi karena kesalahan manusia dalam proses pengeboran gas di dalam tanah. Kandungan dalam lumpur terdapat logam berat, salah satunya Hg, Cd, Pb yang melebihi ambang batas. Pencemaran logam berat pada lumpur Porong berpengaruh terhadap kehidupan manusia dan proses fisiologis tumbuhan. Angsana dan Kersen merupakan tumbuhan pelindung jalan yang berada di dekat lokasi yang secara langsung terkena dampak lumpur Porong.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian secara langsung tentang anatomi daun pelindung jalan dan menganalisis kandungan logam berat menggunakan metode gravimetry, data selanjutnya dianalisis dengan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji lanjut BNT untuk mengetahui adanya perbedaan logam berat pada setiap lokasi dan varietas.

Pengamatan ukuran stomata pada semua jenis tanaman yang diamati, baik permukaan atas maupun permukaan bawah daun termasuk dalam kriteria ukuran yang kurang panjang ($< 20\mu\text{m}$). Sedangkan stomata permukaan bawah daun lebih rapat dari permukaan atas. Rata-rata kerapatan tertinggi terdapat pada tumbuhan Kersen sebesar 309,21 per mm^2 termasuk dalam kerapatan sedang (300 - 500 / mm^2). Sedangkan permukaan bawah daun Angsana sebesar 163,39 per mm^2 , termasuk kerapatan rendah (< 200 per mm^2). Untuk kerapatan stomata pada permukaan atas daun pada jenis tanaman yang diamati termasuk kerapatan rendah (< 200 per mm^2). Pada pengamatan klorofil, kandungan klorofil rata-rata tertinggi terdapat pada jenis Angsana (*Pterocarpus indicus* willd) pada lokasi 2 sebesar 5484,37 ppm dan terendah ada pada jenis Kersen (*Muntingia calabura* L) pada lokasi ketiga sebesar 2605,95 ppm. Kandungan logam berat Pb yang terserap oleh daun pada tiap jenis tumbuhan tidak memperlihatkan pola yang beraturan menunjukkan kandungan tidak berbeda nyata antar spesies, berkisar antara 18,835 - 49,641 ppm, dan yang tertinggi terdapat pada lokasi 3. Kandungan partikel Hg pada daun berkisar antara 3,438 - 8,583 ppm. Kandungan Hg paling tinggi terdapat pada lokasi 3, yaitu 8,583 ppm. Kandungan partikel Cd pada daun tiap jenis tumbuhan berkisar antara 9,157 - 26,16 ppm, dan yang tertinggi terdapat pada lokasi 3.

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	ii
HALAMAN JUDUL	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1 Lumpur Porong	8
2.2 Pencemaran Udara	9
2.3 Sumber Pencemaran Udara	11
2.3.1 Nitrogen Oksida (NOx)	12
2.3.2 Belerang Oksida	12
2.3.3 Partikel-Partikel	13
2.3.4 Logam Berat	13
2.3.5 Sifat Kimia Logam	18
2.3.6 Proses Perpindahan Emisi Logam Di Udara	18
2.4 Pohon Peneduh Jalan	21
2.4.1 Fungsi Pohon Pelindung Jalan	22
2.4.2 Jenis-Jenis Pohon Pelindung Jalan	23

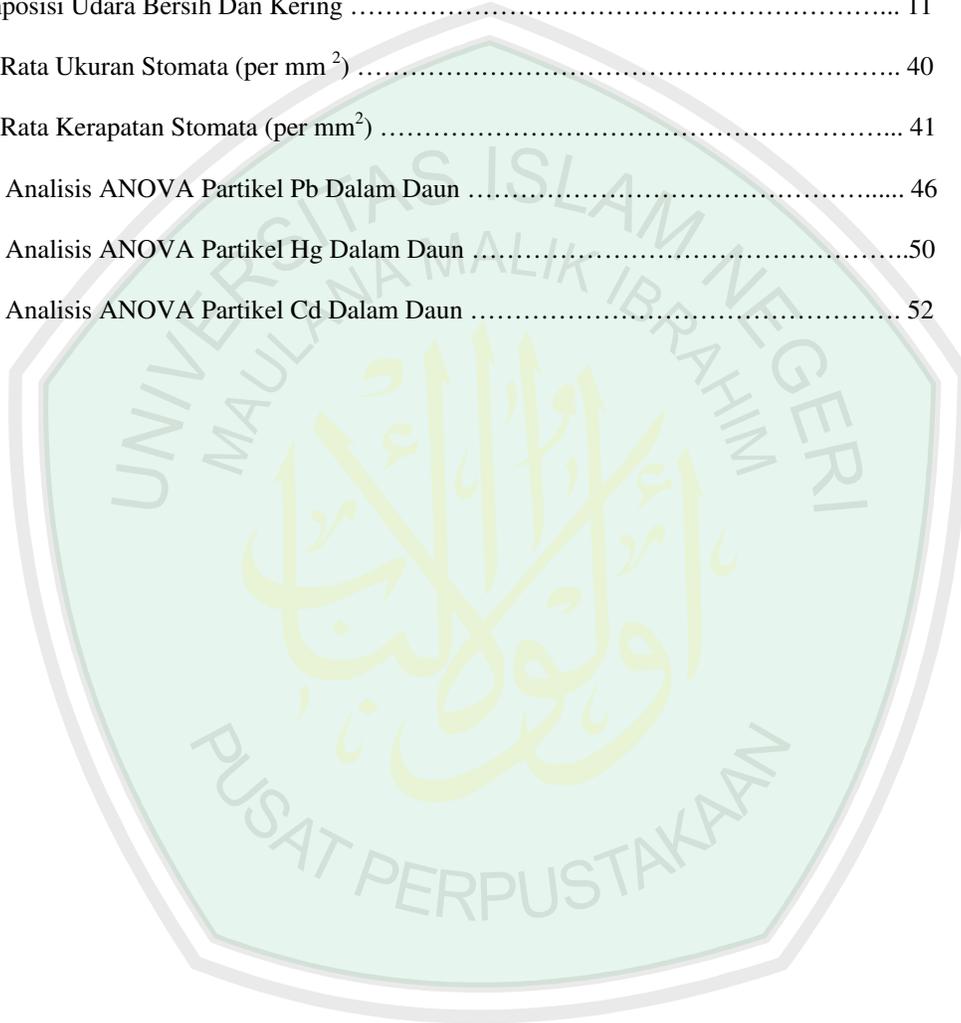
2.5 Stomata	26
2.6 Kerapatan Stomata	27
2.7 Klorofil	28
2.8 Pengaruh Pencemaran Terhadap Tumbuhan	29
2.8.1 Kerusakan Anatomi Daun	29
2.9 Kota Sidoarjo	31
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	33
3.2 Obyek Penelitian	33
3.3 Waktu Dan Tempat Penelitian	33
3.4 Alat Dan Bahan Penelitian	33
3.4.1 Alat	33
3.4.2 Bahan	34
3.5 Prosedur Penelitian	34
3.5.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel	34
3.5.2 Penentuan Sampel	34
3.5.3 Pengamatan Sampel Daun	34
3.5.4 Pengamatan Daun	35
3.5.4.1 Anatomi	35
3.6 Proses destruksi sampel	37
3.7 Analisis Data	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Karakteristik Stomata	39
4.2 Kandungan Klorofil Daun	42
4.3 Kandungan Partikel Pb (Timbal) Terserap Oleh Daun	46
4.4 Kandungan Partikel Hg (Merkuri) Terserap Oleh Daun	51
4.5 Kandungan Partikel Cd (Kadmium) Terserap Oleh Daun	54
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	63

DAFTAR TABEL

Tabel

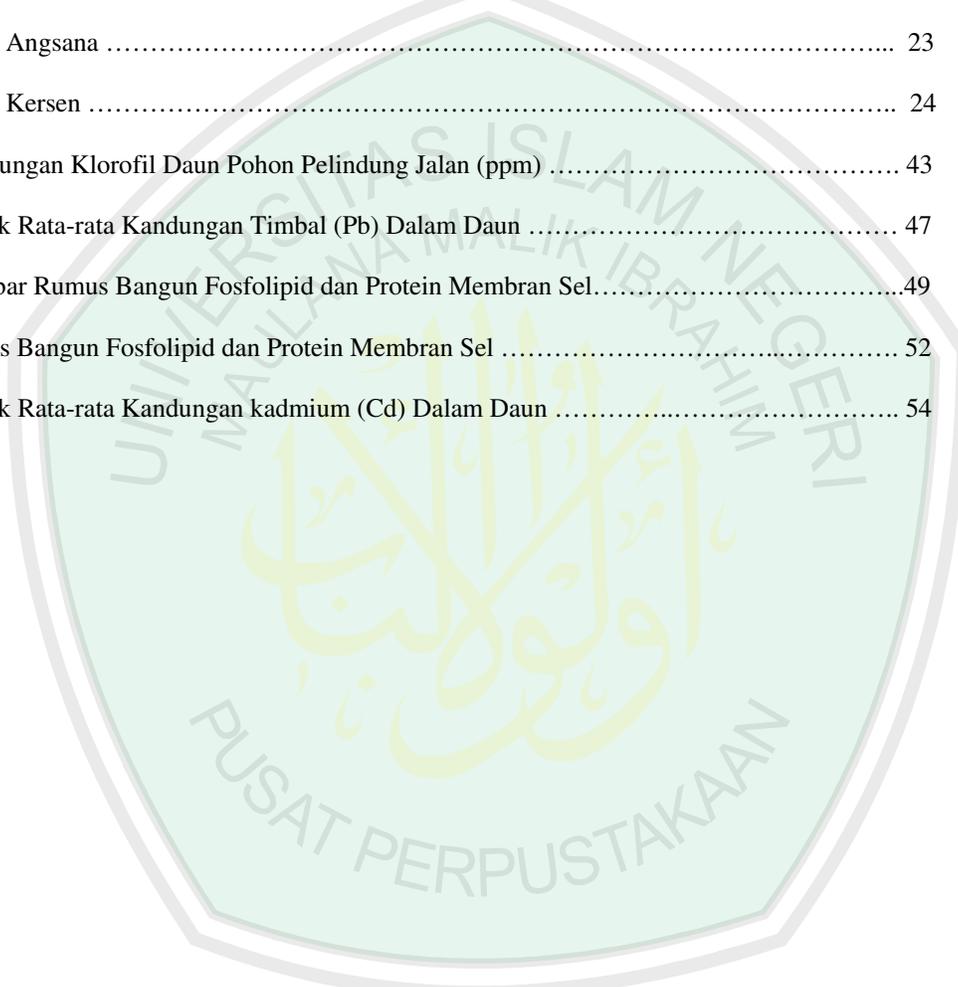
Halaman

2.1 Komposisi Udara Bersih Dan Kering	11
4.1 Rata-Rata Ukuran Stomata (per mm ²)	40
4.2 Rata-Rata Kerapatan Stomata (per mm ²)	41
4.3 Hasil Analisis ANOVA Partikel Pb Dalam Daun	46
4.4 Hasil Analisis ANOVA Partikel Hg Dalam Daun	50
4.5 Hasil Analisis ANOVA Partikel Cd Dalam Daun	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Lumpur Porong	9
2.2 Perpindahan Logam Berat Lumpur Ke Udara Menuju Tumbuhan	19
2.3 Daun Angsana	23
2.4 Daun Kersen	24
4.1 Kandungan Klorofil Daun Pohon Pelindung Jalan (ppm)	43
4.2 Grafik Rata-rata Kandungan Timbal (Pb) Dalam Daun	47
4.3 Gambar Rumus Bangun Fosfolipid dan Protein Membran Sel.....	49
4.4Rumus Bangun Fosfolipid dan Protein Membran Sel	52
4.5 Grafik Rata-rata Kandungan kadmium (Cd) Dalam Daun	54



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1.1 Hasil Pengamatan Ukuran Stomata Daun pohon Pelindung Jalan	62
1.2 Hasil Pengamatan Kerapatan Stomata Daun Pohon Pelindung Jalan	63
1.3 Kandungan Klorofil Dduh Pohon Pelindung Jalan	64
1.4 Kandungan Logam Bberat (Hg,Pb,Cd) Pohon Pelindung Jalan	65
1.5 Hasil Analisis ANOVA Klorofil Angsana	66
1.6 Hasil Analisis ANOVA Klorofil Kersen	67
1.7 Hasil Analisis ANOVA Kandungan Logam Berat Pb	68
1.8 Hasil Analisis ANOVA Kandungan Logam Berat Hg	68
1.9 Hasil Analisis ANOVA Kandungan Logam Berat Cd	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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

Mustikahadi (2001) mengatakan, perubahan lingkungan udara pada umumnya disebabkan pencemaran udara, yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas-gas dan partikel kecil/aerosol) ke dalam udara. Masuknya zat pencemar ke dalam udara dapat secara alamiah, misalnya asap kebakaran hutan, akibat gunung berapi, debu meteorit dan pancaran garam dari air laut, juga sebagian besar disebabkan oleh kegiatan manusia, misalnya akibat aktivitas transportasi, pembuangan sampah baik proses dekomposisi ataupun pembakaran serta kegiatan rumah tangga dan industri.

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 dicampuri dengan zat atau radiasi yang berpengaruh buruk terhadap organisme hidup dan jumlah pengotoran ini cukup banyak sehingga tidak dapat diabsorpsi atau dihilangkan. Salah satu pencemaran yang akhir-akhir ini banyak dibicarakan adalah Lumpur Porong. Lumpur Porong merupakan lumpur yang awalnya disebabkan pengeboran gas di dalam tanah yang mengalami kesalahan dalam proses pengambilan, dimana ketika bor akan diangkat untuk mengganti rangkaian tiba-tiba bor macet, sehingga gas tidak bisa keluar melalui saluran *firepit* dalam rangkaian pipa bor dan menekan ke samping. Gas kemudian mencari celah dan keluar ke permukaan melalui rawa (Syahdun, 2006).

Lumpur Porong yang terus menerus keluar dari pusat semburan membuat lingkungan di sekitar daerah lumpur tercemar, karena kandungan di dalam lumpur menurut Pudjiastuti (2006), terdapat bahan karsinogenik yang bila menumpuk di dalam tubuh, bisa menyebabkan penyakit serius seperti kanker. Berdasarkan analisis

sampel air di tiga lokasi yang berbeda Lumpur Porong mengandung logam berat (Hg), mencapai 2,565 mg/literHg, padahal baku mutunya hanya 0,002 mg/literHg, besi (Fe) terlarut dalam 0,1 N; HCl lebih tinggi dari 700 ppm; mangan (Mn), aluminium (Al), Natrium (Na) dan Chlor (Cl). Selain logam berat terdapat kandungan bahan berbahaya (B3), fenol, nitrit, nitrat dan hidrogen sulfida (H₂S).

Menurut Santoso (2006), kandungan logam berat di Lumpur Porong cenderung mengalami peningkatan karena adanya fluktuasi kandungan kimia dalam luapan lumpur yang belum diketahui penyebabnya. Jenis logam berat yang meningkat seperti Pb, Cr, Cd, Arsen, dan Hg.

Logam berat yang paling banyak terkandung di dalam Lumpur Porong yaitu Hg, Cd, dan Pb selain itu juga terdapat gas hydrogen sulfida yang melebihi ambang batas. Menurut Darmono (2001), urutan mekanisme toksisitas logam berat yang paling tinggi ke paling rendah Hg, Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, dan Zn.

Lumpur yang berbahaya bagi kesehatan masyarakat, karena kandungan logam berat yang terdapat dalam lumpur melebihi ambang batas. Hal ini menyebabkan gangguan kesehatan, gangguan itu antara lain infeksi saluran pernafasan, iritasi kulit, sistem reproduksi, sistem syaraf serta gangguan fungsi paru-paru.

Pencemaran logam berat oleh lumpur Porong selain berpengaruh terhadap kehidupan manusia dan hewan juga berpengaruh terhadap proses fisiologis tanaman secara langsung. Kemampuan masing-masing tanaman untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan terutama terhadap pencemaran berbeda-beda sehingga menyebabkan adanya tingkat kepekaan.

Pohon pelindung jalan adalah pohon yang ditanam di tepi-tepi jalan yang selain berfungsi sebagai keindahan juga berfungsi sebagai peneduh. Tanaman angkana dan kersen adalah salah satu jenis pohon pelindung yang banyak ditanam di rumah atau ditanam di pinggir jalan sebagai pelindung atau peneduh. Jenis pohon pelindung jalan yang paling banyak ditanam di daerah Porong sampai Tanggulangin adalah jenis pohon angkana dan kersen, karena angkana dan kersen menurut Suryowinoto (1997) salah satu fungsinya sebagai keindahan jalan dan penyerap partikel-partikel pencemaran udara.

Pencemaran berupa logam berat yang diemisikan ke udara akan berbetuk partikel- partikel kecil yang disebabkan oleh pemuaian dengan suhu tinggi. Hal ini mengakibatkan dengan mengakibatkan partikel logam tersebut terbawa angin. Sifat logam dalam perpindahannya di udara bergantung pada sifat fisika dan kimia yang dimiliki logam tersebut, ukuran partikel yang berbentuk kondisi cuaca perubahan angin dan kecepatan

angin. Logam berat yang berbentuk partikel bebas sebagian akan menempel pada tumbuhan salah satunya pada bagian daun, partikel tersebut akan terserap ke dalam ruang stomata daun. Ada juga yang menempel pada kulit pohon, cabang dan ranting (Dahlan, 2003).

Menurut Karliansyah (1999), tumbuhan sangat efektif sebagai akumulator pencemaran udara, oleh karenanya tumbuhan terutama bagian daun adalah bagian yang paling peka terhadap pencemaran udara, namun hal ini seringkali tidak tampak secara morfologis. Deteksi dapat dilakukan melalui pengamatan reaksi fisiologis biokimia, ekologi dan analisis di udara. Analisis di udara secara langsung sangat sulit dilakukan, tetapi untuk mengetahui adanya pencemaran melalui analisis pada daun tumbuhan dapat dilakukan, pengaruh pencemaran udara pada daun dapat dilihat dari kerusakan secara makroskopis seperti klorosis, nekrosis atau secara mikroskopis (anatomi) seperti struktur sel atau dari perubahan secara fisiologis dan kimia seperti perubahan klorofil dan metabolisme.

Mengingat tanaman mempunyai kemampuan sebagai akumulator pencemaran udara maka pembanunan tanaman kota merupakan salah satu pemecahan untuk mengatasi polusi udara terutama di jalur transportasi atau di daerah padat industri. Daerah Sidoarjo merupakan daerah pusat industri di Jawa Timur, dimana pembangunan fisik kota dan pabrik meningkat dengan cepat. Namun dengan seiringnya pembangunan tersebut tidak sejalan dengan kualitas lingkungan. Salah satu kerusakan lingkungan yang baru-baru ini adalah terjadinya semburan lumpur yang mengakibatkan kerusakan fisik dan kualitas lingkungan di daerah Tanggulangin dan Porong tersebut menjadi tercemar.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul "**Analisis Karakteristik Stomata, Kadar Klorofil Dan Kandungan Logam Berat Pada Daun Pohon Pelindung Jalan Kawasan Lumpur Porong Sidoarjo**".

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah karakteristik stomata dan kadar klorofil daun pohon pelindung jalan di daerah Lumpur Porong Sidoarjo

2. Berapakah kandungan logam berat (Hg, Cd, Pb) yang terserap dalam daun pohon pelindung jalan di kawasan porong.

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui karakteristik stomata dan kadar klorofil daun pohon pelindung jalan di daerah Lumpur Porong Sidoarjo
2. Untuk mengetahui kandungan logam berat (Hg, Cd, Pb) yang terkandung dalam daun pohon pelindung jalan

1.4. Manfaat Penelitian

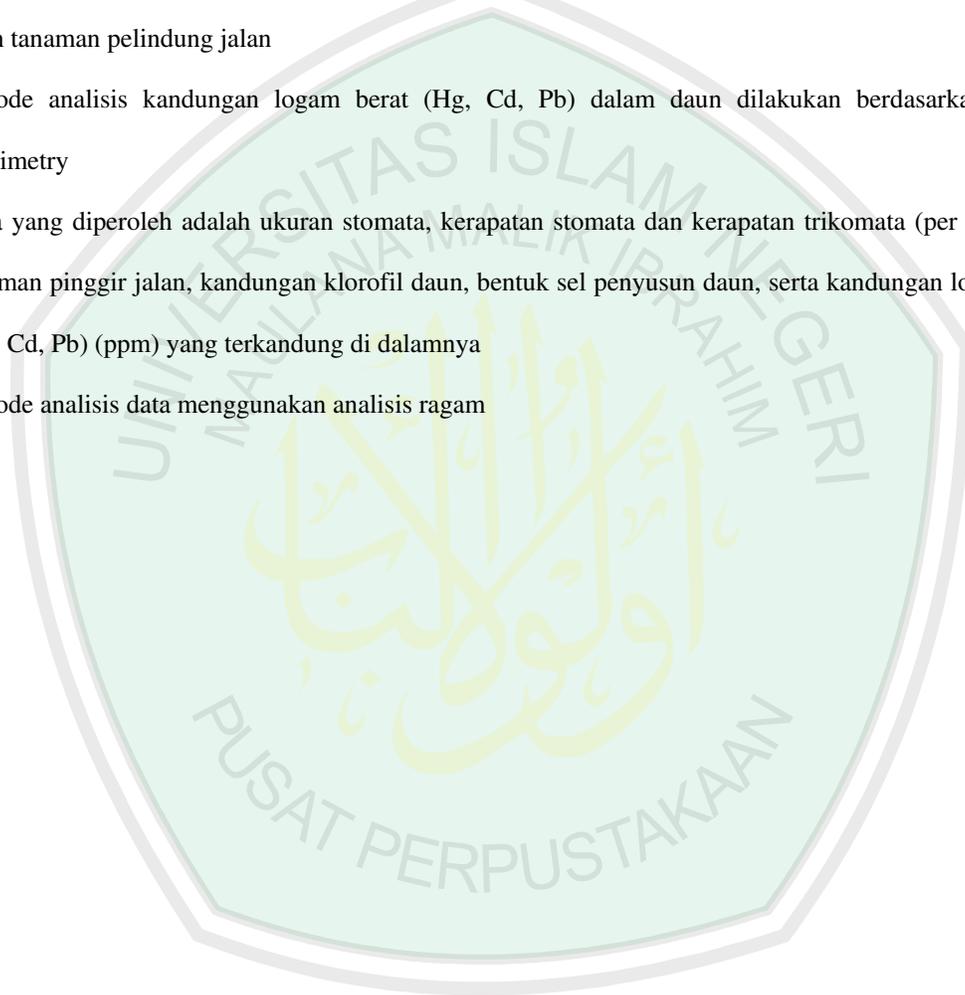
1. Mendapatkan informasi tentang konsentrasi logam berat (Hg, Cd, Pb) yang berasal dari Lumpur Porong yang terserap oleh tumbuhan pelindung jalan
2. Memberikan informasi pada masyarakat sebagai peringatan bahwa daerah tersebut tercemar logam berat yang berasal dari Lumpur Porong
3. Mendapatkan informasi tentang pengaruh emisi logam berat yang berasal dari lumpur Porong terhadap anatomi pohon pelindung jalan.
4. Pentingnya penelitian selanjutnya tentang tumbuhan di lingkungan yang tercemar logam berat (Hg, Cd, Pb) sebagai bioindikator pencemaran

1.5. Batasan Masalah

Agar dalam pembahasan penelitian ini nantinya dapat lebih terarah dan terfokus pada pokok bahasan yang dimaksud, maka dibuat suatu batasan masalah sebagai berikut :

1. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah pohon pelindung jalan di lingkungan Lumpur Porong
2. Jenis tanaman pelindung jalan yang digunakan antara lain : Angsana (*Pterocarpus indicus willd*), dan Kersen (*Muntingia calabura L.*)

3. Pengambilan sampel dilakukan di daerah Lumpur Sidoarjo :
 - a. 800 m dari pusat semburan Lumpur
 - b. 1600 m ke arah utara (Tanggulangin)
 - c. 1600 m ke arah selatan (Porong)
4. Kandungan logam berat (Hg, Cd, Pb) yang diamati meliputi konsentrasi yang terserap (absorpsi) oleh daun tanaman pelindung jalan
5. Metode analisis kandungan logam berat (Hg, Cd, Pb) dalam daun dilakukan berdasarkan metode gravimetry
6. Data yang diperoleh adalah ukuran stomata, kerapatan stomata dan kerapatan trikoma (per mm) daun tanaman pinggir jalan, kandungan klorofil daun, bentuk sel penyusun daun, serta kandungan logam berat (Hg, Cd, Pb) (ppm) yang terkandung di dalamnya
7. Metode analisis data menggunakan analisis ragam



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Lumpur Sidoarjo

Tragedi 'Lumpur Porong' dimulai pada tanggal 29 Mei 2006. Peristiwa ini menjadi suatu tragedi ketika banjir lumpur panas mulai menggenangi areal persawahan, pemukiman penduduk dan kawasan industri. Hal ini wajar mengingat volume lumpur diperkirakan sekitar 5.000 hingga 50 ribu meter kubik per hari (setara dengan muatan penuh 690 truk peti kemas berukuran besar). Akibatnya, semburan lumpur ini membawa dampak yang luar biasa bagi masyarakat di sekitar maupun bagi aktivitas perekonomian di Jawa Timur; genangan hingga setinggi 6 meter pada pemukiman; total warga yang dievakuasi lebih dari 8.200 jiwa; rumah/tempat tinggal yang rusak sebanyak 1.683 unit; areal pertanian dan perkebunan rusak hingga lebih dari 200 ha; lebih dari 15 pabrik yang tergenang menghentikan aktivitas produksi dan merumahkan lebih dari 1.873 orang; tidak berfungsinya sarana pendidikan; kerusakan lingkungan wilayah yang tergenangi; rusaknya sarana dan prasarana infrastruktur (jaringan listrik dan telepon); terhambatnya ruas jalan tol Malang – Surabaya yang berakibat pula terhadap aktivitas produksi di kawasan Ngoro (Mojokerto) dan Pasuruan yang selama ini merupakan salah satu pusat industri di Jawa Timur (Wibisono, 2006).

Lumpur Porong juga berbahaya bagi kesehatan masyarakat. Kandungan logam berat (Hg), misalnya mencapai 2,565 mg/literHg, padahal baku mutunya hanya 0,002 mg/literHg. Hal ini menyebabkan infeksi saluran pernapasan, iritasi kulit dan kanker. Kandungan fenol bisa menyebabkan sel darah merah pecah (hemolisis), dan jantung berdebar (Pudjiastuti, 2006).

Selain perusakan lingkungan dan gangguan kesehatan, dampak sosial banjir lumpur tidak bisa dipandang remeh. Setelah lebih dari 100 hari tidak menunjukkan perbaikan kondisi, baik menyangkut kepedulian pemerintah, terganggunya pendidikan dan sumber penghasilan, ketidakpastian penyelesaian, dan tekanan psikis yang bertubi-tubi, krisis sosial mulai mengemuka. Perpecahan warga mulai muncul menyangkut biaya ganti rugi, teori konspirasi penyuaipan oleh Lapindo, rebutan truk pembawa tanah urugan hingga penolakan menyangkut lokasi pembuangan lumpur setelah skenario penanganan teknis kebocoran 1 (menggunakan *snubbing unit*) dan 2 (pembuatan *relief well*) mengalami kegagalan. Gambar 2.1 menunjukkan

pusat semburan lumpur Porong yang merusak lingkungan.



Gambar 2.1. Lumpur Lapindo

2.2. Pencemaran Udara

Udara (dalam *meteorology* disebut atmosfer) adalah merupakan pencampuran mekanis dari gas-gas (bukan pencampuran kimia). Udara alami (*natural air*) selain terdiri dari uap air juga mengandung campuran partikel padat dan cair yang halus yang disebut *aerosol*.

Wardhana (1995) menyatakan bahwa, udara bersih yang dihirup hewan dan manusia merupakan gas yang tampak, tidak berbau, tidak berwarna maupun berasa. Akan tetapi udara yang benar-benar bersih sulit diperoleh, terutama di kota besar yang banyak terdapat industri dan padat lalu lintas. Udara yang mengandung zat pencemar disebut udara tercemar. Kerusakan lingkungan dan kehidupan manusia. Kerusakan lingkungan berarti berkurangnya daya dukung alam terhadap kehidupan yang selanjutnya akan mengurangi kualitas udara. Di bawah ini terdapat komposisi udara bersih dan kering.

Tabel 2.1 Komposisi Udara Bersih dan Kering

Kompoenan	Simbol	Persen Volume
Nitrogen	N ₂	78,08
Oksigen	O ₂	20,94
Argon	Ar	0,934
Karbondioksida	CO ₂	0,033
Neon	Ne	0,00182
Helium	He	0,00052
Metana	CH ₄	0,00015
Krypton	Kr	0,00011
Hydrogen	H ₂	0,00005

Nitrogen Oksida	N ₂ O	0,00005
Xenon	Xe	0,000009

(Sumber : *Bishop*, 2000)

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (KEPMEN KLH) No. Kep. 02/Men – KLH/1988, yang dimaksudkan pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke udara dan atau berubahnya tatanan udara oleh kegiatan manusia atau proses alam sehingga kualitas udara turun hingga ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Batara (2005) mengatakan, bahwa sumber pencemaran udara yang utama adalah berasal dari transportasi terutama kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar yang mengandung zat pencemar 60% dari pencemar yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon, sumber pencemaran lainnya adalah pembakaran, proses industri, pembuangan limbah dan lain-lain.

2.3. Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran udara yang utama adalah berasal dari transportasi terutama kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar yang mengandung zat pencemar, 60% dari pencemar yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon (Fardiaz, 1992). Sumber-sumber pencemaran lainnya adalah pembakaran, proses industri, pembuangan limbah dan lain-lain.

Pencemaran udara yang lazim dijumpai dalam jumlah yang dapat diamati pada berbagai tempat khususnya di kota-kota menurut Hasketh dan Ahmad dalam Bathara (2005) antara lain adalah :

2.3.1. Nitrogen Oksida (Nox)

Nitrogen Oksida (Nox) yaitu senyawa jenis gas yang terdapat di udara bebas, sebagian besar berupa gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen oksida (NO₂) serta berbagai jenis oksida dalam jumlah yang sedikit. Gas NO tidak berwarna dan tidak berbau, sedangkan gas NO₂ berwarna coklat kemerahan, berbau tidak sedap dan cukup menyengat. Berbagai jenis Nox dapat dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar minyak (BBM) dan bahan bakar (BB) fosil lainnya pada suhu tinggi, yang dibuang ke lingkungan melalui cerobong asap pabrik-pabrik di kawasan pertanian dapat merusak hasil panen.

2.3.2. Belerang Oksida

Belerang oksida adalah senyawa gas berbau tak sedap, yang banyak dijumpai di kawasan industri yang menggunakan batubara dan kerkas sebagai bahan bakar dari 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 ia sangat reaktif terhadap berbagai jenis logam (membentuk senyawa logam sulfida). Ia juga mengganggu kesehatan, 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.

2.3.3. 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 partikel ini adalah ukurannya, yang berkisar antara 0,0002 mikron hingga 500 mikron.

Pencemaran oleh partikel dapat menimbulkan beberapa permasalahan, antara lain adalah sebagai berikut :

1. Mengganggu kesehatan manusia dan lingkungan
2. Mempunyai daya pencemar udara yang luas penyebarannya dan tinggi seperti Be, Pb, Cr, Hg, Ni, dan Mn
3. Partikel dapat menyerap gas sehingga dapat mempertinggi efek bahaya dari komponen tersebut

2.3.4. 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 fisiologis tubuh.

Pencemaran logam berat terhadap alam lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya

dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia. Pada awalnya digunakannya logam sebagai alat, belum diketahui pengaruh pencemaran terhadap lingkungan dan pada tingkat tertentu dapat mengganggu kesehatan manusia. Logam yang dapat menyebabkan keracunan adalah jenis logam berat saja.

Logam di alam dikelompokkan menjadi tiga, yaitu loga, semi logam, dan logam berat. Secara umum, logam merupakan sekelompok elemen kimia yang berbentuk padat dan merupakan penghantar panas dan listrik yang baik.

Kelompok semi logam merupakan elemen dengan ciri-ciri antara logam dan non logam, misalnya As, Ge, B, dan Te (Palar, 2004). Adapun kelompok logam berat menunjuk pada logam yang mempunyai berat jenis lebih dari 5 atau 6 g/cm³. Pada kenyataannya dalam pengertian logam berat ini, dimasukkan unsur-unsur semi logam (*metalloid*) yang mempunyai sifat berbahaya seperti logam berat, sehingga jumlah seluruhnya mencapai lebih kurang 40 jenis. Beberapa logam berat yang bersifat toksik antara lain As, Cd, Cu, Pb, Hg, Ni, dan Zn. Menurut Darmono (1995) urutan toksisitas logam paling tinggi ke paling rendah adalah Hg, Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, dan Zn.

Logam berat juga dikelompokkan menjadi tiga, yaitu logam esensial, logam toksik dan logam non esensial. Logam esensial merupakan logam yang telah diketahui fungsi biologisnya, misalnya Na, K, Mg, Ca, Fe, Zn, dan Cu. Meskipun logam ini merupakan logam yang penting untuk pertumbuhan dan metabolisme mikrobia, akan tetapi pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan toksik. Logam toksik adalah logam yang dapat menyebabkan racun bila terakumulasi dengan sel hidup. Contoh logam ini antara lain Ag, Cd, Sn, Au, Hg, Pb, Al. Logam non esensial yaitu logam nontoksik yang belum diketahui efek biologisnya, misalnya Rb, Cs, Sr, dan Ti (Maeier, dkk., 2000 dalam Masrurah, 2005).

Sumber tersebarnya logam di alam lingkungan dan di udara karena proses digunakannya logam tersebut pada suhu tinggi. Emisi logam tersebut dalam proses yang menggunakan suhu tinggi akan merusak siklus biogeokimiawi sistem tata kehidupan manusia dan alam sekitarnya, untuk mengetahui dan mengukur seberapa jauh kerusakan yang ditimbulkannya perlu diinventarisasikan seberapa besar jumlah konsentrasi emisi dari logam.

a) Merkuriium (Hg)

Merkuriium (Hg) atau air raksa adalah logam yang ada secara alami, merupakan satu-satunya logam

yang dalam suhu kamar berwujud cair. Logam murninya berwarna keperakan, cairan tidak berbau dan mengkilap. Bila dipanaskan sampai suhu 360°C Hg akan menguap (Setiawan, 2001).

Sebagian besar senyawa merkuri organik digunakan secara luas sebagai pestisida, terutama fungisida. Dan banyak juga digunakan di industri misalnya pada industri pembuatan kertas, penambangan emas. Pengaruh dari toksisitas merkuri terhadap tubuh antara lain, kerusakan syaraf, kebutaan, kerusakan kromosom yang menyebabkan kecacatan pada bayi (Rukaesih, 2006).

Sedangkan kerusakan pada tumbuhan mengakibatkan terjadinya kerusakan fisiologis di dalam tanaman sebelum terjadinya kerusakan fisik (Koslowski dan Mudd, 1975 dalam Batara, 2005).

b) Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) merupakan golongan logam yang sifat fisiknya logam lunak, *ductile*, berwarna putih perak. Logam ini akan kehilangan kilapnya bila dalam udara yang basah atau lembab serta akan cepat mengalami kerusakan bila dikenai oleh uap amonia (NH_3) dan sulfur hidroksida (Palar, 2004).

Logam kadmium ini biasanya selalu ada bercampur dengan logam lain, terutama dalam pertambangan seng (Zn) dan timah hitam yang selalu ditemukan kadmium dengan kadar 0,2 – 04% di samping itu Cd juga diproduksi dari peleburan bijih-bijih logam Pb (timah hitam) dan Cu (tembaga), namun demikian Zn merupakan sumber utama dari logam Cd sehingga produksi dari logam tersebut sangat dipengaruhi oleh Zn.

Kadmium (Cd) merupakan unsur logam yang paling beracun setelah Hg. Kadmium merupakan logam penyebab toksisitas kronis yang biasanya terakumulasi di dalam tumbuh terutama dalam ginjal. Keracunan Cd dalam jangka waktu lama bersifat toksik terhadap beberapa macam organ, yaitu paru-paru, tulang, hati, dan ginjal (Darmono, 1995).

Logam kadmium sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari manusia. Misalnya pada bidang industri dapat sebagai pewarna dalam industri plastik pada *electroplating*.

c) Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan jenis logam berat yang bersifat toksik apabila terakumulasi oleh tubuh, konsentrasi Pb di udara dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Asap yang besar dari cerobong pabrik sampai pada knalpot kendaraan telah melepaskan Pb ke udara (Palar, 2004).

Bahan aditif yang biasanya dimasukkan ke dalam bahan bakar kendaraan bermotor pada umumnya

terdiri dari 62% tetraetil-Pb, 18% tetraetilklorida, 18% tetraetilbromida dan sekitar 2% campuran tambahan dari bahan-bahan yang lain. Jumlah senyawa Pb yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa-senyawa lain dan tidak terbakar musnahnya dalam peristiwa pembakaran pada mesin menyebabkan jumlah Pb yang dibuang ke udara melalui asap pembuangan kendaraan menjadi tinggi. Melalui buangan mesin tersebut, unsur Pb terlepas ke udara, sebagian diantaranya akan terbentuk partikulat di udara bebas dengan unsur-unsur lain, sedangkan sebagian lainnya akan menempel dan diserap oleh daun tumbuh-tumbuhan yang ada di sepanjang jalan (Palar, 2004).

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, dan lain-lain.

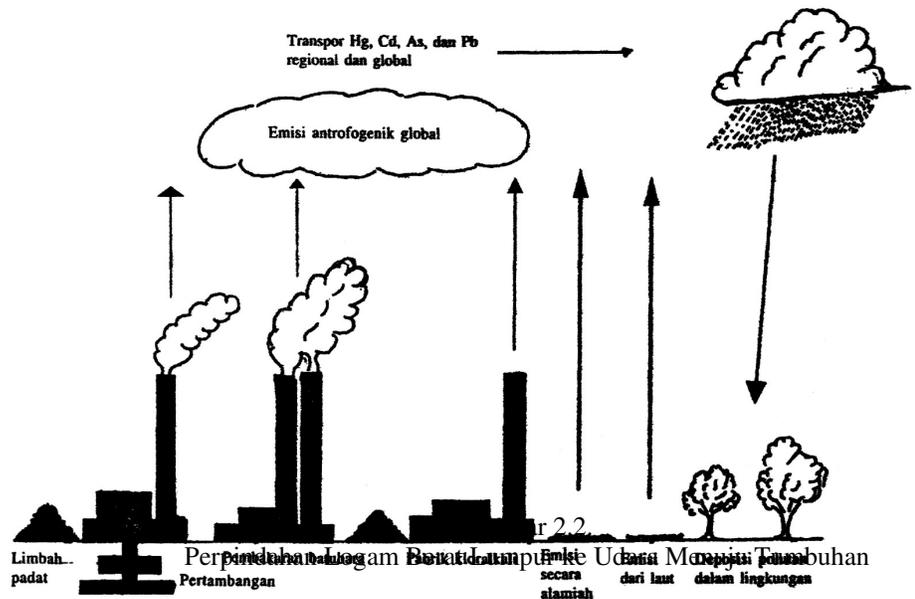
2.3.5. Sifat Kimia Logam

Sebagian besar logam adalah berbentuk kation, yaitu bermuatan positif bila berada dalam bentuk ion bebas dan sangat reaktif dengan permukaan yang bermuatan negatif. Di udara, kation logam seperti ion Hg^{2+} menjadi Hg^0 dan ion Hg^{2+} . Proses ini dapat terjadi atas ion-ion Hg^{2+} yang mengendap pada dasar lumpur perairan tercemar oleh dukungan faktor-faktor suhu, pH dan lingkungan. Redoks yang terdapat dalam lumpur yang ada di dasar perairan tersebut. Hg^{2+} dan Hg^0 yang ada dalam lumpur di dasar perairan itu oleh aktifitas bakteri yang akan membentuk ion-ion metil merkuri (CH_3Hg^+) atau senyawa metil merkuri ($(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$). Senyawa tersebut sangat beracun bagi biota perairan dan dengan sangat mudah dapat menguap ke udara. Selain itu kation logam juga dapat berkaitan dengan muatan negatif di permukaan sel, sehingga dapat ditranspor ke dalam sel yang selanjutnya dapat menyebabkan toksik (Palar, 2004).

2.3.6. Proses Perpindahan Emisi Logam di Udara

Sumber logam di udara yang berasal dari proses industri itu disebabkan digunakannya logam tersebut pada suhu tinggi. Logam yang diemisikan ke udara berbentuk partikel-partikel kecil yang disebabkan oleh pemanasan dengan suhu tinggi, hal ini mengakibatkan partikel logam tersebut terbawa angin. Sifat logam tersebut dalam perpindahannya di udara bergantung pada sifat fisik dan kimia yang dimiliki logam tersebut, ukuran partikel yang berbentuk, kondisi cuaca, perubahan angin, dan kecepatan angin. Logam berat yang terbentuk partikel bebas sebagian akan menempel pada tumbuhan salah satunya pada bagian daun. Gambar di

bawah ini menjelaskan proses terjadinya perpindahan logam berat menuju tumbuhan (Darmono, 2001).



Menurut Kozak dan Sudarmo dalam Purnomohadi (1995), ada dua bentuk emisi dari unsur atau senyawa pencemar udara yaitu :

- 1) Pencemar udara primer (*primary air pollution*), yaitu emisi unsur-unsur pencemar udara langsung ke atmosfer dari sumber-sumber diam maupun bergerak. Pencemar udara primer ini mempunyai waktu paruh di atmosfer yang tinggi pula, misalnya CO, CO₂, NO₂, SO₂, CFC, Cl₂, partikel debu, dsb.
- 2) Pencemar udara sekunder (*secondary air pollution*), yaitu emisi pencemar udara dari hasil proses fisik dan kimia di atmosfer dalam bentuk fotokimia (*photochemistry*) yang umumnya bersifat reaktif dan mengalami transformasi fisika – kimia menjadi unsur senyawa. Bentuknya pun berbeda/berubah dari saat diemisikan hingga setelah ada di atmosfer, misalnya ozon (O₃), aldehida, hujan asam, dan sebagainya.

Berdasarkan sebaran ruangan, sumber pencemaran dapat dikelompokkan menjadi sumber titik, sumber wilayah, dan sumber garis. Sementara menurut sumber pencemarannya, emisi pencemar udara dapat dikelompokkan menjadi sumber diam dan sumber bergerak. Sumber diam biasanya berupa kegiatan industri rumah tangga (pemukiman), tetapi sementara pakar menganggap permukaan sebagai pencemar udara non titik (*non – point sources*). Sumber bergerak terutama berupa kendaraan bermotor, yang berkaitan dengan transportasi.

Senyawa pencemar udara berdasarkan sifatnya menjadi tiga kelompok seperti yang dikemukakan oleh Methem (1981) yaitu :

- 1) Senyawa yang bersifat reaktif
- 2) Partikel-partikel halus yang tersangka di atmosfer dalam jangka waktu yang lama
- 3) Partikel-partikel kasar yang segera jatuh ke permukaan tanah

Senyawa-senyawa pencemar udara tersebut antara lain adalah SO_2 , SO_3 , CO, ammonia (NH_3), asam hidroklorit, senyawa flour dan unsur-unsur radioaktif. Partikel-partikel halus terutama berbentuk kabut yang berasal dari proses pembakaran bahan bakar secara tak sempurna; sedangkan partikel-partikel kasar terutama berbentuk senyawa organik. Senyawa SO_2 , asap dan debu dapat berfungsi sebagai *prototype* senyawa pencemar udara yang lain.

2.4. Pohon Pelindung Jalan

Tanaman pelindung jalan adalah jenis-jenis tanaman berbentuk pohon yang banyak ditanam di tepi jalan. Jenis tanaman ini mempunyai fungsi utama sebagai pelindung jalan atau peneduh dan keindahan (Suryowinoto, 1997).

Pentingnya pohon pelindung jalan ditanam di sekitar jalan adalah agar lingkungan jalan menjadi teduh dan nyaman, selain itu pohon pelindung jalan dapat juga sebagai filter dari adanya polusi udara dan peredam kebisingan kendaraan bermotor. Hal ini dikarenakan suasana jalan yang ditanami pohon akan menjadi lebih sejuk dan tidak silau (Dahlan, 2004).

Menurut Purkanto (1998) *dalam* Zahroh (2006), beberapa persyaratan penting dalam pemilihan jenis pohon pelindung jalan diantaranya adalah faktor keamanan bagi pemakai jalan. Tajuk pohon memberikan naungan yang sempurna tapi tidak terlalu teduh, agar tidak mengganggu lalu lintas. Tanaman yang tumbuh di tepi jalan harus tergolong dalam jenis tanaman yang mempunyai batang dan percabangan kuat, tidak mudah patah serta memiliki kelenturan yang cukup, sehingga pada saat tertiuip angin yang kuat, tanaman tidak patah jatuh menimpa pemakai jalan. Tanaman juga tidak mudah roboh, karena memiliki perakaran yang kurat serta akarnya menghujam masuk ke dalam tanah, tidak menyebar di atas permukaan tanah saja.

2.4.1. Fungsi Pohon Pelindung Jalan

Menurut Dahlan (2004), pohon pelindung jalan merupakan tumbuhan yang hidup di pinggir jalan dan

dapat sebagai keindahan kota. Pohon pelindung jalan mempunyai fungsi antara lain :

a) Fungsi Ekologi

1. Dapat sebagai paru-paru kota, dimana tumbuhan itu menghasilkan gas oksigen yang dibutuhkan oleh semua makhluk hidup
2. Sebagai penyerap gas/partikel beracun, dimana tumbuhan pinggir jalan mempunyai kemampuan penyerapan gas/partikel beracun atau dapat mengurangi pencemaran
3. Sebagai peredam kebisingan
4. Sebagai habitat burung

b) Fungsi Pendidikan

Keberadaan tanaman peneduh jalan dapat dijadikan sebagai objek pendidikan, pengajaran, dan penelitian. Tanaman berguna untuk pendidikan dalam bidang pertanian dan biologi.

2.4.2. Jenis-jenis Pohon Pelindung Jalan

Berdasarkan persyaratan pohon pelindung jalan yang dikemukakan oleh Dahlan (2004) di atas, terdapat beberapa tanaman yang termasuk jenis pohon pelindung jalan, antara lain :

a. Angsana

Daun angsana ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3. Daun Angsana

1) Sistematika

Klasifikasi tanaman angkana menurut Cronquist (1981) adalah sebagai berikut :

Divisio	:	Magnoliophyta
Sub divisio	:	Angiospermae
Classis	:	Magnoliopsida
Sub classis	:	Rosidae
Ordo	:	Fabales
Family	:	Fabaceae
Genus	:	<i>Pterocarpus</i>
Species	:	<i>Pterocarpus indicus willd</i>

(Sumber : Dahlan, 2004)

2) Diskripsi

Tanaman angkana termasuk famili *Fabaceae* dan merupakan jenis tanaman pohon tinggi. Ketinggiannya bisa mencapai 10 sampai 40 m. Ujung ranting tanaman ini berambut. Daunnya majemuk dan menyirip ganjil. Daun penumpu berseling. Anak daun berjumlah 5 – 13. Daun berbentuk bulat telur dan memanjang. Ujung daun meruncing, tumpul dan mengkilap. Panjang daun tanaman angkana 4 – 10 cm dengan lebar 2,5 – 5 cm. anak tangkai panjangnya lebih kurang 0,5 – 1,5 cm. Bunganya berkelamin ganda, berwarna kuning cerah dan baunya sangat harum (Suryowinoto, 1997).

b. Kersen

Daun kersen ditunjukkan pada gambar 2.4



Gambar 2.4. Daun Kersen

1) Sistematika

Klasifikasi tanaman kersen menurut Cronquist (1981) adalah sebagai berikut :

Divisio	:	Magnoliophyta
Sub divisio	:	Angiospermae
Classis	:	Magnoliopsida
Sub classis	:	Dilleniidae
Ordo	:	Malvales
Family	:	Tiliaceae
Genus	:	Muntingia
Species	:	<i>Muntingia calabura L.</i>

(Sumber : Dahlan, 2004)

2) Diskripsi

Kersen termasuk famili *Tiliaceae* yang berupa pohon kecil. Percabangannya banyak dengan tinggi tanaman dapat mencapai 10 m. Ranting-ranting tanaman ini berambut halus yang rapat dan berambut kelenjar. Daun tunggal dan duduk daun berseling. Helaian daun tanaman ini tidak sama sisi. Daun berbentuk bulat telur, lanset, ujung dan pangkal daun runcing. Permukaan daun bagian atas berambut rapat seperti wol. Panjang daun 4,5 – 14 cm dengan lebar 1,5 – 4 cm dan bertangkai pendek. Bunga 1 – 3 menjadi satu di ketiak daun (Suryowinoto, 1997).

Bunga tanaman ini berwarna putih dan buahnya berbentuk bulat seperti chery merah dengan diameter 15 mm. Dalam daging buah mengandung ribuan biji kecil-kecil. Buah kersen bisa dikonsumsi dalam bentuk segar atau bisa juga dibuat selai. Kayu tanaman ini bisa dibuat tali dan bunganya dapat digunakan sebagai obat tradisional. Tanaman ini tumbuh pada iklim tropis pada ketinggian sampai 1000 m di atas permukaan laut dan dapat bertahan hidup sekalipun di tanah asam (Suryowinoto, 1997).

2.5. Stomata

Stomata terdapat hampir pada semua bagian permukaan tanaman, suatu stomata terdiri dari lubang (*porus*) yang dikelilingi oleh 2 sel penutup. Pada daun, stomata terdapat pada permukaan atas maupun bawah, atau biasanya pada permukaan bawah saja. Di bawah pori stomata terdapat ruang antara sel yang luas, disebut rongga stomata.

Berdasarkan hubungan stomata dengan sel epidermis tetangga, Chalk dan Metcalfe (1950) dalam Sumardi dan Pudjorianto (1992) mengklasifikasikan stomata menjadi beberapa tipe sebagai berikut :

1. Tipe Anomositik

Jumlah sel tetangga yang mengelilingi sel penutup tidak tertentu, dan tidak dapat dibedakan dengan sel epidermis lainnya.

2. Tipe Anisositik

Biasanya jumlah sel tetangga 3 satu sel lebih kecil dari 2 lainnya.

3. Tipe Diasitik

Dua sel tetangga mengelilingi sel penutup, dan letaknya tegak lurus terhadap poros panjang sel penutup.

4. Tipe Parasitic

Poros panjang sel penutup sejajar dengan sel tetangga.

5. Tipe Aktinositik

Jumlah sel tetangga 4 atau lebih, sel-selnya memanjang ke arah radial terhadap sel penutup.

6. Tipe Siklositik

Jumlah sel tetangga 4 atau lebih, sel-selnya tersusun melingkar seperti cincin.

Menurut Hidayat (1995) dalam Malia (2006), stomata terdapat pada semua bagian tumbuhan di atas tanah, tetapi paling banyak ditemukan pada daun. Jumlah stomata beragam pada daun tumbuhan yang sama dan juga daerah daun yang sama. Pada beberapa jenis tumbuhan, jumlah stomata berkisar antara beberapa ribu per cm^2 . Pada umumnya stomata lebih banyak terdapat pada permukaan bawah daripada permukaan atas daun, bahkan pada beberapa tumbuhan, stomata tidak terdapat pada permukaan bawah daun (Loveless, 1983).

2.6. Kerapatan Stomata

Menurut Campbell, Reece dan Mitchel (1999) menjelaskan bahwa, pada sebagian besar tumbuhan, stomata lebih banyak di permukaan bawah daun dibandingkan dengan permukaan atas. Adaptasi ini akan meminimumkan kehilangan air yang terjadi lebih cepat melalui stomata pada bagian atas suatu daun yang terkena matahari, ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Malia (2006), bahwa jumlah kerapatan stomata di bawah permukaan daun itu lebih tinggi dibandingkan di atas daun pada jenis tumbuhan peneduh jalan, sehingga semakin tinggi jumlah kerapatan stomata, semakin tinggi pula potensi menyerap logam berat atau partikel di udara.

2.7. Klorofil

Tumbuhan menangkap cahaya yang menggunakan pigmen yang disebut klorofil, pigmen inilah yang memberi warna hijau pada tumbuhan. Kloroplas mengandung pigmen yang disebut klorofil. Klorofil inilah yang menyerap cahaya yang akan digunakan dalam proses fotosintesis meskipun seluruh bagian dalam tumbuhan yang berwarna hijau mengandung kloroplas, namun sebagian besar energi dihasilkan di daun. Di dalam daun terdapat lapisan sel yang disebut mesofil yang mengandung setengah juta kloroplas setiap milimeter persegi (Kimball, 1983).

Kloroplas sel tumbuhan adalah struktur memipih dengan panjang rata-rata 7 μm dan lebar 3 – 4 μm (gambar). Masing-masing dibatasi sepasang membran luar yang halus. Batas luar ini melingkupi matriks fluida yang dinamakan stomata dan suatu system membran yang meluas. Membran dalam ini terlipat berpasangan yang disebut lamella (Kimball, 1983).

2.8. Pengaruh Pencemaran Terhadap Tumbuhan

Kozlowski (1991) menyatakan pencemaran udara menyebabkan kerusakan dan perubahan fisiologi tanaman yang kemudian diekspresikan dalam gangguan pertumbuhan. Pencemaran menyebabkan perubahan pada tingkatan biokimia sel kemudian diikuti oleh perubahan fisiologi pada tingkat komunitas tanaman. Dijelaskan pula bahwa pencemaran udara terhadap tanaman dapat mempengaruhi :

a) Pertumbuhan

Pencemaran udara dan air dapat mengurangi pertumbuhan kambium, akar dan bagian reproduktif.

b) Pertumbuhan Akar

Pencemaran gas maupun partikel mengurangi pertumbuhan akar tergantung pada 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_2 , NO_2 dan partikel.

c) Pertumbuhan Daun

Luasan daun dari suatu pohon dan tegakkan pohon yang terekspose ke pencemar udara dapat berkurang karena pembentukan dan kecepatan absisi daun.

2.8.1. Kerusakan Anatomi Daun

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 kloroplas, dan merupakan bagian yang paling banyak mempengaruhi periodik 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.

Perubahan histologis yang paling umum dalam kerusakan daun oleh pencemar udara adalah plasmolisis, granulasi atau disorganisasi penyusun sel, rusaknya sel atau disintegrasi, dan pigmentasi jaringan (Darley dan Middleton, 1996 dalam Mudd, 1975 dalam Bathara, 2005).

Koslowski dan Mudd (1975) dalam Bathara (2005) menyebutkan bahwa bahan pencemar dapat menyebabkan terjadinya kerusakan fisiologis di dalam tanaman jauh sebelum terjadinya kerusakan fisik. Para ahli lainnya menyebutkan hal tersebut sebagai kerusakan tersembunyi. Kerusakan tersembunyi dapat berupa penurunan kemampuan tanaman dalam menyerap air, pertumbuhan sel yang lambat atau pembukaan stomata yang tidak sempurna.

Total luasan daun (*leaf area*) dari suatu tanaman yang terkena pencemaran udara 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. Kriteria ini untuk beberapa kerusakan yang tidak terlihat adalah meliputi hal-hal berikut ini :

- 1) Kerusakan tersebut meliputi gangguan kehidupan tumbuhan yang pada akhirnya berdampak pada pertumbuhan
- 2) Gangguan tersebut tidak terlihat oleh mata secara langsung
- 3) Tumbuhan menjalani waktu paparan terhadap konsentrasi pencemar yang tidak menghasilkan gejala (simptom) yang dapat diamati

Istilah kerusakan daun yang tidak terlihat bukan istilah yang tepat karena perubahan anatomi dari respon tumbuhan terhadap pencemaran udara dapat dilihat dengan mikroskop. Di samping itu kerusakan klorosis dan nekrosis jelas mempengaruhi jaringan fotosintesis dari gejala yang tampak serta menurunnya pertumbuhan adalah akibat gangguan aktifitas dan struktur sel.

Menurut hasil penelitian Sukarsono (1998) kerusakan abnormalitas anatomi daun seluruh tumbuhan yang diteliti dengan kandungan pencemar di udara secara umum menunjukkan adanya pengaruh yang nyata terutama gas SO₂ dan Pb terhadap abnormalitas masing-masing jaringan. Kerusakan anatomi daun (termasuk juga kerusakan klorofil dan kloroplast) akibat pencemaran udara disebabkan karena pengaruh gas pencemar tersebut yang mempengaruhi pH medium sel dan jaringan yang menjadi lebih rendah (ion-ion H⁺ 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). Fakta menunjukkan bahwa membran biologis tidak benar-benar tidak permeabel, membran tersebut memungkinkan terjadinya difusi ion dan molekul ditambah keberadaan enzim dalam membran tersebut yang secara langsung dapat mempengaruhi transportasi ion dan molekul untuk menyeberangi membran.

2.9. Kota sidoarjo

Sidoarjo adalah sebuah kota di Jawa Timur, terletak 20 km sebelah selatan kota Surabaya, wilayah kota Sidoarjo dikelilingi oleh Kabupaten Sidoarjo. Secara administratif, Kabupaten Sidoarjo terdiri atas 18 kecamatan yang dibagi lagi atas sejumlah desa dan kelurahan. Kabupaten Sidoarjo berbatasan dengan kota Surabaya dan Kabupaten Gresik di utara, Selat Madura di timur, Kabupaten Pasuruan di selatan, serta Kabupaten Mojokerto di barat. Sidoarjo dikenal dengan sebagai penyangga utama kota Surabaya dan termasuk kawasan Gerbang Kertasusila. Berdasarkan letak geografisnya, Sidoarjo termasuk salah satu daerah yang sangat strategis bagi pengembangan industri, perdagangan dan jasa.

Dengan meningkatnya pusat industri di daerah Sidoarjo mengakibatkan kualitas lingkungan di daerah tersebut tidak sejuk lagi, ini tidak sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk yang terus meningkat, yang mana masyarakat dan tumbuhan merupakan konsumen pencemaran. Pencemaran udara di Sidoarjo pada tahun 2006 ini meningkat dengan pesat apalagi dengan kejadian meluapnya semburan lumpur yang menyebabkan masyarakat di daerah tersebut menjadi terusir dari tempat tinggalnya (Wibisono, 2006).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah diskriptif kualitatif dan kuantitatif.

3.2. Obyek Penelitian

Obyek penelitian yang digunakan adalah pohon pelindung jalan yang terdapat di sekitar daerah Tanggulangin dan Porong.

3.3. Waktu dan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium kimia UMM Malang dan laboratorium biologi UIN Malang, pada tanggal 20 Mei sampai 15 Juni 2007.

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gunting tanaman, pisau, meteran, kantong plastik, kertas, label, kamera, timbangan analitik, tabung reaksi, labu takar, spatula, tanur, kertas saring, pistil dan mortal, cuvet, spektrofotometer, lemari pendingin, oven, kuas, mikroskop cahaya, micrometer objektif, micrometer okuler, alat tulis dan tabel perekam data.

3.4.2. Bahan

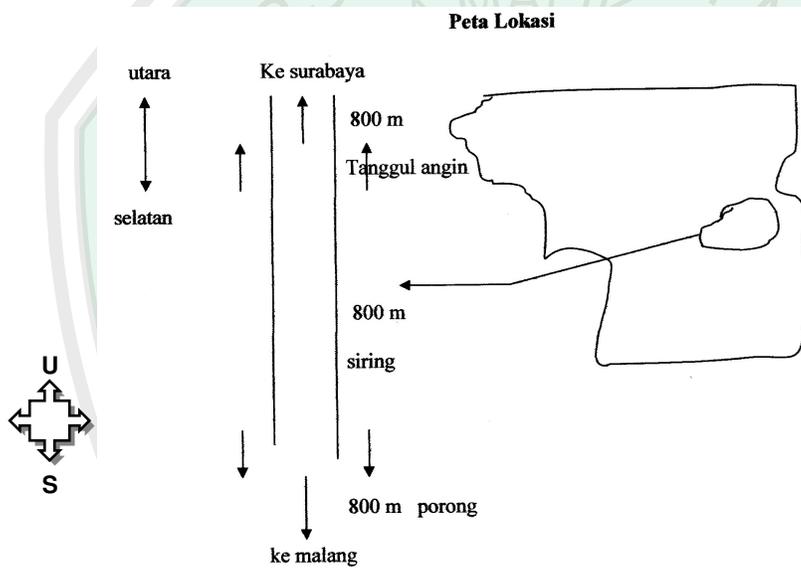
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Sampel daun, HNO₃, Aquades, Gum arab, Larutan sodium trartrate, Potasium iodide, Larutan 2 – naphthaquinoline, Larutan trhonalid

3.5. Prosedur Penelitian

3.5.1. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Penentuan pengambilan sampel tumbuhan, terlebih dahulu dilakukan studi pendahuluan untuk menentukan tempat yang akan dijadikan lokasi pengambilan sampel. Sehingga sampel yang diambil terdapat perbedaan yang signifikan. sampel diambil pada 3 lokasi yang berbeda yang berjarak 800 m antar lokasi, setiap lokasi diambil 3 sampel dari tumbuhan angkana dan kersen yang meliputi bagian daun.



3.5.2. Penentuan Jenis Pohon

Pohon pelindung jalan yang ada di lokasi didata, baik jumlah maupun jenisnya. Kemudian diambil sampel masing-masing species pada lokasi yang sudah ditentukan.

3.5.3. Pengamatan Sampel Daun

Pengambilan sampel dilakukan pada daun pohon yang berada di pinggir jalan Tanggulangin sampai Porong. Agar sampel daun representatif, untuk setiap pohon diambil sampel daun dengan jumlah daun 4 – 6 lembar pada ketinggian 1, 2, 3, dan 4 meter dari permukaan tanah dan selanjutnya dicampur secara merata dengan 3 kali ulangan.

3.5.4. Pengamatan Daun

3.5.4.1. Anatomi

a) Karakteristik Stomata

1. Sampel diambil dan dipilih daun yang terkena cahaya matahari langsung dan telah membuka sempurna
2. Permukaan atas dan bawah diolesi dengan gum arab dengan menggunakan kuas dan dibiarkan hingga kering
3. Cetakan stomata dari gum arab diambil dari daun dan diamati dengan menggunakan mikroskop cahaya pada perbesaran 400x, kemudian dilakukan perhitungan terhadap :

a. Ukuran Stomata

Untuk mengetahui panjang dan lebar stomata menggunakan micrometer objektif dan micrometer okuler. Kalibrasi perlu dilakukan untuk mengetahui berapa nilai untuk setiap skala pada micrometer okuler jika dikonversikan ke dalam micrometer (μm). Kalibrasi micrometer okuler dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

Skala pada micrometer okuler (kalibrasi) = A/BX 0.01 mm x 1000 μm

Keterangan :

A = Σ skala pada micrometer objektif yang berhimpit pada sisi kanan

B = Σ skala micrometer okuler antara dua garis yang berhimpit pada micrometer objektif

0,01 = Nilai setiap skala pada micrometer objektif dalam mm

1000= Nilai konversi dari milimeter ke micrometer (1 mm = 1000 mikrometer)

Ukuran stomata diklasifikasikan menjadi :

- a) Ukuran kurang panjang (< 20 μm)
- b) Ukuran panjang (20 – 25 μm)
- c) Ukuran sangat panjang (> 25 μm)

(Agustini, 1999 dalam Kurnia, 2005)

b) Kerapatan Stomata

$$\text{Rata-rata stomata (rerata Sa)} = \frac{\text{Sa}_1 + \text{Sa}_2 + \text{Sa}_3 + \dots + \text{Sa}_n}{n}$$

Keterangan : Sa₁ : Jumlah stomata bidang pandang ke 1

Sa₂ : Jumlah stomata bidang pandang ke 2

Sa₃ : Jumlah stomata bidang pandang ke 3

Sa_n : Jumlah stomata bidang pandang ke n

LBP : Luas bidang pandang (mm²)

$$\text{Kerapatan Stomata (Ka}_n\text{)} = \frac{\text{rerata Sa}}{\text{LBP}}$$

c) Analisis Kandungan Klorofil Daun

Daun tanaman diambil yang pertumbuhannya sudah optimum sebanyak 3 gr dan kemudian dihaluskan, sambil ditambahkan acetone sebanyak 10 ml sambil digiling dan diaduk agar pigmennya larut, kemudian larutan tersebut dimasukkan dalam Erlenmeyer kecil. Selanjutnya larutan dalam Erlenmeyer dimasukkan ke lemari pendingin dan didiamkan selama 1 x 24 jam. Kemudian larutan tersebut disaring menggunakan kain kasa dan larutan yang telah disaring diambil 1 ml dan ditambahkan acetone sebanyak 10 ml. Selanjutnya larutan tersebut diambil lagi 1 ml dan ditambahkan acetone lagi sebanyak 10 ml. Larutan terakhir tersebut dimasukkan ke dalam spektrofotometer dan diamati absorpsi cahayanya pada panjang gelombang 645, 646, dan 663 nm.

3.6. Proses Destruksi Sampel

Proses destruksi sampel pada tumbuhan adalah sebagai berikut (Bassett *et.al.*, 1978) :

Sampel tumbuhan yang telah diambil dari lokasi pengamatan dicuci untuk menghilangkan lumpur atau debu yang melekat pada organ tumbuhan, kemudian dioven pada suhu 80°C selama 48 jam. Setelah kering sampel dihaluskan hingga menjadi serbuk. Sampel tumbuhan dihaluskan menggunakan blender, kemudian ditimbang sebanyak 2 – 4 gram. Setelah itu dimasukkan ke dalam *furnace oven* pada suhu 450°C selama 12 jam sampai menjadi abu yang berwarna putih. Abu sampel kemudian didestruksi secara kimia, untuk dianalisis kandungan merkuri (Hg), cadmium (Cd), dan timbal (Pb).

3.7 Analisis Data

Untuk mengetahui kemampuan pohon pelindung menyerap logam berat di lumpur Sidoarjo. Data hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis ragam.



BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Stomata Dan Klorofil

4.1.1 Ukuran Stomata

Dari hasil pengamatan terhadap ukuran (μm) dan kerapatan (per mm^2) stomata pohon pelindung jalan, diperoleh hasil yang selengkapnya terdapat pada lampiran 1 dan 2. Adapun rata-rata ukuran (μm) stomata dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Rata-rata Ukuran Stomata

No.	Nama Tumbuhan	Rata-rata Panjang Stomata (μm)		Rata-rata Lebar Stomata (μm)	
		Atas	Bawah	Atas	Bawah
1.	Angsana	14.46	17.33	4.58	5.68
2.	Kersen	12.9	12.7	3.99	4.01

Dari tabel rata-rata ukuran stomata (Tabel 1) menunjukkan bahwa rata-rata panjang dan lebar stomata pada semua jenis tanaman yang diamati, baik permukaan atas maupun permukaan bawah daun termasuk dalam kriteria ukuran yang kurang panjang ($< 20 \mu\text{m}$). Ukuran panjang stomata tersebut berkisar antara 12,7 – 17,33 μm dan lebarnya berkisar antara 3,99 – 5,68 μm .

Rata-rata ukuran stomata pada tumbuhan angšana maupun kersen pada lokasi 1 permukaan atas maupun permukaan bawah daun termasuk dalam kriteria ukuran kurang panjang, yaitu antara 3.40 μm – 17.98 μm . (dilihat pada lampiran 1). Pada lokasi pertama species yang paling besar terdapat pada tumbuhan angšana yaitu 17.98 μm . dan masuk dalam kriteria ukuran stomata yang kurang panjang ($< 20 \mu\text{m}$). sedangkan pada lokasi 2, permukaan atas maupun permukaan bawah daun termasuk dalam kriteria ukuran kurang panjang yaitu antara 3.40 μm . – 16.21 μm . (dilihat pada lampiran 1). Pada lokasi ke dua yang paling

besar ukuran panjang dan lebar stomata terdapat pada tumbuhan angkana yaitu 16.21 μm . dan masuk dalam kriteria ukuran kurang panjang (<20 μm .). pada lokasi 3, permukaan atas maupun permukaan bawah daun ukuran 3.50 μm . – 17.80 μm .(dilihat pada lampiran 1). Pada lokasi ke tiga yang paling besar ukuran panjang dan lebar stomata terdapat pada tumbuhan angkana yaitu 17.80 μm dan masuk dalam kriteria kurang panjang (<20 μm) .

Dari hasil penelitian sebelumnya oleh Isnaini, 2003 bahwa ukuran stomata daun pohon pelindung jalan pada jenis kersen dan angkana termasuk dalam kriteria ukuran panjang (20- 25 μm .) yaitu berkisar antara 21.4 – 23.72 μm . Hal ini menunjukkan bahwa ukuran stomata pada daun pohon pelindung jalan di daerah perumahan dengan tingkat pencemarannya rendah itu dipengaruhi oleh berbagai faktor di antaranya pencemaran di daerah tersebut sangat tinggi dan kondisi morfologis dari pada daun pohon pelindung jalan.

4.1.2 Kerapatan Stomata

Tabel 4.2 Rata-rata Kerapatan Stomata (jumlah stomata / mm²)

No.	Nama Tumbuhan	Rata-rata Kerapatan Stomata (per mm ²)	
		Atas	Bawah
1.	Angkana	6.56	163.39
2.	Kersen	3.68	309.21

Dari tabel rata-rata kerapatan stomata (per mm²) (Tabel 4.2), stomata permukaan bawah daun lebih rapat dari permukaan atas. Rata-rata kerapatan tertinggi terdapat pada tumbuhan kersen sebesar 309.21 per mm² termasuk dalam kerapatan sedang (300 – 500 / mm²). Sedangkan permukaan bawah daun angkana sebesar 163.39 per mm², termasuk kerapatan rendah (< 200 per mm²) pada jenis kersen rata-rata kerapatannya berkisar antara 3.68 – 309.21 per mm² dan termasuk dalam kriteria kerapatan sedang (300 – 500/mm²), pada jenis angkana kerapatan stomata berkisar antara 6.56 – 163.39 per mm² dan termasuk dalam kriteria kerapatan rendah (< 200 per mm²). Sedangkan kerapatan stomata dari hasil penelitian sebelumnya oleh Isnaini, (2003) berkisar antara 8.72 – 417.2 dan termasuk dalam kriteria kerapatan sedang (300 – 500/mm²)

Dari jenis tanaman yang diamati, stomata tersebar secara acak pada permukaan daun baik permukaan atas dan bawah daun. Stomata pada permukaan bawah lebih rapat dari permukaan atas, hal ini sejalan dengan yang dikemukakan Campbell, Reece dan Mitchel (1999) bahwa pada sebagian besar tumbuhan, stomata lebih banyak di permukaan bawah daun dibandingkan dengan permukaan atas. Adaptasi ini akan meminimumkan kehilangan air yang terjadi lebih cepat melalui stomata pada bagian atas suatu daun yang terkena sinar matahari.

Letak dan jumlah stomata daun pada permukaan daun berhubungan dengan fungsi stomata pada daun sebagai salah satu sarana transpirasi. Hal ini penting bagi tumbuhan, karena stomata berperan dalam membantu meningkatkan laju angkutan air dan garam mineral, mengatur suhu tumbuhan dengan cara mengatur melepaskan kelebihan panas dan mengatur turgor optimal di dalam sel (Sasmitaharja, 1990). Tipe stomata pada pohon angkana dan kersen mempunyai tipe yang berbeda. Tanaman angkana mempunyai tipe yang mana poros panjang sel penutup sejajar dengan sel tetangga, sedangkan tanaman kersen mempunyai tipe stomata diasitik, yaitu dua sel tetangga mengelilingi sel penutup dan letaknya tegak lurus terhadap poros panjang sel.

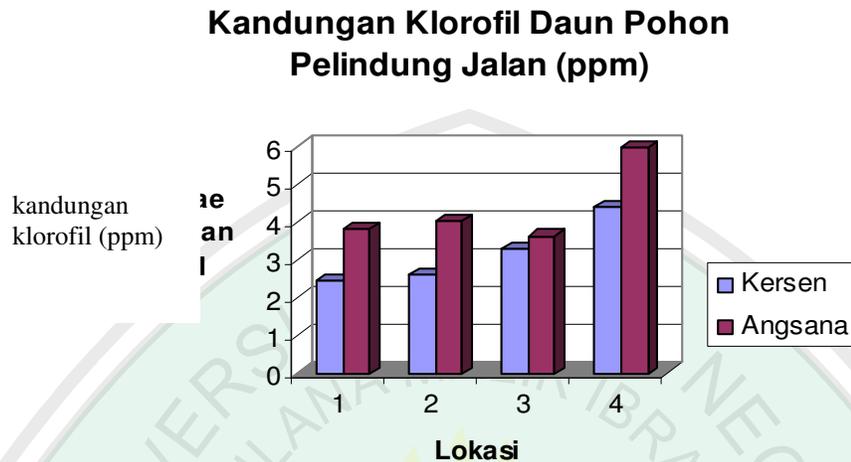
Jenis-jenis tumbuhan yang mempunyai stomata pada kedua sisi daun diduga relatif lebih potensial dalam menyerap gas-gas di sekitarnya termasuk bahan pencemar. Smith (1981) dalam Rangkuti (2004) mengemukakan bahwa ukuran diameter partikel logam berat rata-rata 0,2 μm , bila dilihat dari rata-rata ukuran stomata partikel logam berat lebih kecil daripada ukuran stomata. Dan ini sangat dimungkinkan partikel tersebut masuk ke dalam stomata, namun masuknya partikel logam berat pada tanaman tidak dibutuhkan dalam proses pertumbuhan sehingga mengakibatkan adanya gangguan metabolisme di dalam sel.

Gangguan metabolisme sel yang diakibatkan adanya bahan asing yang masuk melalui stomata akan mengganggu kerja sel dimana salah satunya akan mempengaruhi produksi fotosintesis. (Reinret, 1975).

4.1.3 Kandungan Klorofil Daun

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa kandungan klorofil daun untuk tumbuhan angkana dan kersen berbeda. Kandungan klorofil rata-rata tertinggi terdapat pada jenis Angkana (*Pterocarpus indicus Willd*) pada lokasi berapa sebesar 5484,37 ppm dan terendah ada pada jenis kersen (*Muntingia calabura L.*) pada lokasi ketiga sebesar 2605,95 ppm. Kandungan rata-rata klorofil daun tiap jenis tumbuhan dan lokasi

tertera pada gambar 6, sedangkan data hasil analisis pada tiap bagian daun pada masing-masing jenis dan lokasi tertera pada tabel lampiran 7.



Gambar 4.1 Kandungan Klorofil Daun Pohon Pelindung Jalan (ppm)

Secara statistik kandungan klorofil daun antar lokasi tidak berbeda nyata, sedangkan antar jenis tumbuhan kandungan klorofil itu berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa keragaman kandungan klorofil antar jenis sangat tinggi karena tergantung pada berbagai faktor diantaranya genetik, umur daun, intensitas cahaya matahari dan lain-lain.

Dilihat dari grafik kandungan klorofil yang normal itu lebih tinggi dibandingkan kandungan klorofil yang berada di daerah porong, hal ini menunjukkan bahwa tingkat pencemaran yang tinggi akan mengakibatkan kerusakan klorofil sehingga produksi fotosintesis berkurang.

Hasil analisis kandungan klorofil yang berbeda terletak pada jenis tumbuhan, yaitu jenis angšana paling tinggi dibandingkan dengan jenis kersen, hal ini disebabkan karena morfologi daun angšana itu berbeda daripada morfologi kersen salah satunya ukuran permukaan daun. Hasil penelitian Zahroh (2006) menunjukkan bahwa secara morfologi, luas permukaan daun, ukuran daun dan bentuk daun pada tanaman angšana dan kersen itu berbeda dan kandungan klorofil daun angšana lebih tinggi dibandingkan kersen, bila dilihat dari kondisi permukaan daun, kersen mempunyai permukaan yang berbulu dan agak kasar.

Kersen merupakan tumbuhan peneduh jalan yang mempunyai ciri-ciri morfologi daun berbulu dan

kasar. Dan dari hasil penelitian kerapatan stomata kersen lebih tinggi kerapatannya daripada angkana, sehingga dengan kerapatan yang tinggi dan mempunyai tekstur daun berbulu dan kasar, maka proses fotosintesis menjadi berkurang. Tanaman angkana mempunyai ciri morfologi teksturnya licin sehingga partikel pencemaran tidak langsung terserap oleh daun dan tidak merusak klorofil dalam daun.

Menurut Wellburn (1991) pengaruh kandungan klorofil akan berpengaruh langsung terhadap fotosintesis yang akhirnya akan berpengaruh terhadap pertumbuhan. Selain itu, menurut Kozlowski *et. al.* (1991) dalam Sukarsono (1998), total luasan daun dari suatu tanaman yang terkena pencemaran udara akan mengalami penurunan, karena terhambatnya laju pertumbuhan dan proses perluasan daun serta meningkatnya jumlah daun yang gugur secara langsung maupun tidak langsung, selain itu perubahan kandungan klorofil akan menurunkan hasil fotosintesis.

Penghambatan fotosintesis seringkali dijadikan salah satu pengaruh logam berat terhadap tanaman, dan klorofil tempat utama dari banyak kerusakan yang ditimbulkan oleh SO_2 atau produknya dalam larutan (Wellburn, 1991), pH kloroplast yang umumnya lebih besar dari 7 (mendekati 9) mendukung pembentukan ion sulfid dari pelepasan bisulfid ketika terjadi ionisasi sebagai konsekuensinya. Pengaruh sulfid ini sering dijadikan cerminan kegiatan SO_2 dalam kloroplast. Membran kloroplast yang menjaga keseimbangan kandungan proton terganggu dengan hadirnya sulfid, dan gangguan menjadi bertambah dengan hadirnya anion lain seperti nitrit. Terbukti bahwa baik sulfid dan nitrit bersama-sama mampu mendukung pembentukan tambahan radikal bebas yang kemudian menyebabkan rusaknya klorofil. Beberapa penyelidikan menyimpulkan bahwa akumulasi nitrit oleh tumbuhan dapat memberikan pengaruh serius terhadap tumbuhan sama halnya terhadap manusia sementara itu logam berat pada umumnya merupakan katalis dalam berbagai reaksi kimia.

Kerusakan yang terjadi pada klorofil maupun kloroplast, pada dasarnya diawali oleh proses kerusakan mikroskopis daun. Salah satu faktor yang menyebabkan kerusakan anatomi tumbuhan diakibatkan pencemaran udara karena pengaruh gas tersebut yang mempengaruhi medium sel dan jaringan yang menjadi lebih rendah (ion-ion H^+ meningkat).

Menurut Widiriani, (1996), pada dasarnya semua jenis pencemaran udara baik yang berupa logam berat maupun gas akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, dimana apabila melalui daun maka akan

mempengaruhi proses metabolisme di dalam sel salah satunya sel mesofil daun yang didalamnya akan merusak kloroplast dan akan mempengaruhi proses fotosintesis.

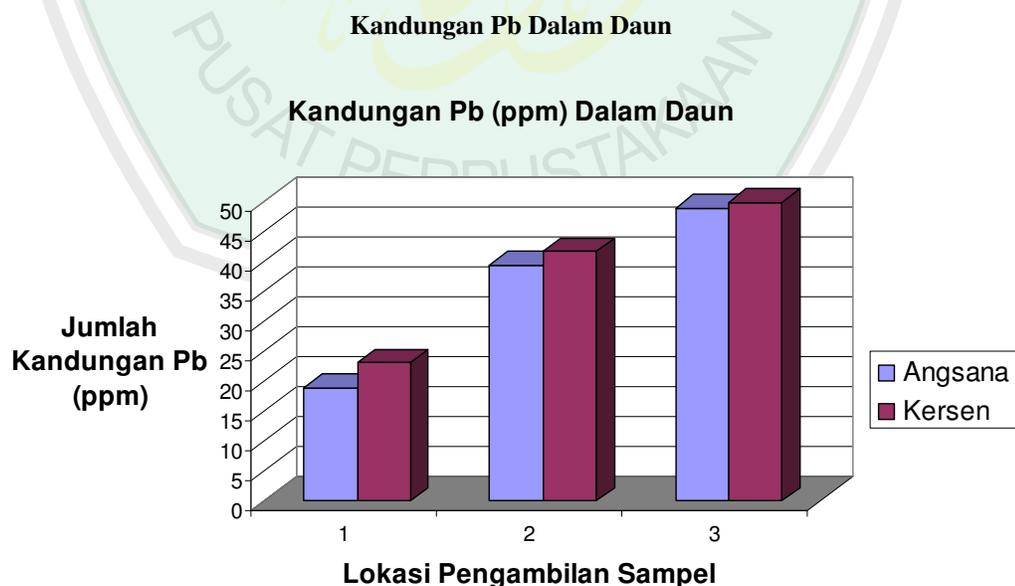
Kerusakan klorofil ini akan berdampak terhadap berkurangnya produk fotosintesis. Reinert (1975) menyatakan bahwa beberapa laporan tentang pertumbuhan tanaman akibat pengaruh pencemar dapat merusak proses pertumbuhan dan perkembangan. Selain pencemaran udara, faktor-faktor lingkungan (misalnya cahaya, suhu, dan kelembaban) akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Faktor lingkungan (rata-rata suhu dan kelembaban) akan mempengaruhi proses-proses fotosintesis dan pertumbuhan di seluruh lokasi Lumpur Porong.

4.2 Kandungan Logam Berat (Hg, Cd, Pb) Yang Terserap Dalam Daun Pohon Pelindung Jalan Di Kawasan Porong.

4.2.1 Kandungan Partikel Pb (Timbal) Terserap oleh Daun

Kandungan partikel Pb yang terserap oleh daun pohon pelindung jalan di daerah Lumpur Porong nampak berbeda untuk tiap jenis tumbuhan maupun lokasi. Kandungan partikel Pb pada daun tiap jenis tumbuhan tidak memperlihatkan pola yang beraturan, berkisar antara 18,835 – 49,641 ppm.

Hasil analisis terhadap kandungan rata-rata partikel logam berat Pb yang terserap daun oleh tiap jenis tumbuhan pada gambar 4.2, sedangkan hasil analisis pada daun tertera pada lampiran 4.



Gambar 4.3 Grafik Rata-rata Kandungan timbal (Pb) Dalam Daun

Tabel 4.3 Hasil Analisis Kandungan Logam berat Pb (ppm)

Jenis tumbuhan	Rata-rata	Notasi
Angsana 1	18.835	a
Kersen 1	22.983	a
Angsana 2	39.276	b
Kersen 2	41.983	b
Angsana 3	48.736	c
Kersen 3	49.641	c

Dari hasil pengukuran rata-rata kandungan partikel logam berat timbal (Pb) terserap dalam daun (gambar 4.2) menunjukkan bahwa kandungan Pb yang berbeda pada jenis tanaman dan lokasi pengambilan sampel. Tanaman yang paling banyak menyerap partikel logam berat Pb dari hasil penelitian tersebut adalah kersen, yaitu sebesar 49,641 ppm, sedangkan tanaman yang menyerap partikel logam berat (Pb) paling rendah adalah angsana sebesar 18,835 ppm.

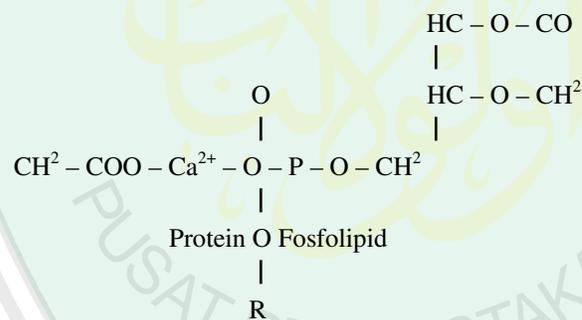
Kandungan partikel logam berat Pb yang paling tinggi pada tanaman kersen, karena kersen jenis permukaan daunnya mempunyai bulu dan kasar, sehingga partikel logam berat Pb akan menempel pada daun dan masuk ke dalam sel melalui stomata. Proses menempelnya partikel logam berat Pb ini akan mengganggu proses metabolisme di dalam sel itu sendiri.

Gangguan yang terjadi di dalam sel oleh partikel logam berat adalah perubahan anatomi (penurunan hasil fotosintesis) daun, dimana partikel logam berat akan mempengaruhi pH medium sel dan jaringan yang menjadi lebih rendah (ion-ion H^+ meningkat) sedangkan Pb merupakan unsur logam yang pada umumnya menjadi katalis pada berbagai reaksi termasuk reaksi enzim. Keadaan ini akan mempengaruhi membran biologi (baik sel maupun organel-organelnya). Fakta menunjukkan bahwa membran biologis tidak benar-benar non permeabel, membran tersebut memungkinkan terjadinya difusi ion dan molekul ditambah keberadaan enzim dalam membran tersebut yang secara langsung cepat mempengaruhi transportasi ion dan molekul untuk menyebrangi membran.

Menurut Singer (1972) dalam Mengel (1972) dalam Sukarsono (1998), membran biologi pada

dasarnya terdiri dari dua lapisan lemak, molekul ini mempunyai dua ekor (rantai hidrokarbon) dengan bagian kepala yang hidrofil (amino fosfat). Bagian yang hidrofil ini bermuatan negatif dan positif di bawah pengaruh kondisi pH. Lemak pada membran biologi pada dasarnya mempunyai fungsi mencegah difusi larutan hidrofil. Sedangkan protein, tidak hanya mempunyai fungsi struktural, namun karena seringkali bersifat enzim, maka bertanggung jawab juga dalam reaksi-reaksi biokimia pada umumnya. Protein yang memanjang sepanjang membran membentuk saluran protein dari satu sisi ke sisi lainnya, setiap saluran sangat penting bagi partikel kecil hidrofil seperti molekul air dan ion-ion organik.

Lipid yang paling penting dalam membran biologis tumbuhan adalah fosfolipid glycolipid dan steroid. Menurut Van Deenan (1972) dalam Mengel (1982) dalam Sukarsono (1998), permeabilitas membran terhadap ion dan molekul hidrofil sangat tergantung pada komponen asam lemak. Rantai hidrokarbon jenuh (panjang) akan mengurangi permeabilitas membran, sedangkan yang pendek (tidak jenuh) akan meningkatkan permeabilitas. Posfat (fosfolipid) pada membran sel terikat pada grup NH_3^+ (protein) oleh kekuatan elektrostatik. Sebagai tambahan grup fosfat dijumpai oleh Ca^{2+} ke grup protein karboksilat.



Gambar 4.3 Rumus Bangun Fosfolipid dan Protein Membran Sel

Jika lingkungan medium menjadi asam, maka Ca^{2+} akan diganti oleh H^+ , dan akan menyebabkan ikatan ini menjadi patah (rusak) dan secara drastis akan menyebabkan meningkatnya permeabilitas membran. Peristiwa ini merupakan hal yang penting pada membran pertumbuhan (Van Deenan, 1972 dalam Mengel, 1982 dalam Sukarsono, 1998).

Faktor-faktor luar akan sangat mempengaruhi permeabilitas membran karena permeabilitasnya sangat tergantung pada konsentrasi H^+ dan Ca^{2+} , juga karena Ca^{2+} lebih reaktif pada pH medium yang rendah. Pendapat ini didukung oleh berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa ion-ion H^+ menyebabkan lebih

permeabelnya membran dan membesarnya pori-pori membran (Kavanav dalam Mengel 1982 dalam Sukarsono, 1998).

Dari penjelasan di atas disimpulkan bahwa bertambahnya ion H^+ pada medium karena menurunnya nilai pH (asam) akan meningkatkan permeabilitas dan membesarnya pori-pori membran sel. Keadaan ini akan mempengaruhi proses-proses difusi maupun osmosis yang disusul kemudian dengan terjadinya berbagai kelainan sel (patah, menciut) atau bahkan menyebabkan kehancuran sel sehingga hubungan antar sel menjadi terputus dan ruang antar sel menjadi lebih lebar.

Berdasarkan hasil pengamatan, kandungan partikel Pb dalam daun tumbuhan pelindung jalan di daerah pencemaran Lumpur Porong sudah cukup tinggi atau melebihi ambang batas. Menurut Smith (1982) dalam Sukarsono (1998), kadar Pb normal dalam tumbuhan 2 – 3 ppm, apabila kadar Pb sudah melebihi ambang batas, akan mempengaruhi proses metabolisme sel.

Secara statistik, kandungan partikel Pb yang terserap daun antar lokasi pengamatan itu berbeda nyata ($\alpha = 5\%$), sedangkan antar jenis dalam plot pengamatan tidak berbeda nyata ($\alpha = 5\%$) (lihat lampiran 7). Hal ini menunjukkan bahwa terserapnya partikel Pb oleh daun akan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya jumlah stomata pada tiap jenis tumbuhan, kandungan partikel Pb di udara, pencemaran di lokasi tersebut lebih tinggi dibandingkan lokasi sebelumnya dan arah angin dari pusat semburan Lumpur Porong, kemacetan yang sering terjadi di lokasi tersebut dan lain-lain.

4.2.2 Kandungan Partikel Hg (Merkuri) Terserap oleh Daun

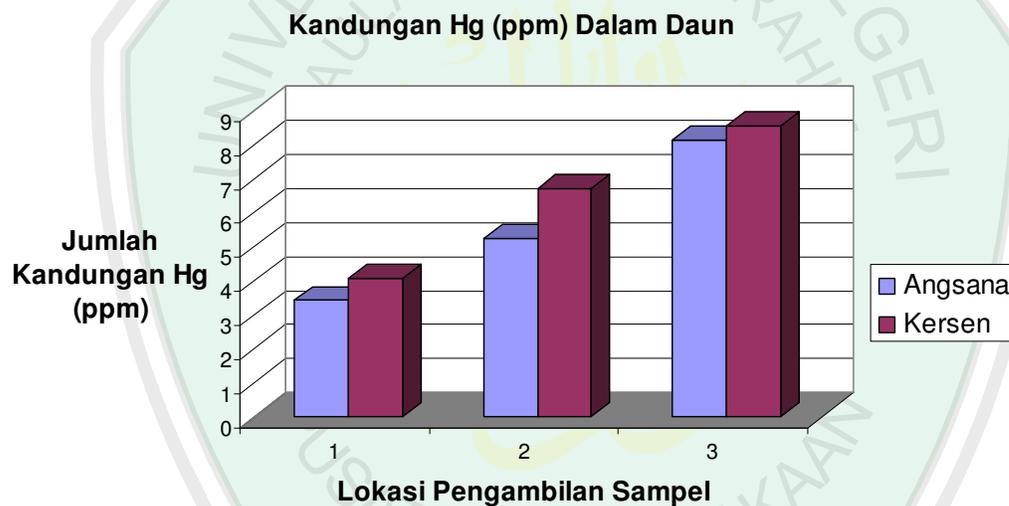
Kandungan partikel Hg yang terserap oleh daun pohon pelindung jalan di daerah Lumpur Porong nampak berbeda untuk tiap jenis tumbuhan maupun lokasi. Kandungan partikel Hg pada daun tiap jenis tumbuhan tidak memperlihatkan pola yang beraturan, berkisar antara 3,438 – 8,583 ppm.

Tabel 4.5. Hasil Analisis Kandungan Logam Berat Hg ppm

Jenis tumbuhan	Rata-rata	Notasi
Angsana 1	3.43	a
Kersen 1	4.07	b

Angsana 2	5.24	c
Kersen 2	6.73	d
Angsana 3	8.14	e
Kersen 3	8.58	e

Secara statistik dilihat dari tabel 5 kandungan partikel Hg yang terserap daun berbeda nyata ($\alpha = 5\%$) pada lokasi 1 dan lokasi 2, sedangkan pada lokasi 3 tidak berbeda nyata ($\alpha = 5\%$). Hal ini disebabkan karena berbagai faktor salah satunya kemampuan tanaman menyerap logam itu sendiri dan banyaknya pencemaran jenis logam berat Hg di udara.



Gambar 4.4 Grafik Rata-rata Kandungan Merkuri (Hg) Dalam Daun

Berdasarkan gambar di atas dapat dijelaskan bahwa, rata-rata konsentrasi Hg tertinggi pada jenis kersen (*Muntingia calabura L.*) yaitu 7,228 ppm terdapat di lokasi 1 dan yang paling sedikit terdapat pada jenis angasana lokasi 1 yaitu sebesar 3,996 ppm.

Hasil analisis daun pada logam Hg memberikan hasil bahwa pada lokasi 3 kandungan logam berat Hg itu sangat tinggi dibandingkan pada lokasi 1 dan ke 2, hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya kemampuan tanaman menyerap logam itu sendiri dan banyaknya pencemaran jenis partikel Hg di udara.

Secara statistik kandungan partikel Hg yang terserap daun antar lokasi itu berbeda nyata ($\alpha = 5\%$),

sedangkan antar jenis tumbuhan dalam pengamatan ($\alpha = 5\%$) tidak berbeda nyata.

Diungkapkan oleh Ward et. al. (1986) dalam Rangkuti (2004) bahwa kadar logam berat dalam udara yang terdapat di lokasi dengan jarak yang berbeda dengan sumber polutan sangat dipengaruhi oleh jumlah kandungan partikel logam berat di udara. Sementara menurut Wardhana (1995) menyatakan bahwa kadar logam berat yang sangat tinggi di lokasi daerah tercemar, maka akan semakin tinggi pula proses penyerapan partikel logam berat yang terakumulasi oleh tumbuhan dan manusia sehingga mengakibatkan dampak negatif di lingkungan tersebut.

Ambang batas pencemaran Hg menurut standar yang ditentukan yaitu 0,4 – 350 ppm merkuri dimana kandungan tersebut sudah dianggap mencemari lingkungan (Palar, 2004).

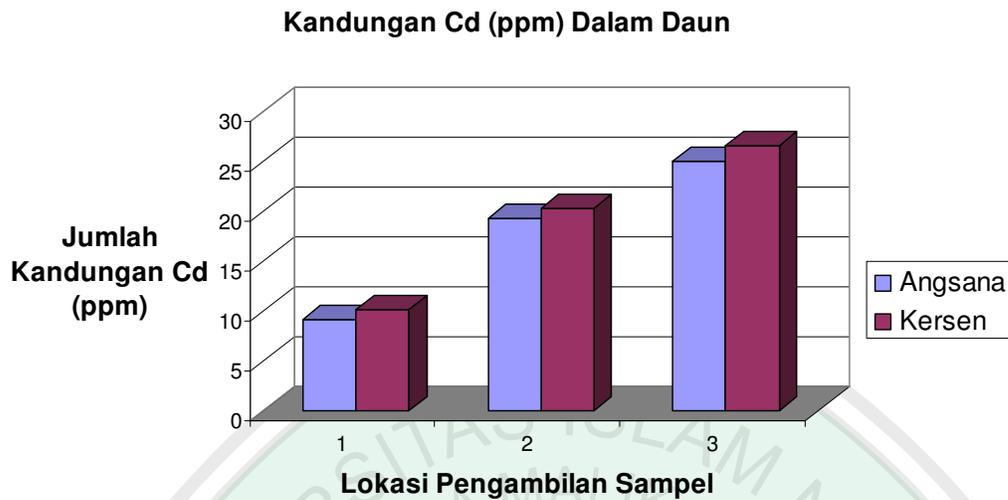
Logam berat Hg apabila terakumulasi dalam tumbuhan akan mengakibatkan terganggunya proses metabolisme di dalam sel itu sendiri dan mengakibatkan proses fotosintesis menjadi lambat dan kerusakan makroskopis (Welburn, 1991) dalam Sukarsono (1998).

Kerusakan yang terjadi pada tumbuhan akibat adanya partikel Hg yang masuk ke dalam sel melalui stomata akan mengubah pH yang ada di dalam sel akan mempengaruhi organel di dalam sel itu sendiri, kerusakan akibat logam berat oleh Hg terhadap tumbuhan sama dengan kerusakan yang diakibatkan partikel logam berat Pb.

4.2.3 Kandungan Partikel Cd (Kadmium) Terserap Oleh Daun

Kandungan partikel Cd yang terserap oleh daun pohon pelindung jalan di daerah Lumpur Porong nampak berbeda untuk tiap jenis tumbuhan maupun lokasi. Kandungan partikel Cd pada daun tiap jenis tumbuhan tidak memperlihatkan pola yang beraturan berkisar antara 9,157 – 26,6 ppm.

Dari hasil pengukuran rata-rata kandungan rata-rata Cd yang terserap dalam daun (gambar 6) menunjukkan kadar yang berbeda pada jenis tanaman. Tumbuhan kersen mampu menyerap Cd paling rendah adalah angsa sebesar 9,157



Gambar 4.5 Grafik Rata-rata Kandungan Kadmium (Cd) Dalam Daun

Tabel 4.6. Hasil Analisis Kandungan Logam Berat Cd (ppm)

Jenis tumbuhan	Rata-rata	Notasi
Angsana 1	9.157	a
Kersen 1	10.130	a
Angsana 2	19.293	b
Kersen 2	20.322	c
Angsana 3	25.003	d
Kersen 3	26.567	d

Hasil analisis ragam pada tabel 6. menunjukkan bahwa kandungan logam berat Cd dalam daun antar lokasi pengamatan tidak berbeda nyata ($\alpha = 5\%$), sedangkan antar jenis tumbuhan berbeda. Dari hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa kandungan Cd dalam daun tidak dipengaruhi oleh lokasi pengamatan akan tetapi sangat dipengaruhi oleh jenis tanaman, hal ini dimungkinkan karena pencemaran di lokasi pengamatan hampir sama

Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, kandungan Cd dalam daun pohon pelindung jalan di daerah pencemaran lumpur Porong sudah cukup tinggi. Kandungan Cd di daerah Porong sudah sangat tinggi yaitu

mencapai 26,6 ppm dan melebihi ambang batas, menurut Palar (2004) apabila kandungan Cd yang terakumulasi oleh tumbuhan, hewan atau manusia sudah mencapai } 8,7 - 13,5 ppm maka akan merusak metabolisme tumbuhan ataupun hewan.

Kandungan Cd di daerah Porong itu sangat tinggi yaitu mencapai 26,6 ppm dan melebihi ambang batas, menurut Palar (2004) apabila kandungan Cd yang terakumulasi oleh tumbuhan, hewan atau manusia sudah mencapai 8,7 – 13,5 maka akan merusak metabolisme tumbuhan ataupun hewan itu sendiri.

Pencemaran partikel logam berat akan merusak metabolisme sel tumbuhan. Gangguan yang terjadi di dalam sel oleh partikel logam berat adalah perubahan anatomi (penurunan hasil fotosintesis) daun, dimana partikel logam berat akan mempengaruhi pH medium sel dan jaringan yang menjadi lebih rendah (ion-ion H^+ 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). Fakta menunjukkan bahwa membran biologis tidak benar-benar non permeabel, membran tersebut memungkinkan terjadinya difusi ion dan molekul ditambah keberadaan enzim dalam membran tersebut yang secara langsung cepat mempengaruhi transportasi ion dan molekul untuk menyeberangi membran. Faktor-faktor luar akan sangat mempengaruhi permeabilitas membran karena permeabilitasnya sangat tergantung pada konsentrasi H^+ dan Ca^{2+} , juga karena Ca^{2+} lebih reaktif pada pH medium yang rendah. Pendapat ini didukung oleh berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa ion-ion H^+ menyebabkan lebih permeabelnya membran dan memperbesar pori-pori membran (Kavanav dalam Mengel 1982 dalam Sukarsono, 1998).

Dari penjelasan di atas disimpulkan bahwa bertambahnya ion H^+ pada medium karena menurunnya nilai pH (asam) akan meningkatkan permeabilitas dan membesarnya pori-pori membran sel. Keadaan ini akan mempengaruhi proses-proses difusi maupun osmosis yang disusul kemudian dengan terjadinya berbagai kelainan sel (patah, menciut) atau bahkan menyebabkan kehancuran sel sehingga hubungan antar sel menjadi terputus dan ruang antar sel menjadi lebih lebar sehingga membran sel tidak permeabel lagi.

4.2 Kerusakan Lingkungan Dalam Pandangan Islam

Setiap aktivitas manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya pasti mempengaruhi lingkungan. Hal tersebut telah ditanyakan oleh para malaikat kepada Allah saat malaikat bertanya mengapa Allah menciptakan manusia sebagai kholifah di muka bumi padahal manusia itu akan membuat kerusakan di muka bumi. pernyataan ini terdapat dalam surat al - Baqoroh ayat 30, yaitu:

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً
قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَبِّحُ
بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ ﴿٣٠﴾

Artinya :

Ingatlah ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat: "Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di muka bumi". Mereka berkata: "Mengapa Engkau hendak menjadikan (khalifah) di bumi itu orang yang akan membuat kerusakan padanya dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa bertasbih dengan memuji Engkau dan mensucikan Engkau?" Tuhan berfirman: "Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui". (QS. Surat Al-baqoroh ayat 30)

Manusia sejak lahir memerlukan dukungan alam seperti selimut, kain, popok, makanan, susu dan sebagainya sehingga keberadaan manusia di muka bumi akan mempengaruhi lingkungan sekitarnya, semakin banyak jumlah manusia maka kecenderungan kerusakan lingkungan semakin besar, semakin banyak kebutuhan manusia, semakin cepat terdegradasi lingkungan di sekitarnya.

Lingkungan memiliki daya lenting berupa kemampuan untuk kembali ke keadaan semula setelah diintervensi. Lingkungan dapat kembali ke keadaan keseimbangan 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-akhir ini terjadi yakni pemanasan global. Beberapa ilmuwan menyatakan pemanasan global terjadi karena faktor alam. Namun sebagian besar menyatakan hal itu terjadi karena ulah manusia. Al Qur'an menjawab perdebatan faktor penyebab pemanasan global melalui surat Assy Syura ayat 27. Disitu disebutkan bahwa penyebab kerusakan bumi itu adalah ulah manusia itu sendiri yang melampaui batas (berlebih-lebihan).

Salah satu penyebab utama pemanasan global adalah pembakaran bahan bakar fosil, seperti batu-bara, minyak bumi dan gas alam yang melepas karbondioksida dan gas-gas lainnya yang dikenal sebagai gas rumah kaca ke atmosfer. Pembakaran bahan bakar fosil umumnya disebabkan aktivitas industri, transportasi dan rumah tangga.

Kerusakan lingkungan yang akhir-akhir ini masih hangat dibicarakan, yaitu bencana lumpur Porong di Sidoarjo dimana terjadi bencana lumpur Porong merupakan kerusakan yang terjadi akibat keteledoran manusia sehingga merusak sistim lingkungan di daerah tersebut, aktivitas tersebut merupakan salah satu dampak keinginan manusia yang semakin beragam dan berlebihan.

Pandangan Islam mengenai penambahan penduduk dan keinginan masyarakat modern yang makin 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 أُكُلُهُ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُتَشَابِهًا وَغَيْرَ
 مُتَشَابِهٍ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَعَآثُوا حَقَّهُ يَوْمَ حَصَادِهِ
 وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ ﴿١٤١﴾

Artinya :

Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebon 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 (rasanya). Makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) 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. Surat Al An'aam ayat 141).

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 di dunia 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 kadaranya. Alam memiliki

kemampuan menyerap poluta yang timbul tetapi apabila jumlahnya banyak dan dalam waktu yang cepat maka alam tentu tidak akan sanggup melakukannya.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan :

1. Ukuran stomata daun di daerah lumpur Porong termasuk dalam ukuran kurang panjang berkisar antara 12.7- 17.33 cm dan lebarnya berkisar antara 3.99- 5.68, sedangkan hasil kerapatan stomata daun berkisar antara 3.68 – 309.21 per mm² dan termasuk dalam kriteria kerapatan rendah (< 200 per mm²)
2. Hasil analisis kandungan klorofil daun kersen berkisar antara 2451.3 – 3270,4 ppm dan pada jenis angkana berkisar antara 3633.1 – 3818.2 ppm.
3. Kandungan logam berat timbal (Pb, Hg,Cd) sudah tinggi. Pada Hg kersen berkisar antara 3.43 – 8.14 ppm pada Hg angkana berkisar antara 4.07 – 8.58 ppm, sedangkan pada Pb kersen berkisar antara 22.983 – 49.641 ppm pada Pb angkana berkisar antara 18.835 – 48.736 ppm dan pada Cd kersen berkisar antara 10.130 – 26.567 ppm dan pada Cd angkana 9.157 – 25.003 ppm.

5.2. SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya tentang kerusakan mikroskopis daun tumbuhan di sekitar Porong maupun daerah lainnya.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih mendalam tentang analisis kandungan logam berat dalam lumpur Porong.
3. Sebaiknya di lingkungan tersebut diperlukan penanaman pohon kembali guna mengurangi pencemaran lumpur Porong, karena lokasi yang diteliti

pencemaran logam berat itu sudah melebihi ambang batas.



DAFTAR PUSTAKA

- Basser, J., R.C. Denney, G.H., Jeffrey and J. Mendehem. 1978 *Vogel's Textbook of Quantitative Inorganic Analysis Including Elementary Instrumental Analysis*. England Longman Group limited
- Bathara Mulya Siregar, E. 2005. *Pencemaran Udara, Respon Tanaman Dan Pengaruhnya Terhadap Manusia*. Jurnal. Jurusan pertanian. Medan. Universitas Sumatra Utara.
- Dahlan. 2003. Hutan Kota. <http://www.morinet.cbn.net.id/informasi/hutkot>. Diakses pada tanggal 22 Desember 2006
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup Dan Pencemaran Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI-press. Jakarta
- Dwi Andreas, Santoso. 2006. *Kandungan Logam Berat Lumpur Lapindo Meningkat*. Diakses <http://www.medizcenter.or.id/pusat/data/27/tahun/2006/bulan/12/tanggal/14/id/1313>
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air Dan udara*. Kanisius Yogyakarta
- Heryando, P. 2004. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka cipta. Jakarta
- Karliansyah, NW. 1999. *Klorofil Daun Angsana Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara Lingkungan Hidup Dan Pembangunan. Laporan Hasil Penelitian Hibah Bersaing III Depdikbud*, Universitas Brawijaya Malang
- Kimball, J. 1983. *Biologi Umum Edisi Ke Lima*. Erlangga. Jakarta
- Kozlowski, T. T. P. J. Kramer. S. G. Palardy. 1991. *The Physiological Ecology of Wody Plants*. Academic Press Inc. London
- Pudjiastuti, Lily. 2006. *Posisi Walhi Terhadap Kasus Lumpur Panas PT Lapindo Brantas*. <http://www.or.id/pencemar/industri/070728?lumpur> lapindo. Diakses pada tanggal 26 Desember 2006
- Palar, Heryando. 2004. *Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat*. PT. Rineka Cipta Jakarta
- Masruroh, F. 2005. *Toleransi Bakteri Pengakumulasi Logam Berat Kadmium Terhadap Berbagai Jenis Logam*. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Mipa. Universitas Brawijaya Malang
- Mengel, K Dan E. A. Kirby. 1987. *Principles Of Plant Nutrition (3rd Edition) International Potash Institute*. Switzerland
- Purnomohadi, S. 1995. *Peran Ruang Terbuka Hijau Dalam Pengendalian Kualitas Udara Di Jakarta*. Disertasi. Program Pasca Sarjana, IPB. Bogor
- Reinert, R. A, A. S. Heagle W. W. Heck. 1975. *Plant Responses TO Pollutant Kombination Dalam Responses Of Plant To Air Polution*. Academic. Press. Newyork
- Rukaesih, A. 2004. *Kimia Lingkungan*. Penerbit Andi Yogyakarta
- Sumardi, I Dan Pudjorianto, A. 1992. *Struktur Dan Perkembangan*. Yogyakarta : UGM press

- Sukarsono. 1998. *Dampak Pencemaran Udara Terhadap Tumbuhan Di Kebun Raya Bogor*. Tesis tidak diterbitkan. Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor
- Suryowinoto. 1997. *Flora Eksotika Tanaman Peneduh*. Yogyakarta: Kanisius
- Wardhana, W.A. 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offset. Yogyakarta
- Wellburn, Allan. 1991. *Air Pollution And Acid Rain : The Biological Impact*. Longman Scientific And Technical. New York
- Yusuf, Wibisono. 2006. *Tragedi Lumpur Lapindo*. Artikel. <http://agorsiloku/sains.blogspot.com> Diakses pada tanggal 18 Desember 2006
- Zahroh, M. 2006. *Potensi Pohon Pelindung Jalan Untuk Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Di Daerah Padat Lalu Lintas Kota Malang*. Skripsi. Malang: Jurusan Biologi Fakultas Saintek UIN Malang



Lampiran 1

Tabel hasil pengamatan ukuran stomata daun pohon pelindung jalan

No	lokasi	Nama tumbuhan	Panjang stomata (μm)		Lebar stomata (μm)	
			atas	bawah	atas	Bawah
1	Lokasi 1	Angsana	17.20	17.98	3052	5.34
		kersen	11.08	9.89	3.45	3.40
2	Lokasi 2	Angsana	10.98	16.21	5.23	3.40
		kersen	11.65	15.24	4.98	5.12
3	Lokasi 3	Angsana	15.20	17.80	4.99	8.32
		kersen	15.97	13.20	3.54	3.50

Kriteria : Ukuran kurang panjang ($<20 \mu\text{m}$)

Ukuran panjang ($20 - 25 \mu\text{m}$)

Ukuran sangat panjang ($>25 \mu\text{m}$)

(Agustini, 1999 dalam Kurnia 2005)

Lampiran 2

Tabel Hasil Pengamatan Kerapatan Stomata Daun Pohon Pelindung Jalan

No	Lokasi	Nama tumbuhan	Kerapatan stomata (per mm ²)	
			Atas	Bawah
1	Lokasi 1	Angsana	8,70	153,42
		kersen	2,82	318,92
2	Lokasi 2	Angsana	4,25	128,32
		kersen	4,90	298,97
3	Lokasi 3	Angsana	6,75	208,45
		kersen	3,34	309,75

Kriteria : Kerapatan Stomata rendah (<300/mm²)

Kerapatan Stomata sedang (300 – 500/mm²)

Kerapatan Stomata tinggi (>500/mm²)

(Agustini,1999 dalam Kurnia 2005)

Lampiran 3

HASIL Cd

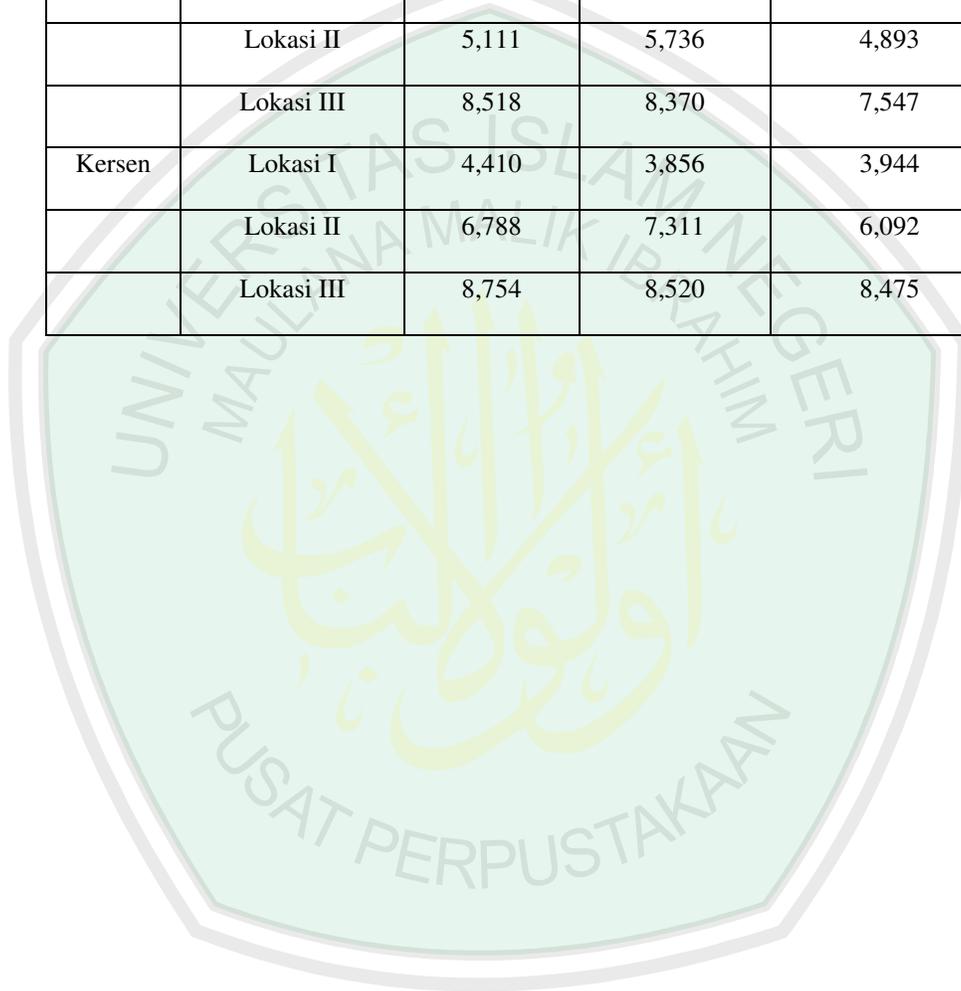
Perlakuan		Ulangan		
Varietas	Lokasi	1	2	3
Angsana	Lokasi I	9,029	9,160	9,283
	Lokasi II	20,881	20,609	16,391
	Lokasi III	21,788	21,895	17,284
Kersen	Lokasi I	10,096	10,310	9,985
	Lokasi II	27,951	28,018	19,042
	Lokasi III	29,361	30,390	19,950

HASIL Pb

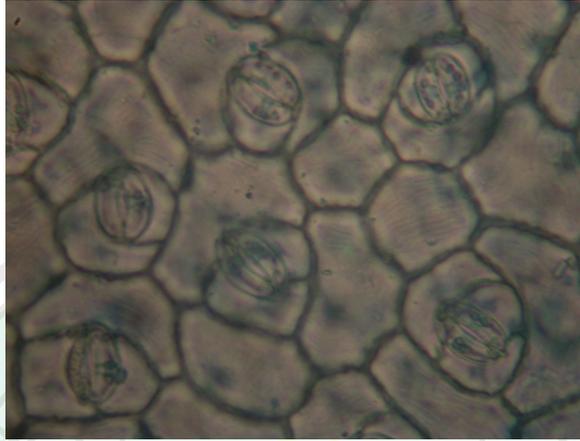
Perlakuan		Ulangan		
Varietas	Lokasi	1	2	3
Angsana	Lokasi I	18,796	19,315	18,394
	Lokasi II	43,546	42,470	31,813
	Lokasi III	44,950	44,371	35,221
Kersen	Lokasi I	23,563	24,222	21,164
	Lokasi II	51,950	53,811	40,447
	Lokasi III	54,373	53,712	40,839

HASIL Hg

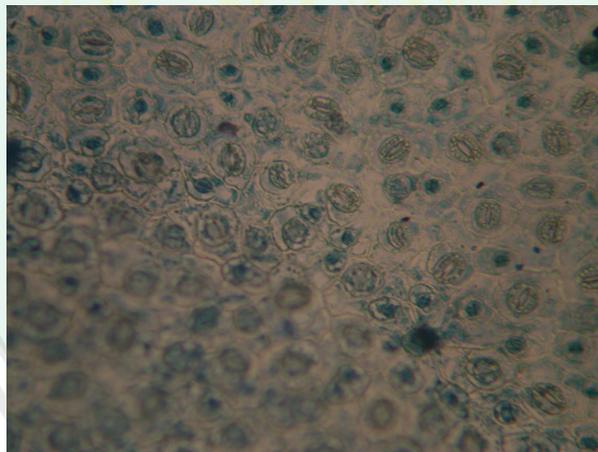
Perlakuan		Ulangan		
Varietas	Lokasi	1	2	3
Angsana	Lokasi I	3,423	3,746	3,146
	Lokasi II	5,111	5,736	4,893
	Lokasi III	8,518	8,370	7,547
Kersen	Lokasi I	4,410	3,856	3,944
	Lokasi II	6,788	7,311	6,092
	Lokasi III	8,754	8,520	8,475



Lampiran 4

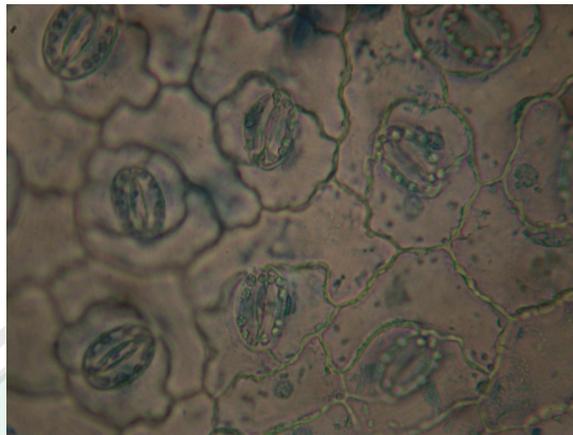


Gambar.1 Stomata Permukaan Atas Daun Angsana



Gambar 2 Stomata Permukaan Bawah Daun Angsana

Lampiran 5



Gambar.1 Stomata Permukaan Atas Daun Kersen



Gambar.2 Stomata Permukaan bawah Daun Kersen