

TUGAS AKHIR
ANALISIS KADAR TIMBAL (Pb) DALAM DAUN
ANGSANA (*Pterocarpus indicus*) SEBAGAI TANAMAN
PENEDUH DI DAERAH PERKOTAAN
YOGYAKARTA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



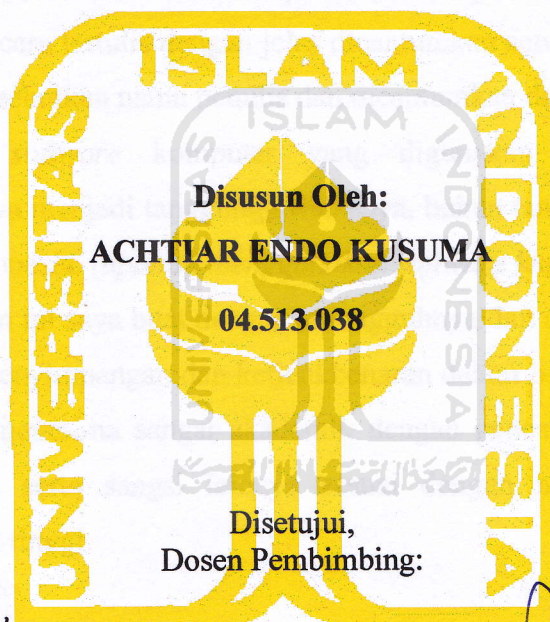
ACHTIAR ENDO KUSUMA
04513038

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2012

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KADAR TIMBAL (Pb) DALAM DAUN ANGSANA (*Pterocarpus indicus*) SEBAGAI TANAMAN PENEDUH DI DAERAH PERKOTAAN YOGYAKARTA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Luqman Hakim, ST, M. Si

Tanggal: 18/10/2012

Any Juliani, ST, M. Sc

Tanggal: 10/1/2012

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII



Luqman Hakim S.T. M. Si.

Tanggal: 10/1/2012

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus*)
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 9 Januari 2012

at pernyataan,

Lendo Kusuma

NIM: 04 513 038

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum wr. wb.

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini dengan baik dan lancar. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga, para sahabat serta pengikut setianya hingga akhir zaman.

Skripsi dengan judul **Analisis Kadar Timbal (Pb) Dalam Daun Angsana (*Pterocarpus indicus*) Sebagai Tanaman Peneduh Di Daerah Perkotaan Yogyakarta** ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Teknik (S.T) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta,

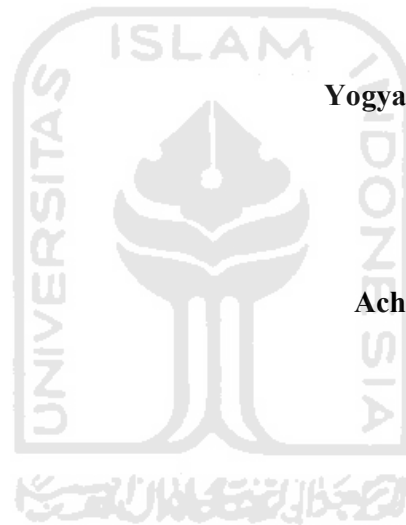
Keberhasilan penelitian dan penyusunan skripsi ini adalah berkat bantuan dari semua pihak. Untuk itu dalam kesempatan kali ini, penulis menghaturkan terima kasih kepada pihak-pihak yang mempunyai andil besar dalam pelaksanaan dan penyelesaian skripsi ini, terutama kepada :

1. Luqman Hakim, ST, M. Si selaku Dosen Pembimbing Utama sekaligus sebagai Ketua Jurusan teknik lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan perencanaan Universitas Islam Indonesia. yang telah meluangkan waktu, tenaga, fikiran serta memberikan dukungan selama penelitian sampai penyusunan tugas akhir.
2. Any Juliani, ST, M. Sc selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah meluangkan waktu, tenaga, fikiran serta telah memberikan dukungan selama penelitian sampai penyusunan tugas akhir.
3. Dosen Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Teman-teman Teknik Lingkungan 2004 yang telah memberi semangat.

5. Dan semua pihak yang telah banyak membantu sehingga terlaksananya penelitian dan penyusunan tugas akhir ini

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa penelitian dan penyusunan skripsi ini tentu saja masih jauh dari sempurna dan masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis memohon ampun kepada Allah SWT dan memohon maaf kepada semua pihak atas kekurangan ini serta mengharapkan kritik dan saran sebagai perbaikan di hari mendatang sehingga bermanfaat untuk kemaslahatan kita semua.

Wassalamu'alaikum wr. wb.



Yogyakarta, Januari 2012

Penulis,

Achtiar Endo Kusuma

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
A. Pencemaran udara	4
2.2. Pengendalian Pencemaraan Udara.....	5
2.3. Mekanisme Daun Menyerap Polutan Udara	6
a. Pertukaran antara daun dan atmosfer	6
b. Tempat utama penyerapan.....	7
c. Fotosintesis dan akumulasi bahan kering	8
d. Gejala toksisitas akut.....	8
2.4. Logam Berat.....	9
2.5. Timbal.....	10
2.5.1. Kegunaan Timbal	11
2.5.2. Dampak Timbal.....	12
2.5.3. Sumber Pencemar Timbal.....	13
2.5.4. Timbal (Pb) Di Lingkungan.....	16
2.5.5. Metabolisme Timbal.....	17
2.6. Penggunaan BBM Tanpa Timbal	19
2.7. Tingkat Pencemaran Udara Di Indonesia	21
2.8. Anatomi Tumbuhan Angsana	22
2.9. Kondisi Iklim Di Yogyakarta	23
B. Hipotesis	25
BAB III. METODE PENELITIAN	26
3.1. Tempat dan Waktu	26
3.2. Parameter Yang Diuji	26
3.3. Metode Sampling dan Pengumpulan Data.....	26

3.4. Analisis Kandungan Timbal Dalam daun.....	26
3.5. Populasi Sampel dan sampling.....	26
3.6. Alat dan Bahan	27
A. Alat	27
B. Bahan	27
3.7. Jalannya Penelitian	28
1) Tahap Persiapan	28
2) Tahap Pelaksanaan	28
a. Di Lapangan	28
b. Di Laboratorium.....	30
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1. Deskripsi Hasil Penelitian.....	32
4.2. Kondisi Lokasi Sampel.....	32
4.3. Penetapan Kadar Pb.....	32
4.4. Perhitungan Tipe Iklim Kota Yogyakarta.....	33
4.5. Perbandingan Kadar Pb dalam Daun Angsana	35
4.6. Pembahasan	35
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1. Kesimpulan	40
5.2. Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Daun Angsana	22
Gambar 2. Pohon Angsana.....	22
Gambar 3. Lokasi pengambilan sampel.....	28
Gambar 4. Peta lokasi penelitian	29



DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Klasifikasi Iklim Menurut Schmidt Ferguson.....	24
Tabel 2.	Parameter yang akan diuji dan metode uji	26
Tabel 3.	Hasil uji kadar Pb dalam daun Angsana.....	33
Tabel 4.	Curah hujan di Yogyakarta 2001-2010	33
Tabel 5.	Jumlah Bulan Basah dan Bulan Kering diKota Yogyakarta.....	34
Tabel 6.	Kadar Pb dalam daun Angsana di Denpasar.....	34
Tabel 7.	Kadar Pb dalam daun Angsana di Palembang	35
Tabel 8.	Kadar Pb dalam daun Mangrove di hutan mangrove Medan	35
Tabel 9.	Hasil Uji Kualitas Udara Ambien di Yogyakarta.....	37
Tabel 10.	Kadar Pb dalam abu vulkanik Merapi.....	38



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Laporan Hasil Uji Timbal Dalam Daun.
- Lampiran 2. Hasil Pengukuran Kualitas Udara Ambien Yogyakarta Oleh BLH
DIY
- Lampiran 3. Hasil Uji Bensin Oleh LEMIGAS

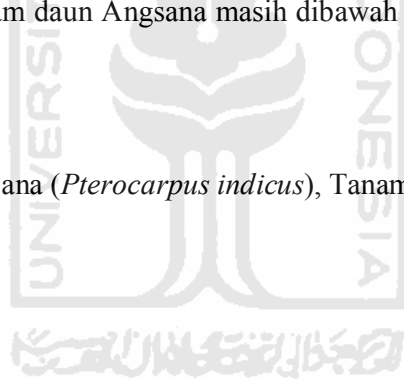


ANALISIS KADAR TIMBAL (Pb) DALAM DAUN ANGSANA (*Pterocarpus indicus*) SEBAGAI TANAMAN PENEDUH DI DAERAH PERKOTAAN YOGYAKARTA

ABSTRAK

Udara merupakan sub komponen dari lingkungan hidup, yaitu komponen geofisik kimia. Salah satu pencemar di lingkungan adalah timbal (Pb), Pb sebagai salah satu zat pencemar dapat membahayakan kesehatan dan merusak lingkungan. Tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus*) memiliki fungsi sebagai tanaman peneduh perkotaan dan penyaring polusi udara memungkinkan memiliki peran sebagai penyerap timbal yang disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor. Penelitian ini bertujuan menganalisa konsentrasi timbal pada daun Angsana di daerah perkotaan. Uji Pb pada daun Angsana dilakukan dengan mengambil sampel daun Angsana di Jl. Adi Sucipto, Jl. Solo, Jl. Jend Sudirman, Jl. Diponegoro dan Jetis, Bantul sebagai kontrol. Pengujian Pb dalam daun Angsana menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom. Hasil Penelitian menunjukkan konsentrasi Pb dalam daun Angsana masih dibawah batas toksisitas yang diperbolehkan 1000 ppm.

Kata kunci : Timbal (Pb), Angsana (*Pterocarpus indicus*), Tanaman Peneduh.

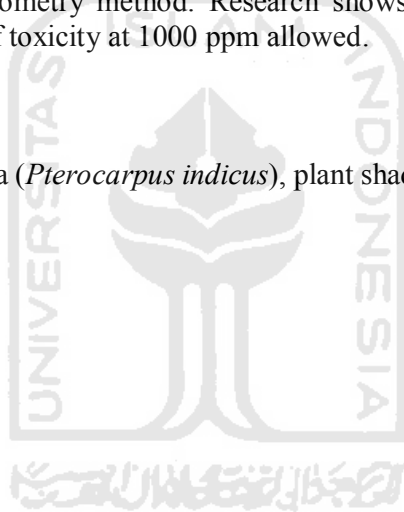


**ANALYSIS OF LEAD CONTENT (Pb) AS THE LEAVES ANGSANA
(*Pterocarpus indicus*) SHADE PLANT IN URBAN AREA YOGYAKARTA**

ABSTRACT

Air is a sub component of the environment, namely geophysical component chemicals. One of the pollutants in the environment is lead (Pb), Pb as one of the contaminants can harm health and the environment. Plants Angsana (*Pterocarpus indicus*) has a function as a shade plant and urban air pollution filter allows to have a role as a lead absorber which is caused by motor vehicle emissions. This study aims to analyze the concentration of lead in the leaves Angsana in urban areas. Pb test performed on leaves Angsana Angsana by taking leaf samples at Jl. Adi Sucipto, Jl. Solo, Jl. Jend. Sudirman, Jl. Diponegoro and Jetis, Bantul as controls. Testing of Pb in leaves Angsana using atomic absorption spectrophotometry method. Research shows konsntrasi Pb in leaf Angsana still below the limit of toxicity at 1000 ppm allowed.

Key words: Lead (Pb), Angsana (*Pterocarpus indicus*), plant shade.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Yogyakarta sebagai kota pendidikan dan pariwisata memiliki potensi terhadap pencemaran udara yang bersumber dari kendaraan bermotor seiring dengan bertambahnya penduduk di Yogyakarta.

Udara merupakan sub komponen dari lingkungan hidup yaitu komponen geofisik kimia. Perubahan lingkungan udara pada umumnya disebabkan pencemaran udara yaitu masuknya zat pencemar (berbentuk gas-gas dan partikel kecil/aerosol) ke dalam udara. Secara umum terdapat dua sumber pencemaran udara yaitu pencemaran akibat sumber alamiah (*natural sources*), seperti letusan gunung berapi, dan yang berasal dari kegiatan manusia (*anthropogenic sources*), seperti yang berasal dari transportasi, emisi pabrik, dan lain-lain. (Soedomo, 2001)

Salah satu pencemar di lingkungan adalah timbal. Timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena sifat-sifatnya, antara lain timbal mempunyai titik cair yang rendah, mudah dibentuk, dan sifat kimia timbal dapat berfungsi sebagai pelindung jika kontak dengan udara lembab. (Faridaz, 1992). Bahkan menurut Saeni (1997) timbal merupakan logam berat berbahaya kedua, setelah merkuri.

Pb yang dihasilkan dari kegiatan manusia seperti dari hasil kegiatan industri dapat membahayakan kesehatan dan merusak lingkungan. Menurut Devi (2001) di dalam tubuh Pb dapat menyebabkan keracunan akut maupun keracunan kronik. Jumlah Pb minimal di dalam darah yang dapat menyebabkan keracunan berkisar antara 60-100 mikro gram per 100 ml darah. Pada keracunan akut biasanya terjadi karena masuknya senyawa timbal yang larut dalam asam atau menghirup uap Pb tersebut. Gejala-gejala yang timbul berupa mual, muntah, sakit perut hebat, kelainan fungsi otak, anemi berat, kerusakan ginjal bahkan kematian dapat terjadi dalam 1-2 hari. Kelainan fungsi otak terjadi karena Pb ini secara

kompetitif menggantikan mineral-mineral utama seperti seng, tembaga, dan besi dalam mengatur fungsi mental kita.

Menurut Kovack (1992) dalam Karliansyah (1999), salah satu cara pemantauan pencemaran udara adalah dengan menggunakan tumbuhan sebagai bioindikator. Kemampuan masing-masing tumbuhan untuk menyesuaikan diri berbeda-beda sehingga menyebabkan adanya tingkat kepekaan, yaitu sangat peka, peka dan kurang peka. Tingkat kepekaan tumbuhan ini berhubungan dengan kemampuannya untuk menyerap dan mengakumulasikan logam berat. sehingga tumbuhan adalah bioindikator pencemaran yang baik. Dengan demikian daun merupakan organ tumbuhan sebagai bioindikator yang paling peka terhadap pencemaran. Bioakumulasi timah hitam terhadap daun pada tanaman akan lebih banyak terjadi pada tanaman yang tumbuh di pinggir jalan besar yang padat kendaraan bermotor (Sastrawijaya, 1996). Menurut Devi (2008) emisi gas buang kendaraan bermotor berpengaruh terhadap struktur anatomi dan stomata yaitu semakin tinggi kadar emisi gas buang kendaraan bermotor maka semakin menurun struktur anatomi dan stomatanya.

Dengan demikian, kemampuan tanaman dalam menyerap polutan akan semakin berkurang dengan peningkatan konsentrasi polutan. Dampak selanjutnya adalah terganggunya fungsi tanaman dalam lingkungan dan ketahanan tanaman terhadap tingkat polutan di udara akan semakin menurun (Setyowidagdo, 2000).

Berdasarkan hal tersebut maka untuk mengetahui jumlah timbal pada tanaman khususnya pada daun Angsana, maka perlu dilakukan penelitian “Analisis Kadar Timbal (Pb) Dalam Daun Angsana Sebagai Tanaman Peneduh di Daerah Perkotaan Yogyakarta”.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian dan permasalahan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu, Berapakah konsentrasi timbal dalam daun Angsana (*Pterokarpus indikus*) yang terdapat di jalan utama yaitu di Jl. Adi Sucipto, Jl. Solo, Jl. Jend Sudirman, Jl. Diponegoro, dan Jetis, Bantul sebagai kontrol.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi timbal (Pb) pada daun tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus*) di daerah perkotaan ($\mu\text{g/g}$)

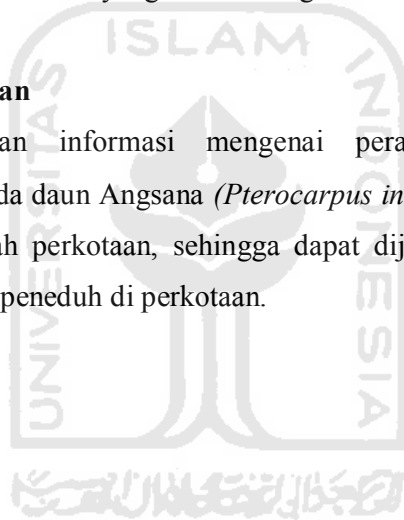
1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dikaji dalam penelitian, adalah sebagai berikut :

- 1) Daun Angsana (*Pterocarpus indicus*) sebagai tanaman peneduh yang ada di daerah perkotaan yaitu di Jl. Adi Sucipto, Jl. Solo, Jl. Jend Sudirman, Jl. Diponegoro dan daerah Jetis, Bantul sebagai kontrol.
- 2) Konsentrasi timbal yang terkandung dalam daun di tiap lokasi penelitian.

1.5. Manfaat Penelitian

Memberikan informasi mengenai peranan dan banyaknya kandungan Pb pada daun Angsana (*Pterocarpus indicus*) sebagai tanaman peneduh di daerah perkotaan, sehingga dapat dijadikan referensi untuk memilih tanaman peneduh di perkotaan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

A. Pencemaran Udara

Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Menurut *Wardana (1995)*, kehadiran bahan atau zat asing didalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan dan binatang. Pencemaran udara seakan berbanding lurus dengan kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan, artinya semakin tingginya teknologi dan ilmu pengetahuan yang dimiliki manusia, maka industri bermunculan semakin banyak pula. Industri tersebut umumnya menganut sistem mengefisienkan tenaga pada kerja manusia dengan meraih untung atau laba yang sebesar-besarnya.

Secara umum, terdapat 2 sumber pencemaran udara, yaitu pencemaran akibat sumber alamiah (*natural sources*), seperti letusan gunung berapi, dan yang berasal dari kegiatan manusia (*anthropogenic sources*), seperti yang berasal dari transportasi, emisi pabrik, dan lain-lain.

Menurut Kovack (1992) dalam Karliansyah (1999), salah satu cara pemantauan pencemaran udara adalah dengan menggunakan tumbuhan sebagai bioindikator. Kemampuan masing-masing tumbuhan untuk menyesuaikan diri berbeda-beda sehingga menyebabkan adanya tingkat kepekaan, yaitu sangat peka, peka dan kurang peka. Tingkat kepekaan tumbuhan ini berhubungan dengan kemampuannya untuk menyerap dan mengakumulasikan logam berat. sehingga tumbuhan adalah bioindikator pencemaran yang baik. Dengan demikian daun merupakan organ tumbuhan sebagai bioindikator yang paling peka terhadap pencemaran.

2.2. Pengendalian Pencemaran Udara

Kebijakan nasional mengenai pengendalian pencemaran udara meliputi pencegahan, penanggulangan, dan pemulihan. Terlepas dari masih lemahnya kebijakan pencegahan untuk jangka panjang, beberapa kebijakan terobosan diharapkan mampu mendorong pelaksanaan program dan strategi pengendalian pencemaran udara. Kebijakan terobosan untuk menanggulangi pencemaran udara akibat sumber bergerak (terutama kendaraan bermotor) adalah :

1) Penyediaan alternatif bahan bakar bersih

Ada dua upaya menyediakan bahan bakar bersih bagi kendaraan bermotor yaitu mengembangkan alternatif bahan bakar sumber energi non-fosil (listrik, magnet, hidrogen, tenaga surya) dan menurunkan tingkat cemar bahan bakar sumber energi fosil (bensin tanpa timbal, gas alam). Saat ini masih sangat sulit melepaskan ketergantungan pada bahan bakar fosil, sehingga alternatif kedua yang lebih banyak diupayakan. Bensin tanpa timbal ini seharusnya tersedia secara nasional pada tahun 2003 (SK Mentamben No. 1585 K/32/MPE/1999), namun karena berbagai hambatan baru tersedia untuk Jabodetabek dan beberapa kota di Jawa Barat dan Banten. Penyediaan bensin tanpa timbal secara nasional diperkirakan baru bisa dipenuhi tahun 2005.

2) Disinsentif untuk penggunaan bahan bakar diesel

Bahan bakar diesel (solar) adalah bahan bakar kotor (penghasil pencemar sulfur dan berbagai partikulat besar) yang digunakan secara meluas di masyarakat karena belum adanya usaha untuk melakukan disinsentif penggunaan. Tahun 2003 pemerintah mengeluarkan kebijakan menghapus subsidi BBM, termasuk subsidi bahan bakar diesel. Pada tanggal 20 Januari 2003 ditetapkan SKB Menteri ESDM dan Menteri Keuangan (No 31K/ MEM/2003 dan No. 31/KMK.01/2003) serta SK Dirut Pertamina (No 003/C00000/2003-S3) yang menetapkan harga minyak solar/diesel hampir sama dengan bensin premium. Kebijakan ini menjadi disinsentif untuk tidak menggunakan solar.

3) Teknologi kendaraan

Penggantian bertahap menuju bahan bakar yang lebih bersih harus diikuti dengan pengembangan teknologi kendaraan. Penggunaan bahan bakar bensin tanpa timbal perlu diikuti dengan pemasangan alat catalytic converter, sedangkan reduksi partikulat solar/diesel perlu diikuti dengan pemasangan diesel trap. Kebanyakan mobil yang diproduksi sesudah tahun 1997 telah memenuhi syarat disain untuk penggunaan bensin tanpa timbal, tetapi belum ada kebijakan yang nyata mendorong pemasangan alat catalytic converter secara massal pada kendaraan-kendaraan bermotor produksi sebelum tahun 1995. Tanpa usaha nyata mendorong ketersediaan bensin tanpa timbal yang murah dan mencukupi cenderung kontraproduktif, seperti kendaraan built-up dilepas catalytic converter-nya karena bensin yang ada di Indonesia tidak sesuai.

4) Insentif mendorong penggunaan angkutan massal

Kenaikan harga BBM dan kemacetan dikota merupakan pendorong pengembangan sistem transportasi massal. Baru Jakarta yang berinisiatif akan segera mengembangkan sistem transportasi berbasis rel di dalam kota (monorail maupun subway), di samping pengembangan busway. Padahal hampir semua kota metropolitan di Indonesia sudah mencapai tingkat pencemaran udara yang kritis.

2.3. Mekanisme Daun dalam Menyerap Polutan Udara

Fitter (1992), mengatakan bahwa secara keseluruhan, perbaikan dan teknik percobaan dan landasan teoritis menghasilkan suatu perluasan dalam penelitian polusi udara yang hanya sedikit topik yang menonjol yang dibahas:

a. Pertukaran antara daun dan atmosfer yang tercemar

Bagi tanaman yang tumbuh di daerah yang tecemar, bahwa adaptasinya yang mendukung adaptasi asimilasi CO₂ juga cenderung merangsang pengambilan gas lain kedalam mesofil daun.

Menurut analisis tahanan konfensional, fleks difusi CO₂ atau molekul polutan ke tempat asimilasi atau kerusakan dalam mesofil daun dan dikontrol oleh

tahanan difusi daun yang terdiri dari satu seri atau sesi komponen yang tahan. : ra-tahan lapisannya batas diluar permukaan daun. rs-tahanan stomata, rc-tahanan kutikula, rm-tahanan mesofil (tahanan dari luar melalui apoplas mesofil dan sel-sel tempat asimilasi atau ketempat terjadinya kerusakan, bersamaan dengan sistem enzim yang terlibat dengan asimilasi atau kerusakan), dimana ra dan rs (paling tidak) yang terdifusi. (Fitter, 1992)

Fitter (1992), mengatakan bahwa pada suatu kisaran bukan stomata dan udara yang tidak bergerak atau udara dengan kecepatan rendah, ra merupakan tahanan dominan dari keadaan tersebut, pada suatu kisaran lembar stomata. Akibatnya, fertilisasi yang tidak cukup selama eksperimental dapat menyebabkan laju pengambilan polutan yang rendah dan kerusakan pada dosis fitotoksik yang jelas di lapangan.

Jauh lebih sulit untuk mengungkapkan bagian alur difusi yang membatasi gas polutan pada kecepatan angin yang lebih tinggi (ra rendah), sebab tidak ada teknik pengukuran rm yang cocok. Meskipun demikian terdapat sejumlah laporan yang memperhatikan penambahan yang besar dalam pengambilan SO₂ yang disertai membukanya stomata. Penemuan ini kelihatannya mengesankan bahwa kondisi lapangan, absorpsi SO₂ (seperti pengambilan CO₂) secara normal akan dibatasi oleh lubang stomata, dengan kutikula daun yang memberi tekanan yang sangat tinggi.

b. Tempat utama penyerapan.

Fitter (1992) menyatakan bahwa selayaknya polutan diabsorpsi ke dalam sel mesofil, pengaruh utamanya akan terletak pada tingkat ultra struktural. Asumsi ini diperkuat sejumlah penelitian jangka pendek yang memperlihatkan perubahan nyata. Misalnya, aktivitas enzim, tingkat metabolisme dan permeabilitas membran tetapi dari penemuan ini tidak jelas untuk semua tanaman sebab banyaknya pengaruh yang ditimbulkan dari masing-masing polutan. Bagaimana beberapa tempat primer telah diidentifikasi sejumlah peneliti yaitu:

- a) stomata, merupakan bagian-bagian yang pertama kali ditunjuk, SO_2 , NO_x dan O_3 mempunyai pengaruh yang cepat atas lubang stomata, walaupun mekanismenya tidak diketahuinya.
- b) kloroplas, daun-daun tanaman yang dihadapkan pada dosis SO_3 , NO_x dan O_3 rendah menyebabkan luka yang kelihatan, telah diadaptasi menyebabkan perolehan sistem membran thylahord dalam kloroplas ozon yang menyebabkan kerusakan membran plasma dan telah ditemukan bahwa kerjanya langsung pada membran elalui reaksi dengan ikatan ganda dari molekul-molekul lipid yang tidak jenuh.
- c) fiksasi CO_2 , daun yang dihadapkan pada SO_2 , umumnya menyebabkna turunnya laju fiksasi CO_2 yang tepat.

c. Fotosintesis dan akumulasi bahan kering

Karena polutan utama telah ditunjukkan dapat menyebabkan perubahan dalam respirasi stomata, struktur kloroplas, fiksasi CO_2 dan sistem transpirasi elektrofotosintetik, tidaklah mengherankan bila ditemukan cepatnya (tetapi reversibel, dapat ditarik) penekanan dalam laju fotosintesis. *Fitter (1992)*.

Apabila tanaman dihadapkan pada tingkat polutan dalam jangka waktu yang lama, penguapan dalam fotosintesis (bersama pengaruh lain). Penyebabnya dispersi nyata dalam akumulasi bahan kering sering kali tanpa kerusakan yang nyata. Penurunan hasil bahan kurang secara normal berkaitan dengan berkurangnya komponen hasil (jumlah cabang muda dan daun, luas daun dan stignya) dan dengan cepatnya enescense jaringan. *Fitter (1992)*

d. Gejala toksisitas akut

Tanaman yang dihadapkan secara kronis terhadap konsentrasi polutan rendah dapat menyebabkan terjadinya kloroplas daun yang bersifat progresif dari senescence. Yang dipercepat dan kadang-kadang sukar untuk dibenahi sehingga salah satu gejala polusi udara. Sebaliknya menjadi kering dan jaringan lokal memutih. *Srikandi (1999)*.

2.4. Logam Berat

Logam adalah unsur alam yang dapat diperoleh dari laut, erosi batuan tambang, vulkanis dan sebagainya. Untuk kepentingan biologi Clark (1986); Diniah (1995) dalam Yudhanegara (2005) membagi logam ke dalam tiga kelompok yaitu :

- (1) Logam ringan (seperti natrium, kalium, kalsium, dan lain-lain), biasanya diangkut sebagai kation aktif di dalam larutan yang encer;
- (2) Logam transisi (seperti besi, tembaga, kobalt dan mangan), diperlukan dalam konsentrasi yang rendah, tetapi dapat menjadi racun dalam konsentrasi yang tinggi;
- (3) Logam berat dan metaloid (seperti raksa, timah hitam, timah, selenium, dan arsen), umumnya tidak diperlukan dalam kegiatan metabolisme dan sebagai racun bagi sel dalam konsentrasi rendah.

Miettinen (1987) dalam Saeni (1997) mendefinisikan logam berat sebagai unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 , terletak di sudut kanan bawah daftar berkala, mempunyai affinitas yang tinggi terhadap unsur S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari periode 3 sampai 7 pada tabel periodik. Pada kenyataannya, dalam pengertian logam berat ini dimasukkan pula unsur-unsur metalloid yang memiliki sifat berbahaya seperti logam berat sehingga jumlahnya mencapai lebih kurang 40 jenis. Beberapa logam berat yang beracun tersebut adalah As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni dan Zn (Wild, 1995).

Menurut Darmono (1995), faktor yang menyebabkan logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar adalah karena adanya sifat-sifat logam berat yang tidak dapat terurai (non degradable) dan mudah diabsorpsi. Babich dan Stotzky (1978) mengemukakan bahwa berbagai faktor lingkungan berpengaruh terhadap logam berat yaitu keasaman tanah, bahan organik, suhu, tekstur, mineral liat, kadar unsur lain dan lain-lain. pH adalah faktor penting yang menentukan transformasi logam. Penurunan pH secara umum meningkatkan ketersediaan

logam berat kecuali Mo dan Se (Klein dan Trayer, 1995). Pada tanah, semakin halus teksturnya semakin tinggi kekuatannya untuk mengikat logam berat. Oleh karena itu, tanah yang bertekstur liat memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat lebih tinggi daripada tanah berpasir. Logam berat mungkin diabsorpsi dan diakumulasikan dalam jaringan hidup. Kemampuan beberapa logam berat dalam berikatan dengan asam amino mengikuti urutan sebagai berikut : Hg > Cu > Ni > Pb > Co > Cd (Hutagalung, 1991).

Organisme yang pertama terpengaruh akibat penambahan polutan logam berat ke tanah atau habitat lainnya adalah organisme dan tanaman yang tumbuh di tanah atau habitat tersebut. Dalam ekosistem alam terdapat interaksi antar organisme baik interaksi positif maupun negatif yang menggambarkan bentuk transfer energi antar populasi dalam komunitas tersebut. Dengan demikian pengaruh logam berat tersebut pada akhirnya akan sampai pada hierarki rantai makanan tertinggi yaitu manusia. Logam-logam berat diketahui dapat mengumpul di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam tubuh untuk jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Saeni, 1997).

2.5. Timbal

Pada dasarnya timbal adalah logam berat yang terdapat secara alami di dalam kerak bumi dan tersebar ke alam dalam jumlah kecil melalui proses alami. Polusi timbal (Pb) dapat terjadi di udara, air, maupun tanah dan air. Kandungan timbal didalam tanah rata-rata 16 ppm, tetapi dalam daerah tertentu mungkin dapat terjadi beberapa ribu ppm. Kandungan timbal didalam udara seharusnya rendah karena nilai uapnya rendah. Untuk mencapai tekanan 1 torr, timbal atau komponen-komponen timbal membutuhkan suhu lebih dari 800° C.

Timbal dalam udara mengendap di permukaan tanah, daun dan lantai rumah. Penelitian menunjukkan, sayuran yang ditanam di tepi jalan mengandung timbal. Organisasi Pangan Dunia (FAO) juga menunjukkan bahwa makanan yang dijual di tepi jalan mengandung timbal sampai di atas ambang batas.

Timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena sifat- sifatnya sebagai berikut:

- 1) Timbal merupakan titik cair rendah sehingga bila digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik yang cukup sederhana dan dengan harga murah.
- 2) Timbal merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah menjadi berbagai bentuk.
- 3) Sifat kimia timbal menyebabkan logam ini dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung jika kontak dengan udara yang lembab.
- 4) Timbal dapat membentuk alloy dengan logam lainya, da alloy yang terbentuk mempunyai sifat yang berbeda dengan sifat timbal yang asli.
- 5) Densitas timbal lebih tinggi dibandingkan dengan logam yang lain kecuali emas dan merkuri.

2.5.1. Kegunaan timbal

Penggunaan timbal terbesar adalah dalam penggunaan baterai penyimpanan untuk mobil, dimana digunakan timbal metalik dan kimponen-kompoen lainnya. Elektrode dari beberapa baterai mengandung struktur inaktif yang disebut grid yang dibuat dari alloy timbal yang mengandung 93% timbale dab 7% antimony. Struktrur ini merupakan penyangga mekanik dari komponen baterai yang aktif dan merupakan jalur aliran listrik. Bagian yang aktif dari baterai terdiri dari timbal dioksida (PbO_2) dan logam timbal yang terikat pada grid.

Kegunaan lainnya dari timbal adalah untuk produk-produk logam seperti amunisi, pelapis kabel, pipa dan solder, bahan kimia, pewarna, dan lainnya. beberapa produk logam dibuat dari timbal murni yang diubah menjadi berbagai bentu, dan sebagian besar terbuat dari alloy timbal. Solder mengandung timbal 50%-95% timbal, sedangkan sisanya adalah timah, titik lebur solder akan berubah tergantung dengan komposisinya. Logam pencetak digunakan dalam percetakan terdiri dari timbal, timah, antimony, dimana komposisinya pada umumnya terdiri dari 85% timbal, 12% antimony, 3% timah. Peluru timah mengandung 0,1%-0,2% arsenic untuk menambah

kekerasannya. Alloy yang mempunyai titik cair rendah dan digunakan dalam alarm api, pemadam kebakaran otomatis dan sekring listrik mengandung bismuth, cadmium atau merkuri. Titik cair alloy tersebut ditentukan dari komposisinya. *Fardiaz (1992)*

Konsentrasi timbal di udara pada daerah perkotaan kemungkinan mencapai 5 sampai 50 kali dari pada di daerah pedesaan. Semakin jauh dari daerah perkotaan, semakin rendah konsentrasi Pb di udara. Gas dalam udara berbentuk gas dan partikel-partikel. Sumber timbal di udara bersumber pada :

1. Pembakaran bahan aditif dari kendaraan bermotor yang terdiri dari tetra etil dan tetrametil Pb yang mengeluarkan gas timbal.
2. Pabrik-pabrik yang menghasilkan Pb alkil dan Pb-oksida.
3. Gunung berapi
4. Pembakaran arang, sampah, dll

Polusi yang terbesar berasal dari pembakaran bensin, dimana dihasilkan komponen Pb, terutama $PbBrCl$ dan $PbBrCl, 2PbO$. Komponen-komponen Pb yang mengandung halogen terbentuk selama pembakaran bensin karena dalam bensin sering ditambahkan bahan anti letupan yang mengandung scavenger kimia, supaya dapat bereaksi dengan komponen Pb yang tertinggal didalam mesin sebagai akibat pembakaran bahan anti letupan tersebut.

2.5.2. Dampak Timbal

Pb sebagai gas buang kendaraan bermotor dapat membahayakan kesehatan dan merusak lingkungan. Pb yang terhirup oleh manusia setiap hari akan diserap, disimpan dan kemudian ditabung dalam darah. Bentuk Kimia Pb merupakan faktor penting yang mempengaruhi sifat-sifat Pb di dalam tubuh. Komponen Pb organik misalnya tetraethyl Pb segera dapat terabsorpsi oleh tubuh melalui kulit dan membran mukosa. Pb organik diabsorpsi terutama melalui saluran pencernaan dan pernafasan dan merupakan sumber Pb utama di dalam tubuh.

Tidak semua Pb yang terisap atau tertelan ke dalam tubuh akan tertinggal di dalam tubuh. Kira-kira 5-10 % dari jumlah yang tertelan akan diabsorpsi melalui

saluran pencernaan, dan kira-kira 30 % dari jumlah yang terisap melalui hidung akan diabsorpsi melalui saluran pernafasan akan tinggal di dalam tubuh karena dipengaruhi oleh ukuran partikel-partikelnya.

Di dalam tubuh Pb dapat menyebabkan keracunan akut maupun keracunan kronik. Jumlah Pb minimal di dalam darah yang dapat menyebabkan keracunan berkisar antara 60-100 mikro gram per 100 ml darah. Pada keracunan akut biasanya terjadi karena masuknya senyawa timbal yang larut dalam asam atau menghirup uap Pb tersebut. Gejala-gejala yang timbul berupa mual, muntah, sakit perut hebat, kelainan fungsi otak, anemi berat, kerusakan ginjal bahkan kematian dapat terjadi dalam 1-2 hari. Kelainan fungsi otak terjadi karena Pb ini secara kompetitif menggantikan mineral-mineral utama seperti seng, tembaga, dan besi dalam mengatur fungsi mental kita. Keracunan timbal kronik menimbulkan gejala seperti depresi, sakit kepala, sulit berkonsentrasi, gelisah, daya ingat me nurun, sulit tidur, halusinasi dan kelemahan otot. Susunan saraf pusat merupakan organ sasaran utama timbal.

Pb yang tertinggal didalam tubuh, baik yang diudara maupun melalui makanan, akan mengumpul terutama dalam skeleton (90%-95%). tulang berfungsi sebagai tempat pengumpulan Pb karena sifat Pb^{2+} yang hamper sam dengan Ca^{2+} . Pb^{2+} yang mengumpul di dalam skeleton kemungkinan dapat diremobilisasi kebagian tubuh yang lainnya lama setelah absirbsin awal. Karena analisis Pb di dalam tulang cukup sulit, maka kandungan Pb di dalam tubuh ditetapkan dengan menganalisis konsentrasi Pb di darah atau urin. Kadar Pb dalam darah yang biasa mengakibatkan keracunan biasanya berkisar antara 60 sampai 100 mikrogram dalam per 100 ml darah untuk orang dewasa.

2.5.3. Sumber Pencemar Timbal (Pb)

A. Sumber Alami

Kadar timbal (Pb) yang secara alami dapat ditemukan dalam bebatuan sekitar 13 mg/kg. Khusus timbal (Pb) yang tercampur dengan batu fosfat dan terdapat di dalam batu pasir (sand stone) kadarnya lebih besar yaitu 100 mg/kg. Timbal (Pb)

yang terdapat di tanah berkadar sekitar 5-25 mg/kg dan di air bawah tanah (ground water) berkisar antara 1-60 $\mu\text{g/liter}$. Secara alami timbal (Pb) juga ditemukan di air permukaan. Kadar timbal (Pb) pada air telaga dan air sungai adalah sebesar 1-10 $\mu\text{g/liter}$. Dalam air laut kadar timbal (Pb) lebih rendah dari dalam air tawar. Laut Bermuda yang dikatakan terbebas dari pencemaran mengandung timbal (Pb) sekitar 0,07 $\mu\text{g/liter}$. Kandungan timbal (Pb) dalam air danau dan sungai di USA berkisar antara 1-10 $\mu\text{g/liter}$. Secara alami timbal (Pb) juga ditemukan di udara yang kadarnya berkisar antara 0,0001-0,001 $\mu\text{g/m}^3$. Tumbuh-tumbuhan termasuk sayur-mayur dan padi-padian dapat mengandung timbal (Pb), penelitian yang dilakukan di USA kadarnya berkisar antara 0,1-1,0 $\mu\text{g/kg}$ berat kering (Sudarmaji, dkk, 2006).

B. Sumber dari Industri

Industri yang berpotensi sebagai sumber pencemaran timbal (Pb) adalah semua industri yang memakai Timbal (Pb) sebagai bahan baku maupun bahan penolong, misalnya:

- a) Industri pengecoran maupun pemurnian. Industri ini menghasilkan timbal konsentrat (primary lead), maupun secondary lead yang berasal dari potongan logam (scrap).
- b) Industri baterai. Industri ini banyak menggunakan logam timbal (Pb) terutama lead antimony alloy dan lead oxides sebagai bahan dasarnya.
- c) Industri bahan bakar. Timbal (Pb) berupa tetra ethyl lead dan tetra methyl lead banyak dipakai sebagai anti knock pada bahan bakar, sehingga baik industri maupun bahan bakar yang dihasilkan merupakan sumber pencemaran timbal.
- d) Industri kabel. Industri kabel memerlukan timbal (Pb) untuk melapisi kabel. Saat ini pemakaian timbal (Pb) di industri kabel mulai berkurang, walaupun masih digunakan campuran logam Cd, Fe, Cr, Au dan arsenik yang juga membahayakan untuk kehidupan makhluk hidup.

e) Industri kimia, yang menggunakan bahan pewarna. Pada industri ini seringkali dipakai timbal (Pb) karena toksisitasnya relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan logam pigmen yang lain. Sebagai pewarna merah pada cat biasanya dipakai red lead, sedangkan untuk warna kuning dipakai lead chromate (Sudarmaji, dkk, 2006).

C. Sumber dari Transportasi

Timbal, atau Tetra Etil Lead (TEL) yang banyak pada bahan bakar terutama bensin, diketahui bisa menjadi racun yang merusak sistem pernapasan, sistem saraf, serta meracuni darah. Penggunaan timbal (Pb) dalam bahan bakar semula adalah untuk meningkatkan oktan bahan bakar. Penambahan kandungan timbal (Pb) dalam bahan bakar, dilakukan sejak sekitar tahun 1920-an oleh kalangan kilang minyak. Tetra Etil Lead (TEL), selain meningkatkan oktan, juga dipercaya berfungsi sebagai pelumas kedudukan katup mobil (produksi di bawah tahun 90-an), sehingga katup terjaga dari keausan, lebih awet, dan tahan lama. Penggunaan timbal (Pb) dalam bensin lebih disebabkan oleh keyakinan bahwa tingkat sensitivitas timbal (Pb) tinggi dalam menaikkan angka oktan. Setiap 0,1 gram timbal (Pb) perliter bensin, menurut ahli tersebut mampu menaikkan angka oktan 1,5 sampai 2 satuan. Selain itu, harga timbal (Pb) relatif murah untuk meningkatkan satu oktan dibandingkan dengan senyawa lainnya (Santi, 2001).

Hasil pembakaran dari bahan tambahan (aditive) timbal (Pb) pada bahan bakar kendaraan bermotor menghasilkan emisi timbal (Pb) in organik. Logam berat timbal (Pb) yang bercampur dengan bahan bakar tersebut akan bercampur dengan oli dan melalui proses di dalam mesin maka logam berat timbal (Pb) akan keluar dari knalpot bersama dengan gas buang lainnya (Sudarmaji, dkk, 2006). Namun sejak tahun 2006 Pertamina sudah tidak menginjeksikan timbale kedalam bensin. Kadar bensin di SPBU Yogyakarta pada tahun 2010 tidak terditeksi. (LIMIGAS, 2010)

2.5.4. Timbal (Pb) di Lingkungan

Sebagai sumber timbal (Pb) di lingkungan hidup kita adalah (Mukono, 2002):

1) Udara

Timbal (Pb) di udara dapat berbentuk gas dan partikel. Dalam keadaan alamiah menurut studi patterson (1965), kadar timah hitam di udara sebesar 0,0006 mikrogram/m, sedangkan di daerah tanpa penghuni dipegunungan California (USA), menunjukkan kadar timah hitam (Pb) sebesar 0,008 mikrogram/m³. Baku mutu di udara adalah 0,025 – 0,04 gr/Nm³.

2) Air

Analisis air bawah tanah menunjukkan kadar timah hitam (Pb) sebesar antara 1–60 mikrogram/liter, sedangkan analisis air permukaan terutama pada sungai dan danau menunjukkan angka antara 1–10 mikrogram/liter. Kadar timah hitam pada air laut kadarnya lebih rendah dari yang terdapat di air tawar. Di pantai California (USA) kadar timah hitam (Pb) menunjukkan kadar antara 0,08 – 0,04 mikrogram/liter. Timbal (Pb) yang larut dalam air adalah Timbal asetat ($Pb(C_2H_3O_2)_2$), timbal klorat $Pb(CLO_3)_2$, timbal nitrat $Pb(NO_3)_2$, timbal stearat $Pb(C_{18}H_{35}O_2)_2$. Baku mutu (WHO) timbal (Pb) dalam air 0,1 mg/liter dan KLH No 02 tahun 1988 yaitu 0,05 – 1 mg/ liter.

3) Tanah

Rata-rata timbal (Pb) yang terdapat dipermukaan tanah adalah sebesar 5–25 mg/kg.

4) Batuan

Bumi kita mengandung timbal (Pb) sekitar 13 mg/kg. Menurut study Weaepohl (1961), dinyatakan bahwa kadar timbal (Pb) pada batuan sekitar 10 – 20 mg/kg

5) Tumbuhan

Secara alamiah tumbuhan dapat mengandung timbal (Pb). Menurut Warren dan Delavault (1962), Kadar timbal (Pb) pada dedaunan adalah 2,5 mg/kg berat daun kering.

6) Makanan

Kadar timbal (Pb) pada makanan dapat bertambah dalam proses processing, kandungan timbal (Pb) yang tinggi ditemukan pada beras, gandum, kentang dan lain-lain. Asupan yang diizinkan yaitu 50 mikrogram/kg BB (dewasa) dan 25 mikrogram/kg BB (anak-anak).

2.5.5. Metabolisme Timbal (Pb)

a. Absorpsi

Pajanan timbal (Pb) dapat berasal dari makanan, minuman, udara, lingkungan umum, dan lingkungan kerja yang tercemar timbal (Pb). Pajanan non okupasional biasanya melalui tertelannya makanan dan minuman yang tercemar timbal (Pb). Pajanan okupasional melalui saluran pernapasan dan saluran pencernaan terutama oleh timbal (Pb) karbonat dan timbal (Pb) sulfat. Masukan timbal (Pb) 100 hingga 350 mikrogram/hari dan 20 mikrogram/hari diabsorpsi melalui inhalasi uap timbal (Pb) dan partikel dari udara lingkungan kota yang polutif (DeRoos, 1997 dalam Ardyanto, 2005.).

Timah hitam dan senyawanya masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan dan saluran pencernaan, sedangkan absorpsi melalui kulit sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Bahaya yang ditimbulkan oleh timbal (Pb) tergantung oleh ukuran partikelnya. Partikel yang lebih kecil dari 10 mikrogram dapat tertahan di paruparu, sedangkan partikel yang lebih besar mengendap di saluran nafas bagian atas.

Absorpsi timbal (Pb) melalui saluran pernafasan dipengaruhi oleh tiga proses yaitu deposisi, pembersihan mukosiliar, dan pembersihan alveolar. Deposisi terjadi di nasofaring, saluran trakeobronkial, dan alveolus. Deposisi tergantung pada ukuran partikel timbal (Pb) volume pernafasan dan daya larut. Partikel yang lebih besar banyak di deposit pada saluran pernafasan bagian atas dibanding partikel yang lebih kecil (DeRoos 1997, dan OSHA, 2005 dalam

Rata-rata 10–30% Pb yang terinhalasi diabsorpsi melalui paru-paru, dan sekitar 5-10% dari yang tertelan diabsorpsi melalui saluran cerna (Palar, 1994) . Fungsi pembersihan alveolar adalah membawa partikel ke ekskulator mukosiliar, menembus lapisan jaringan paru kemudian menuju kelenjar limfe dan aliran darah. Sebanyak 30-40% timbal (Pb) yang di absorpsi melalui saluran pernapasan akan (Ardyanto, D, 2005.). Pembersihan mukosiliar membawa partikel di saluran pernafasan bagian atas ke nasofaring kemudian di telan.

Rata-rata 10–30% Pb yang terinhalasi diabsorpsi melalui paru-paru, dan sekitar 5-10% dari yang tertelan diabsorpsi melalui saluran cerna (Palar, 1994). Fungsi pembersihan alveolar adalah membawa partikel ke ekskulator mukosiliar, menembus lapisan jaringan paru kemudian menuju kelenjar limfe dan aliran darah. Sebanyak 30-40% timbal (Pb) yang di absorpsi melalui saluran pernapasan akan masuk ke aliran darah. Masuknya timbal (Pb) ke aliran darah tergantung pada ukuran partikel daya larut, volume pernafasan dan variasi faal antar individu (Palar, 1994).

b. Distribusi dan penyimpanan

Timah hitam yang diabsorpsi diangkut oleh darah ke organ-organ tubuh sebanyak 95% timbal (Pb) dalam darah diikat oleh eritrosit. Sebagian timbal (Pb) plasma dalam bentuk yang dapat berdifusi dan diperkirakan dalam keseimbangan dengan pool timbal (Pb) tubuh lainnya dibagi menjadi dua yaitu ke jaringan lunak (sumsum tulang, sistim saraf, ginjal, hati) dan ke jaringan keras (tulang, kuku, rambut, gigi) (Palar, 1994). Gigi dan tulang panjang mengandung timbal (Pb) yang lebih banyak dibandingkan tulang lainnya. Pada gusi dapat terlihat lead line yaitu pigmen berwarna abu abu pada perbatasan antara gigi dan gusi (Goldstein & Kipen, 1994 dalam

c. Ekskresi

(Ardyanto, 2005.). Hal itu merupakan ciri khas keracunan timbal (Pb). Pada jaringan lunak sebagian timbal (Pb) disimpan dalam aorta, hati, ginjal, otak, dan kulit. Timah hitam yang ada di jaringan lunak bersifat toksik. Ekskresi timbal (Pb) melalui

beberapa cara, yang terpenting adalah melalui ginjal dan saluran cerna. Ekskresi timbal (Pb) melalui urine sebanyak 75–80%, melalui feces 15% dan lainnya melalui empedu, keringat, rambut, dan kuku (Palar,1994). Ekskresi timbal (Pb) melalui saluran cerna dipengaruhi oleh saluran aktif dan pasif kelenjar saliva, pankreas dan kelenjar lainnya di dinding usus, regenerasi sel epitel, dan ekskresi empedu. Sedangkan Proses ekskresi timbal (Pb) melalui ginjal adalah melalui filtrasi glomerulus.

Kadar timbal (Pb) dalam urine merupakan cerminan pajanan baru sehingga pemeriksaan timbal (Pb) urine dipakai untuk pajanan okupasional (Goldstein & Kippen, 1994 dalam Ardyanto, 2005). Pada umumnya ekskresi timbal (Pb) berjalan sangat lambat. Timah hitam waktu paruh di dalam darah kurang lebih 25 hari, pada jaringan lunak 40 hari sedangkan pada tulang 25 tahun. Ekskresi yang lambat ini menyebabkan timbal (Pb) mudah terakumulasi dalam tubuh, baik pada pajanan okupasional maupun non okupasional.

2.6. Penggunaan BBM Tanpa Timbal

Usaha untuk membebaskan Timbal di kawasan pantura dan kota-kota besar di Jawa telah dilakukan sepanjang kurun 2004 - 2005. Sedangkan di kota-kota besar di Indonesia, menurut Pertamina bensin bebas Timbal tersedia untuk Pertamina dan Pertamina plus pada tahun 2005. Sampai dengan saat ini, ketersediaan bahan bakar bebas Timbal telah tersedia di hampir sebagian besar kota di Indonesia. Sejak 1 Juli 2006, Pertamina tidak lagi menginjeksikan Timbal ke dalam bensin.

Beberapa isu yang memiliki keterkaitan dengan bahan bakar dan kendaraan bermotor antara lain:

- 1) Tingkat emisi Timbal bergantung kepada komposisi bahan bakar, dimana Timbal merupakan racun penyerang syaraf. Penghapusan Timbal dalam bahan bakar secara teknis dapat dilakukan dan juga merupakan upaya yang efektif dalam mengurangi pencemaran udara dan dampaknya terhadap kesehatan manusia. Oleh karena itu secara bertahap negara-negara di dunia mulai

mengurangi atau melarang penggunaan Timbal pada bensin. Indonesia merupakan satu-satunya negara di Asia yang bensinnya masih mengandung Timbal di atas ambang batas.

- 2) Di banyak negara berkembang, mayoritas kendaraan bermotor tidak dirawat secara baik terutama kendaraan bermotor yang telah berusia tua. Selama kendaraan yang tidak mendapatkan perawatan memadai diperbolehkan beroperasi di jalan raya, maka peningkatan kualitas bahan bakar yang ditandai dengan perbaikan spesifikasi bahan bakar sesuai dengan standar internasional menjadi tidak efektif.
- 3) Di negara-negara di mana parameter pencemaran udara berupa karbon dan partikulat matter masih tinggi contohnya Indonesia, kebijakan penurunan kandungan belerang di dalam solar sesuai dengan standar internasional dengan rujukan menurunkan emisi partikulat dari mesin diesel relatif sulit (tidak dapat diterima dari sudut pandang bisnis sesaat) untuk diterapkan.
- 4) Peraturan mengenai kualitas bahan bakar saja tidak cukup, tetapi harus diikuti dengan upaya penegakan hukum sehingga penyalahgunaan bahan bakar dapat dihindari. Pengalaman membuktikan penggunaan bahan bakar untuk sektor transportasi sering kali dicampur dengan minyak tanah atau Timbal pada unit pengolahan hilir seperti kilang minyak, terminal atau SPBU.
- 5) Pemantauan kualitas bahan bakar secara periodik sangat diperlukan, bersamaan dengan penerapan sanksi keras dan tegas kepada pihak yang melanggar peraturan tersebut dapat membantu efektifitas penerapan standar bahan bakar.
- 6) Pengenalan teknologi kendaraan yang modern harus diselaraskan dengan ketersediaan bahan bakar. Mesin modern sering kali memerlukan bahan bakar dengan kualitas tertentu (Euro 2 ke atas) yang tidak selalu tersedia di negara-negara berkembang.

Beberapa kondisi perlu dipenuhi agar catalytic converter dapat berfungsi secara efektif, termasuk ketersediaan bensin tanpa Timbal, solar yang rendah belerang, dan sistem pengujian dan perawatan kendaraan yang memadai termasuk adanya standar yang sesuai. Penggunaan catalytic converter menggambarkan adanya saling ketergantungan (interdependency) antara kebijakan mengenai transportasi, energi dan lingkungan hidup.

2.7. Tingkat Pencemaran Udara di berbagai kota di Indonesia

Hasil survei kualitas bahan bakar bensin di 20 kota di Indonesia menunjukkan, kandungan timbal dalam bensin menurun hingga 71,43 persen dibandingkan tahun 2005. Untuk solar, kandungan unsur belerangnya konstan.

Temuan meningkatnya kualitas bensin menjadi pertanda baik bagi terwujudnya udara bersih dan sehat, sedangkan solar bisa dikatakan masih jauh dari harapan.

Hasil pemantauan menunjukkan rata-rata kandungan timbal dalam bensin di 20 kota pada tahun 2006 sebesar 0,038 gram per liter (gr/l)—berkisar 0,001347 gr/l hingga 0,161 gr/l. Adapun rata-rata tahun 2005 sebesar 0,133 gr/l. Ke-20 kota yang dipantau, masing-masing Jakarta, Bogor, Tangerang, Bekasi (Jabotabek), Medan, Pekanbaru, Padang, Batam, Palembang, Bandung, Semarang, Yogyakarta, Surabaya, Denpasar, Makassar, Palu, Manado, Mataram, Kupang, Ambon, Balikpapan, Banjarmasin, dan Sorong. Dari seluruh kota, rata-rata kadar timbal tertinggi dalam bensin ditemukan di Palembang. Sementara, rata-rata timbal dalam bensin di kota Padang tidak terdeteksi alias angka ND (not detectable). Angka rata-rata rendah disusul Medan, Makassar, Palu, Manado, Kupang, dan Mataram. Kandungan rata-rata timbal dalam bensin di *Yogyakarta 0,070 gr/l*, sedangkan Semarang 0,051 gr/l. (KLH, 2006)

Sedangkan hasil pengukuran kualitas udara ambien tahun 2011 di beberapa daerah di Yogyakarta yang dilakukan oleh BLH Profinsi DIY

meliputi Jl. Adisucipto, Jl. Solo, Jl. Sudirman, Jl. Diponegoro kadar timbal didaerah tersebut masih dibawah ambang batas yaitu dibawah $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.8. Anatomi Tumbuhan Angsana

Salah satu contoh tanaman pelindung yaitu Angsana (*Pterocarpus indicus*)

a. Sistematika tanaman adalah sebagai berikut :

Divisio : Magnoliophyta

Sub divisio : Plantae

Classis : Magnoliopsida

Ordo : Fabales

Familia : Fabaceae

Genus : Pterocarpus

Spesies : *P. indicus*



Gambar 2.4. Daun Angsana



Gambar 2.5. Pohon Angsana

b. Diskripsi

Pohon, yang kadang-kadang menjadi raksasa rimba, tinggi hingga 40 m dan gemang mencapai 350 cm .Batang sering beralur atau berbonggol. Daun majemuk menyirip gasal, panjang 12-30 cm. Anak daun 5-13, berseling pada poros daun, bundar telur hingga agak jorong, $6-10 \times 4-5$ cm, dengan pangkal bundar dan ujung meruncing, hijau terang, gundul, dan tipis. 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. (Joker, 2002)

Tak seperti anggota marga *Pterocarpus* yang lain, yang menyukai wilayah ugahari, angšana menyukai lingkungan hutan hujan tropika. Secara alami, pohon ini ditemukan mulai dari Burma bagian selatan, melewati Asia Tenggara dan Kepulauan Nusantara hingga ke Pasifik barat, termasuk di Cina selatan, Kep. Ryukyu, dan Kep. Solomon.

Di Jawa, pada masa lalu banyak ditemui tumbuh tersebar di hutan-hutan hingga ketinggian 500m dpl, terutama di Jawa Tengah dan Jawa Timur. Di Kalimantan didapati tumbuh liar di rawa-rawa pantai, di sepanjang aliran sungai pasang surut. Buahnya yang tua dan mengering, disebarkan oleh angin, aliran air dan arus laut.

Angšana biasa ditanam orang untuk berbagai keperluan. Pohon ini mudah diperbanyak dengan biji maupun dengan stek cabang dan rantingnya. Kini angšana juga telah menyebar luas hingga ke Afrika, India, Srilanka, Taiwan, Okinawa, Hawaii dan Amerika Tengah.

2.9. Kondisi Iklim Di Yogyakarta

Dalam menentukan iklim suatu daerah dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan Klasifikasi menurut Schmidt-Ferguson. Dipilih karena metode ini dianggap cocok untuk daerah Indonesia yang umumnya beriklim tropika basah atau kering. Menurut tipe iklim Schmidt-Ferguson, tipe iklim suatu daerah dapat ditentukan dengan memperhatikan jumlah rata-rata bulan basah dan bulan kering dalam kurun waktu 10 sampai 20 tahun. Suatu bulan dikatakan bulan basah apabila curah hujannya lebih dari 100 mm, dan bulan bulan kering apabila curah hujannya kurang dari 60 mm, sedangkan bulan lembab apabila curah hujannya

berkisar antara 60-100 mm. Dalam perhitungan tipe Schmidt-Ferguson bulan lembab diabaikan.

Rumus yang digunakan untuk menentukan tipe iklim Schmidt-Ferguson adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{Md}{Mw} \times 100\%$$

Dimana :

Q = Tipe iklim menurut Schmidt- Ferguson

Md = Rata-rata banyaknya bulan kering = Fd/T

Fd = Jumlah bulan kering

T = Banyaknya tahun observasi

Mw = Rata-rata bulan basah = Fw/T

Fw = Jumlah bulan basah

Nilai Q untuk menentukan tipe iklim suatu daerah menurut Schmidt-Ferguson, adalah sebagai berikut:

Table 2.4. Klasifikasi Iklim Menurut Schmidt Ferguson

Q %	Tipe Curah Hujan	Sifat
0-14,3	A	Snagat Basah
14,3-33,3	B	Basah
33,3-60	C	Agak Basah
60-100	D	Sedang
100-167	E	Agak Kering
167-300	F	Kering
300-700	G	Sangat Kering
>700	H	Luar biasa Kering

Sumber : Rafi 'I (1995)

pengamatan hujan dengan kurun waktu 10 tahun periode tahun 2001 - 2010, Kemudian dihitung berdasarkan klasifikasi Schmidt-Ferguson, sehingga dapat diketahui jumlah bulan basah, bulan lembab, dan bulan kering di daerah penelitian.

B. Hipotesis

Berdasarkan tinjauan di atas, dapat ditarik suatu hipotesis bahwa tanaman Angsana (*pterocarpus indicus*) berpotensi sebagai penyerap Pb yang terdapat pada udara ambient.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di sepanjang Jl. Laksda Adi Sucipto, Jl. Solo (Urip Sumoharjo), Jl. Jend Sudirman, Jl. P Diponegoro, dan di daerah Jetis, Bantul dan pembuatan preparat di laboratorium kualitas lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan UII, sedangkan waktu penelitian dilaksanakan pada bulan April 2011.

3.2. Parameter yang diuji

Parameter yang akan diuji atau diperhitungkan dalam penelitian ini meliputi:

Tabel 3.1 Parameter yang akan diuji dan metode uji

No	Jenis Sampel	Metode Uji	Alat	Referensi
1.	Daun Angsana:Timbal	AAS	Sepektrofotometri	SNI 19-7119.4-2005

3.3. Metode sampling dan pengumpulan data

Metode sampling yang dipergunakan untuk menganalisa kadar Pb dalam daun dipergunakan metode pengambilan sampel sesaat (*grab sampling*). Adapun untuk pengumpulan data dilakukan dengan cara pengukurang langsung (data primer) ataupun data sekunder yang terkait.

3.4. Analisis Kandungan Timbal (Pb) dalam daun

Analisis kandungan Timbal (Pb) dalam daun dilakukan dengan menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Selanjutnya hasil uji ini dibandingkan dengan nilai ambang batas Pb secara alami dalam tanaman.

3.5. Populasi Sampel dan Sampling

1) Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah tanaman pelindung yaitu Angsana yang ada di sepanjang Jl. Laksda Adi Sucipto, Jl. Solo (Urip Sumoharjo), Jl. Jend Sudirman, Jl. P Diponegoro, dan di daerah Jetis, Bantul dan diambil secara acak.

2) Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah daun dari pohon Angsana sebagai tanaman peneduh perkotaan.

3. Sampling

Pengambilan sampling dengan metode random sampling yaitu pengambilan pengambilan sampel secara acak yang ada di Jl. Laksda Adi Sucipto, Jl. Solo (Urip Sumoharjo), Jl. Jend Sudirman, Jl. P Diponegoro, dan di daerah Jetis, Bantul sebagai kontrol.

3.6. Alat dan Bahan

A. Alat

- a. Pemanas listrik
- b. Tungku pemanas
- c. Penjepit cawan
- d. Pipet ukur 5 mL
- e. Pipet tetes
- f. Bulp pipet
- g. Gelas piala 100 mL
- h. Batang pengaduk
- i. Corong
- j. Labu takar 50 mL
- k. Kaca arloji

B. Bahan

- a. Bahan kimia
 1. HCL 37 %
 2. HNO₃
- b. Daun Angsana



3.7. Jalannya Penelitian

1) Tahapan Persiapan

Mengajukan ijin riset ke laboratorium kualitas lingkungan FTSP UII, menyiapkan alat dan bahan yang digunakan serta melakukan survey ke lapangan

2) Tahapan Pelaksanaan

A. Di lapangan

1) Menentukan lokasi pengambilan sampel yaitu di sepanjang Jl. Laksda Adi Sucipto, Jl. Solo (Urip Sumoharjo), Jl. Jend Sudirman, Jl. P Diponegoro, dan di daerah Jetis, Bantul.

Stasiun I : Dimulai dari Jl. Adi Sucipto yaitu depan gedung Wanitama sampai perempatan gejayan.

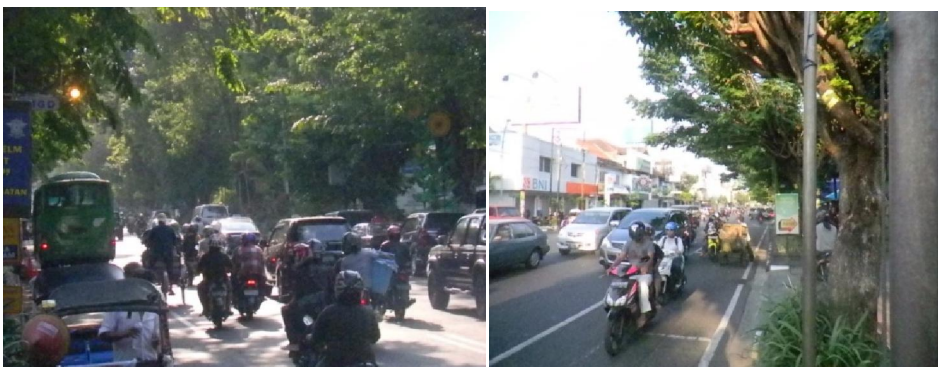
Stasiun II : Dimulai dari Jl Solo (Urip Sumoharjo) depan XXI dan di pertigaan Sinarmas.

Stasiun III : Dimulai dari Jl. Jendral Sudirman depan RS Betesda dan dekat perempatan Terban.

Stasiun IV : Dimulai dari Jl. Diponegoro depan pasar Kranggan dan depan kantor kecamatan.

Stasiun V : Dimulai dari kantor Kecamatan Jetis dan pemukiman di daerah kecamatan Jetis. (Kontrol)

2) Mengambil sampel daun Angsana dilakukan pada daun yang tidak terlalu tua dan tidak terlalu muda pada jarak 2-3 meter dari permukaan tanah.




Gambar 3.1. Lokasi pengambilan sampel.



Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian

Keterangan :

 : Lokasi pengambilan sampel

B. Di laboratorium

Analisis kandungan Timbal (Pb) dalam udara dilakukan dengan menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Selanjutnya hasil uji ini dibandingkan standar konsentrasi/kandungan toksisitas pada tanaman.

1) Destruksi abu cara kering

timbang 3 g sampel yang sudah di potong-potong dan masukkan kedalam cawan porselen. Panaskan diatas pemanas dengan tutup cawan terbuka untuk menguapkan air. Atur pemanas hotplate dengan menaikkan secara bertahap dari suhu 200 °C – 300 °C. bahan organik akan mulai teroksidasi dan terjadi proses karbonisasi. Atur furnace pada suhu 300 °C, jika asap atau uap tidak terjadi lagi, cawan dimasukan kedalam furnace. atur skala furnace dengan dinaikan secara bertahap hingga suhu 500 °C, tunggu hingga mendapatkan abu berwarna putih.

2) Treatment abu dengan HNO₃

Abu dibasahi dengan aquades 3 tetes. Lalu ditambahkan dengan 0,1 ml larutan HNO₃ 65% dengan pipet tetes, simpan diatas hotplate sambil digoyang-goyangkan. Buka sedikit tutup cawan, naikan sekala hotplate secara bertahap (tiap sekala 5 menit). Setelah isi cawan kering masukan cawan kedalam furnace. Atur suhu furnace dengan dinaikan secara bertahap, dari 300 °C, 400 °C, sampai 500 °C (tiap sekala 5 menit). Teruskan pemanasan pada 500 °C selama 30 menit.

3) Pelarutan sampel setelah pengabuan (dengan krus porselen)

Abu didalam cawan dibasahi dengan 1-2 ml HCL (1:1), panaskan sedikit di atas hotplate. Ulangi bila ada yang belum larut dan panaskan di atas hotplate sambil digoyang-goyang. Bilas dinding cawan dengan aquadest hingga volume 5 ml, dan biarkan cawan terbuka sedikit (dijaga agar larutan tidak sampai mendidih). Setelah cawan dingin, pindahkan secara kuantitatif kedalam gelas piala 100 ml, dan bilas cawan dengan aquades. Panaskan larutan sampai hampir khatam atau terbentuk kristal. Tambahkan 5 ml HNO₃ 0,1 M, panaskan hingga mengkristal. Bilas beaker

dan tutupnya dengan aqudest, dan pidahkan secara kuantitatif ke labu takar 50 ml dan encerkan dengan HNO₃ 0,1 M sampai tanda batas. Lalu ukur larutan tersebut dengan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS).



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Hasil Penelitian.

Untuk mengetahui besar tingkat pencemaran logam toksik yang terjadi di lingkungan, Khususnya Pb dapat dilakukan dengan menganalisa logam toksik tersebut dengan menggunakan tanaman yaitu daun sebagai medianya. Karena tanaman baik digunakan sebagai peneduh jalan perkotaan dan sebagai penyaring polusi udara.

Kandungan logam di lingkungan yang dihasilkan oleh pencemaran berpengaruh terhadap kandungan logam dalam daun yang ada disekitarnya, sehingga kandungan logam yang kurang atau berlebihan dalam daun mencerminkan kandungan pencemar di sekitarnya. Tetapi ada pengecualian, yaitu dengan adanya suatu interaktif diantara logam itu sendiri, sehingga terjadi suatu hambatan penyerapan kandungan logam tersebut dalam tanaman. *Darmono (1995)*

Sampel yang digunakan adalah daun dari tanaman Angsana yang banyak digunakan sebagai tanaman peneduh perkotaan. Hal ini dikarenakan tanaman angsana mudah ditanam dan dapat tumbuh rimbun dan besar relatif cepat.

4.2. Kondisi Lokasi Sampel

lokasi yang dipilih adalah Jl. Laksda Adi Sucipto, Jl. Solo (Urip Sumoharjo), Jl. Jend Sudirman, Jl. P Diponegoro, dan di daerah Jetis, Bantul sebagai kontrol. Pengambilan sampel dilakukan satu kali dengan rata-rata ketinggian sampel daun yang sama yaitu 3 m, karena kebanyakan pohon Angsana besar dan tinggi.

4.3. Penetapan Kadar Pb.

Setelah dianalisis dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) maka diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil uji kadar Pb dalam daun Angsana

No	Kode Sampel	Lokasi	Kadar Pb (mg/kg)	Metode
1	Daun 1	Jl. Adi Sucipto (depan Hotel Saphir)	3,438	AAS
2	Daun 2	Jl. Adi Sucipto (perempatan Gejayan)	2,617	AAS
3	Daun 3	Jl. Solo (dekat XXI)	2,629	AAS
4	Daun 4	Jl. Solo (pertigaan sinarmas)	3,532	AAS
5	Daun 5	Jl.Jendral Sudirman (depan RS Betesda)	1,996	AAS
6	Daun 6	Jl.Jendral Sudirman (dekat MD)	3,390	AAS
7	Daun 7	Jl.Diponegoro (depan pasar)	2,401	AAS
8	Daun 8	Jl.Diponegoro (kantor camat)	5,850	AAS
9	Daun 9	Jetis, bantul(kantor camat)	3,457	AAS
10	Daun 10	Jetis, bantul pemukiman warga	5,731	AAS

4.4. Perhitungan Tipe Iklim Kota Yogyakarta

Secara alamiah Pb dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan (palar, 2004). Sehingga iklim berpengaruh terhadap tingkat pencemaran di lingkungan Khususnya Yogyakarta.

Tabel 4.2 Curah hujan di Yogyakarta 2001-2010

No	Tahun	Bulan											
		Jan	Feb	Mart	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1	2001	162	207	296	52	90	84	6	1	0	0	21	70
2	2002	130	244	157	50	45	4	0	0	2	36	101	210
3	2003	130	244	157	50	46	4	0	0	2	36	101	210
4	2004	161	157	147	15	59	1	20	0	7	14	101	271
5	2005	180,4	174,6	166,6	118,6	22	34,8	77,2	0,5	32	97,6	0	141,6
6	2006	292,8	242,6	387,6	231,6	191,4	0	0	0	0	0,4	30,8	278
7	2007	57	377	294	289	55	22	2	3	29	64	203	5
8	2008	145,8	201,8	200	70,8	41,6	3,6	7,2	0	2,6	34,7	101,2	143,9
9	2009	446,2	473,9	385,9	519,3	145,1	100,9	0	15	47,8	88,3	171,9	199,9
10	2010	175,5	273,6	258,6	150,6	283,4	153,8	57,9	120	346	195,8	301,6	511,8

Sumber : Badan Pusat Statistik 2001-2010

Tabel 4.3. Jumlah Bulan Basah dan Bulan Kering diKota Yogyakarta

No	Tahun	Banyaknya Bulan Basah > 100 (Fw)	Banyaknya Bulan Kering < 60 (Fd)
1	2010	11	1
2	2009	8	3
3	2008	5	5
4	2007	5	6
5	2006	6	6
6	2005	5	5
7	2004	5	7
8	2003	5	7
9	2002	3	6
10	2001	7	4
Jumlah		60	50
Rata-rata		Mw 6,0	Md 5,0

Sumber : Hasil Analisis Data Curah Hujan 2001-2010

Berdasarkan tabel di atas diketahui rata – rata jumlah bulan basah (Md) dan bulan kering (Mw) 6,9. Setelah diketahui rata – rata jumlah bulan basah dan bulan kering, langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan dengan menggunakan rumus klasifikasi Schmidt-Ferguson seperti berikut ini:

$$Q = \left[\frac{Md}{Mw} \right] \times 100\%$$

Di ketahui : Md = 5,0

$$Mw = 6,0$$

$$\begin{aligned} Q &= \frac{5}{6} \times 100\% \\ &= 0,833 \times 100\% \\ Q &= 83,3\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, diketahui nilai Q = 83,3 %. Nilai Q tersebut kemudian dicocokkan dengan kriteria tipe iklim daerah menurut Schmidt-Ferguson. Setelah dilakukan pencocokan diketahui tipe iklim di Kota Yogyakarta termasuk tipe iklim sedang.

4.5. Perbandingan Kadar Pb dalam daun Angsana

Tabel 4.4. Kadar Pb dalam daun Angsana di Denpasar

No	Lokasi Pengambilan Sampe	Kadar Pb ($\mu\text{g/g}$)
1	Jl. Imam Bonjol-Thamrin	216,4
2	Jl. Gatot Subroto-By Pass Padanggalak	216,4
3	Jl.ByPass Ngurah Rai	207,05
4	Jl. Raya Sesetan-Diponegoro	235,9
5	Jl. Raya Puputan Niti Mandala Renon	216,8
6	Jl. Uluwatu (control)	156,6

Sumber : *Antari et al (2002)*

Table 4.5. Kadar Pb dalam daun Angsana di Palembang

No	Lokasi Pengambilan sampel	Kadar Pb ($\mu\text{g/g}$)
1	Jl. Jendral sudirman	97,0
2	Jl. Diponegoro	85,0

Sumber : *Slamet Riyanto (2009)*

Tabel 4.6. Kadar Pb dalam daun mangrove di hutan mangrove Medan

STASIUN SAMPEL	Sampel Daun	Pb (mg/kg)
I	1	3.3715
	2	5.7935
II	1	2.2100
	2	4.1190

Sumber : *Grace (2009)*

4.6. Pembahasan

Dari hasil penelitian diatas dapat dibandingkan kandungan Pb dalam daun angšana di kota Yogyakarta relatif kecil dibandingkan dengan kandungan Pb di kota Denpasar dan di kota Palembang. Hal ini mungkin saja disebabkan perbedaan sumber pencemar dan tahun penelitian, yang dimana sejak 2006 pertamina tidak menggunakan timbal pada bensin. Jika dibandingkan dengan kadar timbal pada daun

Mangrove di Medan, kadar Pb pada daun angkana di Yogyakarta relatif sama, hal ini dimungkinkan karena sumber pencemar timbal relative kecil.

Dari tabel diatas dapat di lihat bahwa kadar Pb dalam daun Angkana di daerah Yogyakarta yang tertinggi terdapat di Jl. Diponegoro (depan Kantor Camat) yaitu 5,850 mg/kg, kandungan Pb terendah terdapat di Jl. Jendral Sudirman (RS Betesda) yaitu 1,996 mg/kg yang dimana jumlah tanaman di Jl. Jendral Sudirman relatif banyak dan jarak yang cukup berhimpitan dan daun 9 dan 10 sebagai control kadar Pb dalam daun tidak berbeda jauh dengan kadar Pb di lokasi lainnya. Hal ini mungkin dikarenakan timbal dalam bensin tidak terditeksi, oleh karena itu sumber pencemaran di udara berkurang. Hal ini memberi dampak positif bagi lingkungan sehingga kadar timbal dalam daun di daerah padat lalu lintas dan daerah sepi lalu lintas relatif sama.

Sejak 1 Juli 2006 Pertamina sudah tidak menginjeksikan timbal dalam bensin. Hal ini dikuatkan oleh Kepmen No. 141 Th 2003 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru dan Kendaraan Bermotor yang Sedang Di Produksi. Keputusan tersebut menetapkan berlakunya standar emisi Euro 2 tersebut pada tahun 2005 bagi kendaraan tipe baru dimana mempersyaratkan adanya bensin tanpa timbal dan solar berkadar sulfur rendah 500 ppm. Pada pengukuran timbal dalam bensin yang dilakukan oleh KLH tahun 2006 di Yogyakarta masih terdapat timbal dalam bensin sebesar 0,070 gr/l, namun pada hasil pengukuran timbal dalam bensin pada SPBU yang dilakukan oleh LEMIGAS kadar timbal dalam bensin di Yogyakarta tidak terditeksi. Pengukuran Kualitas udara ambien di Yogyakarta yang dilakukan oleh BLH provinsi DIY pada tahun 2009 masih terdapat kandungan timbal, walaupun masih dibawah ambang batas yaitu 0,5-1,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan pada tahun 2010 kadar Pb diudara pada kisaran 0,0017-0,0201 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan pada Januari 2011 kandungan Pb di udara Kota Yogyakarta yang di ukur oleh BBTCL PPM Yogyakarta juga masih dibawah ambang batas yaitu berkisar 0,0005-0,025 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini menunjukkan bahwa masih ada pencemaran di udara di Yogyakarta.

Tabel 4.7. Hasil Uji Kualitas Udara Ambien di Yogyakarta

Parameter	Baku Mutu* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kisaran Kadar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SO ₂	900	8,25-116,15
CO	30000	1150-10350
NO ₂	400	8,13-106,44
O ₃	235	1,41-59,52
TSP	230	43,36-1487,02
NH ₃	1,5	0,0234-0,0095
H ₂ S	0,01	0,0004-0,0095
Pb	2	0,0005-0,025
PM _{2,5}	65	12-59
PM ₁₀	150	9-157

Sumber : *BBTKL PPM Yogyakarta (2011)*

Kandungan timbal dalam daun Angsana di Yogyakarta dimungkinkan bersumber dari timbal alami dan adanya pencemaran industri, karena tumbuhan dapat tercemar logam berat melalui penyerapan akar dari tanah. Hal ini ditegaskan oleh *Flanagan (1980)*, tumbuhan dapat tercemar logam berat melalui penyerapan akar dari tanah atau melalui stomata daun dari udara. Limbah pada industri textile dan penyamakan kulit yang dihasilkan dan tidak dikelola dengan baik dapat mencemari air dan tanah sehingga dapat terserap tanaman.

Dari data BMKG rata – rata curah hujan bulan januari – februari 2011 yaitu 450 mm, yang memungkinkan kandungan Pb dalam tanah dan air meningkat akibat hujan, karena Air hujan dipengaruhi oleh pencemar atmosfer dan air hujan biasanya bersifat asam. Penambahan keasaman biasanya disebabkan oleh tiga asam mineral yaitu sulfurat, nitrat dan hidroklorat. Timah hitam merupakan logam berat yang memiliki sifat larut dalam larutan asam. Mengingat air hujan bersifat asam sehingga besar kemungkinan kandungan timbal yang ada pada di udara larut dalam air dan mengendap dalam tanah selain itu hujan juga dapat menurunkan kadar partikel Pb yang melayang-layang di udara. Hujan juga dapat mencuci partikel higroskopis yang berukuran 20-30 mm serta debu-debu yang berukuran lebih kecil lagi. (*Flanagan et al. 1980*). Sehingga Pb yang ada di udara terbawa air hujan dan mengendap di tanah.

Timbal di serap baik oleh tanah sehinggalah pengaruh terhadap tanaman relatif kecil. Kadar timbal pada kerak bumi sekitar 15 mg/kg. Sumber alami utama timbal adalah galena (PbS), galesite (PbSO₄), dan cerrusit (PbCO₃). *Novotny (1994); Moore (1991)* Menyebutkan timbal dalam tanah dibedakan antara timbal yang berasal dari pencemaran dan yang terdapat secara alami, jumlahnya sekitar 2-200 ppm dengan kandungan rata-rata 16 ppm. Timbal pada air tawar alami biasanya berkisar < 0,05 mg/l. Pada perairan laut, kadar timbal berkisar 0,025 mg/l. *Moore (1991)*. Kelarutan timbal pada perairan lunak (soft water) adalah sekitar 0,5 mg/l, sedangkan pada perairan sadah (hard water) sekitar 0,003 mg/l. *Canadian (1987)*. Sumber timbal yang lain adalah dari letusan gunung berapi yang memiliki kandungan timbal sebagai berikut.

Table 4.8. Kadar Pb dalam abu vulkanik Merapi

No	V (ml)	Berat Abu (gr)	Pb (µg/g)
1	25	0,1	102,25
2	25	0,2	58,25
3	25	0,3	40,50
4	25	0,4	38,81
5	25	0,5	38,50

Sumber : *Rafita (2005)*

Dari beberapa sumber timah hitam diatas, timah hitam yang diserap oleh tanaman akan memberikan efek buruk apabila kepekatannya berlebihan. Timah hitam menjadi berbahaya disebabkan sistem bioakumulasi, yaitu peningkatan konsentrasi unsur kimia didalam tubuh mahluk hidup (Anonymous, 2008). Pengaruh yang ditimbulkan antara lain dengan adanya penurunan pertumbuhan dan produktivitas tanaman serta kematian. Penurunan pertumbuhan dan produktivitas pada banyak kasus menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan klorosis dan menurut penelitian *Devi (2008)* semakin tinggi kadar emisi gas buang kendaraan bermotor maka semakin menurun struktur anatomi dan stomatanya. Kepekaan logam berat pada daun memperlihatkan batas toksisitas terhadap tanaman yang berbeda-beda. Toksisitas

timah hitam menyebabkan suatu mekanisme yang melibatkan klorofil. Pelepasan timah hitam ke dalam sitoplasma akan menghambat dua enzim yaitu Asam Delta Amino Levulonat Dehidratase (ALAD) dan Profobilinogenase yang terlibat dalam biogenesis klorofil. Mengel dan Kirby (1987) menyebutkan bahwa secara biokimia Pb berfungsi menghambat sistem enzim dalam mengkonversi asam amino dan pencemaran tumbuhan oleh Pb akan sangat membahayakan kesehatan dan mengurangi laju pertumbuhan tanaman. Menurut *Sunarya, dkk (1991)* batas toksisitas logam berat timah hitam pada daun tanaman tingkat tinggi adalah 1000 ppm ($\mu\text{g/g}$). Sedangkan kadar Pb pada daun Angsana dari penelitian tidak melampaui 1000 $\mu\text{g/g}$. Hal ini menunjukkan bahwa kadar Pb dalam daun Angsana di kota Yogyakarta masih dibawah ambang batas toksisitas tanaman.



BAB V

KESIMPULAN dan SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian terhadap kandungan timah hitam (Pb) pada daun Angsana pada beberapa jalan di kota Yogyakarta dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Kandungan timbal dalam daun Angsana yang tertinggi terdapat di Jalan. Diponegoro (depan Kantor Camat Jetis) yaitu 5,850 mg/kg dan yang terendah terdapat pada Jalan. Jendral Sudirman (depan RS Betesda) yaitu 1,996 mg/kg.
2. Pada daun Angsana sebagai control yang terletak di pemukiman warga (samping Kantor Camat Jetis, Bantul) kandungan timbal tidak jauh berbeda dengan kandungan timbal pada lokasi lain yaitu 3,457 mg/kg dan 5,731 mg/kg. Hal ini mungkin dikarenakan timbal dalam bensin tidak terdeteksi, oleh karena itu sumber pencemar timbal di udara berkurang. Hal ini memberi dampak positif bagi lingkungan sehingga kadar timbal dalam daun di daerah padat lalu lintas dan daerah sepi lalu lintas relatif sama.
3. Dari penelitian yang telah dilakukan Pb dalam daun Angsana secara keseluruhan masih dibawah ambang batas toksisitas yang ditetapkan yaitu 1000 $\mu\text{g/g}$.

5.2. Saran

Saran yang diajukan setelah melakukan analisis kandungan timbal pada daun Angsana di beberapa jalan di kota Yogyakarta adalah

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kandungan timah hitam pada akar dan batang pada daun Angsana.
2. perlu diupayakan penanaman lebih banyak pohon di ruas jalan yang padat lalu lintas untuk mengurangi pencemaran udara.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Adi Swara. 1985. Keracunan Sumber Bahaya Serta Pengaruhnya. Angkasa, Bandung
- Adiputro, B.S., N.S.W. Karliansyah, dan H.D.W. Wardana. 1995. Klorofil Tumbuhan sebagai Bioindikator Pencemaran Udara. Lingkungan dan Pembangunan 15(2): 233-248
- Antari, 2002. Kandungan Timah Hitam (plumbum) Pada Tanaman Peneduh Di Kota Denpasar. UNUD, Bali.
- Arifin. 1989. Dasar Klimatologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- BBTKL, 2011. Laporan Triwulan I Data Pasif Udara Ambien Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta
- BLH, 2009. Hasil Pengukuran Kualitas Udara Ambien. Yogyakarta.
- Darmono, 2001. Lingkup Hidup dan Pencemaran. UI, Jakarta
- Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI-Press. Jakarta.
- Devi. 2001. Pencemaran Udara Oleh Timbal (Pb) Serta Penanggulangannya. Fakultas Kedokteran. USU, Medan.
- Fardiaz, Srikandi. 1992. Mikrobiologi Pangan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. PAU Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor.
- Flanagan, J.T., K.J.Wade, S.Curie And D.J. Curtis. 1980. The Deposition of Lead and Zine From Traffic Pollution On two Road Side Shrubs Environment Pulluts (Series B).
- Fitter. 1992. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Gunandjar, 1985. Diktat Kuliah SAA. Yogyakarta. BATAN
- Grace, 2009. Akumulasi Logam Berat tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Pada Pohon *Avicennia maria* Di Hutan Mangrove. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Haryando. Palar, 2000. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta
- Joker, D. 2002. Danida Forest Seed Center (Terjemahan). Informasi Singkat Benih. Nomor 2. Mei 2002 Bandung.

- Karliansyah, N.W.1999. Klorofil Daun Angsana Dan Mahoni Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara, Lingkungan Dan Pembangunan. 19 (4) 290-305.
- KLH, 2006. Status Lingkungan Hidup Indonesia. Jakarta.
- Palar, H, 2001. Pencemaran dan Toksikologi dan Logam Berat. Rineka Cipta Jakarta. 152 hlm.
- Riyanto, 2009. Kadungan Timbal Pada Daun Angsana Di Palembang. PDII-LIPI.
- Saeni. 1997. Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat Dengan Analisis Rambut. Orasi Ilmiah. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB. Bogor.
- Suedomo, M, 2001. Kumpulan Karya Ilmiah Mengenai Pencemaran Udara, Bandung; Penerbit ITB.
- Tresna Sastrawijaya, Msc., Pencemaran Lingkungan, Rineka Cipta, Jakarta, 1996
- Wisnu Arya Wardana, 2001. Dampak Pencemaran Lingkungan. Edisi Revisi Andi. Yogyakarta.
- _____, 1995. Dampak Pencemaran Lingkungan. Edisi Revisi Andi. Yogyakarta.
- Zoerlaini Djamal Irwan. 2004. Tantangan Lingkungan Lanskap Hutan Kita. Bumi Aksara. Jakarta.

LAPORAN HASIL UJI

Nomor : P/01/LKL-UII/IV/2011

Laporan hasil pengujian dibuat untuk :
 Nama : Achtiar Endo Kusuma
 Alamat : Jurusan Teknik Lingkungan UII YK
 No Sampel : 02
 Nama Sampel : Daun Angsana
 Tanggal Pengambilan Sampel : 14 Maret 2011
 Jumlah Sampel : 10
 Parameter Uji : Timbal (Pb)
 Tanggal Penerimaan Sampel : 16 Maret 2011
 Tanggal Pengujian : 18 Maret 2011 s/d 06 April 2011

HASIL UJI

No	Kode sampel	Satuan	Pb	Methode uji
1	Daun 1	mg/Kg	3.438	Destruksi kering dengan AAS
2	Daun 2	mg/Kg	2.617	Destruksi kering dengan AAS
3	Daun 3	mg/Kg	2.629	Destruksi kering dengan AAS
4	Daun 4	mg/Kg	3.532	Destruksi kering dengan AAS
5	Daun 5	mg/Kg	1.996	Destruksi kering dengan AAS
6	Daun 6	mg/Kg	3.390	Destruksi kering dengan AAS
7	Daun 7	mg/Kg	2.401	Destruksi kering dengan AAS
8	Daun 8	mg/Kg	5.850	Destruksi kering dengan AAS
9	Daun 9	mg/Kg	3.457	Destruksi kering dengan AAS
10	Daun 10	mg/Kg	5.731	Destruksi kering dengan AAS

Keterangan :

1. Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh yang diuji.
2. Laporan hasil uji ini tidak boleh digandakan tanpa ijin manager teknis Laboratorium Kualitas Lingkungan kecuali secara lengkap.



H A S I L
TEST RESULT

Nomor Seri /Serial Number :

Nomor Contoh / Sample Number : 1785/10-1787/10
Halaman / Page : 2 dari 2

Determination	Unit	Spesifikasi Premium 88				Result			Method
		Tanpa Timbal		Bertimbal		1785/10 SPBU 44.551.01	1786/10 SPBU 44.551.05	1787/10 SPBU 44.552.11	
		Min.	Maks.	Min.	Maks.				
Riset oktane Number	RON	88.0	-	88.0	-			ASTM D. 2699	
Riset Oktane Motor	MON	Dilaporkan		Dilaporkan				ASTM D. 2700	
Oksidation Stability	Menit	360		360		*	*	ASTM D. 525	
Distillation :									
10 vol	°C	-	74	-	74	49.0	41.5		
50%	°C	88		125		56.0	47.5		
90%	°C	-		180		97.0	91.0		
End point	°C	-		215		147.5	143.5	ASTM D. 86	
Residue	% Volume	-		2.0		181.5	181.5		
Oxygenated Content	%m/m		2.7		2.7	1.5830	1.5408	ASTM D. 4815	
Lead Content (Pb)	gr/lt		0.013		0.30	Nil	Nil	AAS	
Dye content	g/100 lt		0.13		0.13	0.0047	0.0049	Gravimetri	
Washed Gum	Mg/100 ml	-	5	-	5	1.0	2.0	ASTM D. 381	
Reid Vapour Pressure	kPa	-	62	-	62	8.55	8.85	ASTM D. 323	
Specific Gravity at 15°C	Kg/m ³	715	780	715	780	749.3	748.3	ASTM D. 1298	
Copper Strip Corrosion 3/50°C	Menit	Kelas 1		Kelas 1		1 b	1 b	ASTM D. 130	
Doctor Test		Negatif		Negatif		Negatif	Negatif	IP. 130	
Mercaptan Sulfur	% massa	-	0.002	-	0.002	4.3302	0.6925	ASTM D. 3227	
Appearance		Jernih & Terang		Jernih & Terang		Clear	Clear	Visual	
Colour		Merah		Merah		L. 0.5	L. 0.5	ASTM D. 1500	
Odour		Dapat dipasarkan		Dapat dipasarkan		Bensin	Bensin	Visual	

Keterangan : * Alat sedang rusak

Manajer Teknis Proses Separasi

Drs. Anda Lucia, MT
NIP. 19690729 199403 1 002