

**ANALISIS AKUMULASI TIMBAL PADA KULIT BATANG
GLODOKAN TIANG *Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. Var Pendula
DAN KULIT BATANG ANGSANA *Pterocarpus indicus* Willd DI KOTA
MAKASSAR**

**OLEH
IINMULYANI
H411 07 036**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2012**

**ANALISIS AKUMULASI TIMBAL PADA KULIT BATANG GLODOKAN TIANG
Polyalthia longifolia Bent & Hook. F. Var Pendula DAN KULIT BATANG ANGSANA
Pterocarpus indicus Willd DI KOTA MAKASSAR**

OLEH

IIN MULYANI

H411 067 036

Skripsi ini untuk melengkapi tugas dan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana Biologi pada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2012

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS AKUMULASI TIMBAL PADA KULIT BATANG GLODOKAN TIANG
Polyalthia longifolia Bent & Hook. F. Var Pendula DAN KULIT BATANG ANGSANA
Pterocarpus indicus Willd DI KOTA MAKASSAR**

OLEH

IIN MULYANI

H411 07 036

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

**Dr. Hj. Sri Suhadiyah, M.Agr
Nip. 19540403 198810 2 001**

**Dr. Eva Yohannes, M.Si
Nip. 19610217 198601 2 001**

Pembimbing Kedua

**Dr. H. Syarifuddin Liong, M.Si
Nip.19520505 197403 1 002**

KATA PENGANTAR



Syukur Alhamdulillah Penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala limpahan Rahmat dan Hidayah yang diberikan. Shalawat dan salam tak lupa pula tucurahkan kepada Rasulullah SAW yang merupakan suri tauladan bagi kita semua. Atas izin Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Analisis Akumulasi Timbal Pada Kulit Batang Glodokan tiang *Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. Var Pendula dan Kulit Batang Angsana *Pterocarpus indicus* Willd di Kota Makassar”** yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang Strata Satu (S1) Jurusan Biologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Banyak kendala yang Penulis hadapi dalam penyusunan skripsi ini, sejak dari merencanakan penelitian hingga dalam tahap penyusunan skripsi. Namun berkat doa, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, akhirnya Penulis dapat melewati kendala-kendala tersebut. Oleh karena itu, Penulis dengan tulus menghaturkan rasa syukur dan terima kasih yang tak terhingga serta penghargaan setinggi-tingginya kepada kedua orang tua tercinta, Ayahanda **Teguh Mulyoto** dan Ibunda **Hj. Suyani**. Terima kasih telah melahirkan dan membesarkan Penulis serta telah mendukung dan mendoakan penulis tanpa henti. Dan terima kasih juga kepada suami tercinta **Marhadi Sutanto** yang selalu menemani, mendengarkan setiap keluhan penulis, mendoakan dan banyak memberikan dukungan baik

dalam bentuk moril maupun materi. Kepada adik-adik penulis **Adi Gunawan** dan **Aditya Ramadhan** terima kasih atas doa dan dukungannya. Tak lupa pula terima kasih kepada ibu mertua penulis **Hj. Yuliana Sumbung** atas doa dan dukungannya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Ibu **Dr. Hj. Sri Suhadiyah, M.Agr** selaku pembimbing utama, Ibu **Dr. Eva Yohannes, M.Si** selaku pembimbing pertama dan Bapak **Dr. Syarifudin Liong, MS** selaku pembimbing kedua atas segala waktu, tenaga dan pikiran yang telah diberikan oleh beliau dalam memberikan arahan dan bimbingan kepada Penulis pada saat penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Demikian pula Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- ❖ Bapak Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin beserta para staf.
- ❖ Bapak Ketua dan Sekertaris Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Bapak **Dr. Eddy Soekandarsih, M.Sc.** dan Ibu **Dr. Hj. A. Masniawati, M.Si.**
- ❖ Ibu **Dr. Juhriah M.Si** selaku penasehat akademik yang selama perkuliahan di Jurusan Biologi telah membantu penulis hingga memperoleh gelar kesarjanaan.
- ❖ Bapak dan Ibu dosen Jurusan Biologi yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada Penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

- ❖ Ibu **Helmy Widyastuti, M.Si**, ibu **Dr. Nur Haedar, M.Si**, bapak **Dr. Eddy Soekandarsih, M.Mar.Sc.** dan bapak **Dodi Priosambodo, M.Si**, selaku penguji sidang sarjana.
- ❖ Sahabat dan teman seperjuangan Penulis selama penelitian, **Imaniar Nur, S.Si**, **Nur Suci Triani** dan **Hildayani, S.Si** yang selalu setia menemani dan mendengarkan setiap keluhan dari penulis.
- ❖ Keluarga besar **Biologi 2007 (Bio ANTZ)** yang tidak dapat saya sebutkan satu-satu, terima kasih atas persaudaraan dan kebersamaannya selama ini serta dengan sabar menemani pada saat Penulis sedang dalam masalah.

Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Untuk itu, Penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dan bertujuan positif demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhirnya semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membacanya dan dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang lingkungan. Dan semoga semua yang telah kita lakukan bernilai ibadah di sisi Allah SWT. *Amin Yaa Rabbal Alamin.*

Makassar, November 2012

Penulis

ABSTRAK

Analisis akumulasi timbal (Pb) kulit batang glodokan tiang *Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. Var Pendula dan angšana *Pterocarpus indicus* Willd di kota Makassar, telah dilaksanakan pada bulan April sampai dengan Mei 2012, yang bertujuan untuk mengetahui akumulasi timbal (Pb) pada kulit batang gelodokan tiang *Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. Var Pendula dan kulit batang tanaman Angšana *Pterocarpus indicus* Willd dalam mengakumulasi timbal (Pb) yang ada di lingkungan industri, lingkungan padat kendaraan dan lingkungan perumahan di Makassar. Analisis sampel kulit batang dilakukan dengan metode pengabuan basah dan menggunakan peralatan AAS (Atomic Absorpsi Spectrophotometri). Hasil analisis pada kulit batang angšana *Pterocarpus indicus* Willd rata-rata 0-3,74 µg/g lebih tinggi dari pada rata-rata akumulasi timbal (Pb) pada kulit batang glodokan tiang *Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. Var Pendula yakni 0-3,09 µg/g. Akumulasi timbal (Pb) kulit batang angšana *Pterocarpus indicus* Willd tertinggi pada Jalan Kartini (MTC) Makassar dengan rata-rata 1,97-4,20 µg/g. Sedangkan akumulasi timbal (Pb) terendah terdapat di Kawasan Industri Makassar (PT.KIMA) rata-rata 0-2,91 µg/g. Akumulasi timbal (Pb) pada kulit batang glodokan tiang *Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. Var Pendula tertinggi pada Jalan Kartini (MTC) Makassar dengan rata-rata 1,12-4,98 µg/g dan terendah pada Kawasan Industri Makassar (PT.KIMA) dengan rata-rata 0-1,81 µg/g. Dari hasil analisis yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa kulit batang angšana *Pterocarpus indicus* Willd lebih banyak dapat mengakumulasi timbal (Pb) dibandingkan dengan tanaman glodokan tiang *Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. Var Pendula karena daun menutupi sebagian dari batang.

Kata kunci: Akumulasi timbal, *Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. Var Pendula, *Pterocarpus indicus* Willd.

ABSTRACT

The analysis of stem bark lead (Pb) accumulation in Glodokan Tiang *Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. Var Pendula and Angsana *Pterocarpus indicus* Willd in Makassar city, has been done in April – May 2012, the objective is to know lead (Pb) accumulation in Glodokan Tiang *Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. Var Pendula and Angsana *Pterocarpus indicus* Willd stem bark when accumulate the lead (pb) that occur in industrial environment, environment that crowded with vehicle, and house environment. Analysis of the stem bark sample was done by using wet incineration method and using AAS (Atomic Absorpsi Spectrophotometri) equipment. The analysis result in stem bark Angsana *Pterocarpus indicus* Willd reach 0-3,74 µg/g in average higher then the average of lead (pb) accumulation in stem bark from Glodokan Tiang *Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. Var Pendula 0-3,09 µg/g. The highest lead (pb) accumulation in Angsana *Pterocarpus indicus* Willd stem bark is in Kartini street (MTC) Makassar with average 1,97-4,20 µg/g. While the lowest lead (pb) accumulation is in Makassar Industrial Area (PT. KIMA) that reach average 0-2,91 µg/g. The highest Lead (Pb) accumulation in Glodokan Tiang *Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. Var Pendula stem bark is in Kartini street (MTC) Makassar with average 1,12-4,98 µg/g and the lowest is in Makassar Industrial Area (PT. KIMA) with average 0-1,81 µg/g. From the analysis result that obtained, it can be concluded that stem bark from Angsana *Pterocarpus indicus* Willd is more capable to accumulate the lead (Pb) than the glodokan tiang *Polyalthia longifolia*. Bent & Hook. F. Var Pendula because of its leaf cover partly the stems.

Key Words : *Lead accumulation, Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. Var Pendula, *Pterocarpus indicus* Willd.

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan Penelitian	4
I.3 Manfaat Penelitian	4
I.4 Waktu dan Tempat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Pencemaran udara	5
II.2 Sumber Pencemaran Udara.....	9
II.3 Timbal (Pb).....	13
II.3.1 Sifat-sifat timbal (Pb)	13
II.3.2 Kegunaan Timbal (Pb).....	14
II.3.3 Sumber Timbal (Pb).....	15

II.4 Dampak Timbal Terhadap Kesehatan Manusia.....	17
II.5 Dampak Timbal Terhadap Tumbuhan	19
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Alat.....	27
III.2 Bahan.....	27
III.3 Prosedur Kerja.....	27
III.3.1 Penentuan Lokasi Cuplikan.....	27
III.3.2 Pengambilan Sampel Kulit Batang	27
III.3.3 Pengukuran Konsentrasi Pb di kulit batang	28
III.3.3.1 Prosedur pengabuan basah.....	28
III.3.3.2 Uji Kandungan Logam Timah hitam (Pb).....	28
III.3.3.3 Pengukuran Parameter Lingkungan	29
III.3.3.4 Analisis Data Kandungan Pb	29
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Hasil Penelitian	31
IV.1.1 Analisis Akumulasi Timbal (Pb) Pada Tanaman Angsana <i>Pterocarpus</i> <i>indicus</i> . Pada 3 Lokasi Yang Berbeda	32
IV.1.2 Analisis Akumulasi Timbal (Pb) Pada Tanaman Glodokan tiang <i>Polyalthia longifolia</i>	34
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan.....	39
V.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40

LAMPIRAN.....	42
----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1 Komposisi Udara Bersih Dan Kering.....	9
2 Bentuk Senyawa Timah hitam (Pb) dan persentasenya dalam gas buang kendaraan.....	11
3 Akumulasi timbal (Pb) pada tanaman angkana <i>Pteracarpus indicus</i>	31
4 Analisis akumulasi timbal Pb pada tanaman glodokan tiang <i>Polyalthia longifolia</i> pada 3 lokasi yang berbeda	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Akumulasi timbal (Pb) pada kulit batang tanaman glodokan tiang <i>Polyalthia longifolia</i> dan angsana <i>Pterocarpus indicus</i>	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Tabel Kandungan Timbal (Pb) Pada kulit batang Tanaman Angsana <i>Pterocarpus indicus</i> dan Glodokan tiang <i>Polyalthia longifolia</i>	41
2 Foto Lokasi Pengambilan Sampel	44
3 Foto Tata Kerja Analisis Sampel.....	47

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pada daerah perkotaan, terutama kota-kota besar, pencemaran udara telah menjadi satu permasalahan yang akut. Kualitas udara di perkotaan, tanpa disadari sebenarnya telah menurunkan kualitas hidup masyarakatnya sendiri. Setiap manusia bernafas dan yang dihirup udara tercemar oleh bahan berbahaya dan beracun, akan berdampak serius pada kesehatan manusia. Pencemar utama dalam udara ada tujuh, yaitu Partikulat (partikel debu), Sulfur Dioksida (SO₂), Ozone Troposferik, Karbon monoksida (CO), Nitrogen Dioksida (NO₂), Hidrokarbon (HC) dan Timbal (Pb). Sumber utama pencemaran ini terutama berasal dari gas buang kendaraan bermotor (Kusminingrum, 2000).

Pesatnya penambahan kendaraan baik angkutan umum, barang maupun angkutan pribadi di kota-kota besar yang diikuti laju pertumbuhan pembangunan menimbulkan permasalahan lingkungan yaitu meningkatnya polusi udara (Maestro, 2001 dalam Antari dan Ketut, 2002). Kendaraan bermotor menjadi salah satu sumber utama pencemaran udara, karena mengandung berbagai bahan pencemar yang berbahaya bagi manusia, hewan, tumbuhan dan infrastruktur yang terdapat di sekitarnya (Antari dan Ketut, 2002).

Aktivitas transportasi khususnya kendaraan bermotor merupakan sumber utama pencemaran udara di daerah perkotaan, sebagian besar adalah timbal, CO, HC, dan NO_x, dengan konsentrasi utama terdapat di daerah lalu lintas yang padat,

di mana tingkat pencemaran udara sudah dan/atau hampir melampaui standar kualitas udara ambient. Sejalan dengan itu pertumbuhan pada sector transportasi, yang diproyeksikan sekitar 6% sampai 8% per tahun, pada kenyataannya tahun 1999 pertumbuhan jumlah kendaraan di kota besar hampir mencapai 15% per tahun. Pada tahun 2020 setengah dari jumlah penduduk Indonesia akan menghadapi permasalahan pencemaran udara perkotaan, yang didominasi oleh emisi dari kendaraan bermotor (Gunawan, 2001).

Kemampuan tanaman menyerap Pb dari udara dipengaruhi oleh bentuk kimiawi Pb. Senyawa timbal dapat diserap melalui proses adsorpsi maupun absorpsi. Pada proses adsorpsi Pb yang terlepas dari asap kendaraan bermotor hanya melekat pada bagian permukaan akar gantung, daun maupun batang. Adsorpsi timbal pada komponen tanaman ini hanya berdasarkan interaksi senyawa timbal -komponen tanaman (kohesi). Jika terkena air hujan timbal dalam bentuk garam halida akan lepas dari komponen tanaman tersebut dibandingkan dengan bentuk oksida. Pada proses absorpsi, timbal akan masuk dan terserap kedalam jaringan tanaman melalui akar gantung maupun stomata daun. Timbal yang telah terabsorpsi tidak dapat terlepas dari jaringan tumbuhan tersebut (Lubis, 2002).

Untuk mengetahui pengaruh pencemaran udara terhadap lingkungan terlebih dahulu diketahui hubungan udara dengan lingkungan. Ketika terjadi pencemaran udara yaitu masuknya, atau tercampurnya, unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer maka keseimbangan unsur-unsur yang ada diudara akan terganggu sehingga pengaruhnya terhadap lingkungan dapat diketahui yaitu dapat

mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan atau menurunnya kualitas lingkungan (Ali, 2007).

Pencemaran juga mengubah struktur atmosfer bumi sehingga membuka celah masuknya bahaya radiasi sinar matahari (ultra violet). Dan pada waktu yang bersamaan, keadaan udara yang tercemar merupakan fungsi insulator yang mencegah aliran panas kembali ke ruang angkasa, dengan demikian mengakibatkan peningkatan suhu bumi. Proses inilah yang dikenal sebagai greenhouse effect (efek rumah kaca). Para ilmuwan memperkirakan bahwa peningkatan suhu bumi, atau yang diistilahkan sebagai global warming, pada akhirnya akan mempengaruhi banyak hal seperti pasokan makanan dunia, perubahan tingkat permukaan air laut, serta terjadinya penyebaran penyakit tropis (Ali, 2007).

Pada umumnya di Makassar tanaman Gelodokan tiang *Polyalthia longifolia* dan Angsana *Pterocarpus indicus* banyak digunakan sebagai pohon lindung yang banyak ditanam di jalur hijau di sebagian besar jalan raya di beberapa tempat di kota Makassar. Berdasarkan uraian ini, untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tanaman Gelodokan tiang *Polyalthia longifolia* dan Angsana *Pterocarpus indicus* dalam mengakumulasi timbal (Pb) maka perlu dilakukan penelitian mengenai analisis kemampuan akumulasi timbal (Pb) pada kulit batang tanaman Gelodokan tiang *Polyalthia longifolia* dan Angsana *Pterocarpus indicus* yang banyak ditanam pada beberapa tempat di kota Makassar.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui akumulasi timbal (Pb) pada kulit batang tanaman gelodokan tiang *Polyalthia longifolia* dan kulit batang tanaman Angsana *Pterocarpus indicus* dalam mengakumulasi timbal (Pb) yang ada di lingkungan industri, lingkungan padat kendaraan dan lingkungan perumahan di Makassar.

I.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi tentang kemampuan akumulasi timbal (Pb) pada kulit batang tanaman gelodokan tiang *Polyalthia longifolia* dan kulit batang tanaman angsana *pterocarpus indicus* sehingga dapat menjadi salah satu tanaman yang digunakan untuk mengurangi polusi timbal (Pb) yang ada di udara.

I.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2012, analisis sampel kulit batang dan analisis data dilakukan di Laboratorium Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pencemaran udara

Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap H₂O dan karbon dioksida (CO₂). Jumlah uap air yang terdapat diudara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu. Konsentrasi CO₂ diudara selalu rendah, yaitu sekitar 0.03%. konsentrasi CO₂ mungkin naik, tetapi masih dalam kisaran beberapa per seratus persen, misalnya disekitar proses-proses yang menghasilkan CO₂ seperti pembusukan sampah tanaman, pembakaran, atau di sekitar kumpulan massa manusia didalam ruangan terbatas yaitu karena pernafasan. Konsentrasi CO₂ yang relative rendah dijumpai diatas kebun atau ladang tanaman yang sedang tumbuh atau di udara yang baru melalui lautan. Konsentrasi yang relative rendah ini disebabkan oleh absorpsi CO₂ oleh tanaman selama fotosintesis dan karena kelarutan CO₂ didalam air. Tetapi pengaruh proses-proses tersebut terhadap konsentrasi total CO₂ diudara sangat kecil karena rendahnya konsentrasi CO₂ (Fardiaz, 1992).

Pencemaran udara terjadi apabila mengandung satu macam atau lebih bahan pencemar diperoleh dari hasil proses kimiawi seperti gas-gas CO, CO₂, SO₂, SO₃, gas dengan konsentrasi tinggi atau kondisi fisik seperti suhu yang sangat tinggi bagi ukuran manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan. Adanya gas-gas

tersebut dan partikulat-partikulat dengan konsentrasi melewati ambang batas, maka udara di daerah tersebut dinyatakan sudah tercemar. Dengan menggunakan parameter konsentrasi zat pencemar dan waktu lamanya kontak antara bahan pencemar atau polutan dengan lingkungan (udara), WHO menetapkan empat tingkatan pencemaran sebagai berikut (Lutfhi, 2009),

- a) pencemaran tingkat pertama; yaitu pencemaran yang tidak menimbulkan kerugian bagi manusia,
- b) pencemaran tingkat kedua, yaitu pencemaran yang mulai menimbulkan kerugian bagi manusia seperti terjadinya iritasi pada indra kita,
- c) pencemaran tingkat ketiga, yaitu pencemaran yang sudah dapat bereaksi pada faal tubuh dan menyebabkan terjadinya penyakit yang kronis,
- d) pencemaran tingkat keempat, yaitu pencemaran yang telah menimbulkan sakit akut dan kematian bagi manusia maupun hewan dan tumbuh-tumbuhan.

Berdasarkan keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (KEPMEN KLH) No. Kep.02/Men-KLH/1988, yang dimaksudkan dengan pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energy, 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. Menurut (Wardhana, 1995 dalam Siregar, 2005), udara bersih yang dihirup oleh hewan dan manusia merupakan gas yang tidak tampak, tidak berbau, tidak berwarna maupun berasa. Meskipun demikian, udara yang

benar-benar bersih sulit didapatkan terutama di kota-kota besar yang banyak terdapat industri dan lalu lintas yang padat.

Udara yang mengandung zat pencemar dalam hal ini disebut udara tercemar. Udara yang tercemar tersebut dapat merusak lingkungan dan kehidupan manusia. Kerusakan lingkungan berate berkurangnya daya dukung alam terhadap kehidupan yang pada gilirannya akan mengurangi kualitas hidup manusia secara keseluruhan. Pencemaran mempunyai kepentingan ekonomi, informasi yang tepat mengenai tingkat gas fitotoksik dalam atmosfer yang tercemar masih kurang (Fitter dan Hay, 1994 dalam siregar, 2005). Pada suatu tempat tertentu, konsentrasi akan tergantung atas sejumlah besar factor-faktor lingkungan termasuk jarak dari sumber pencemaran, topografi, altitude (ketinggian dari permukaan laut), pencemaran udara, hujan, radiasi matahari, serta arah dan kecepatan angin (Siregar, 2005).

Aktivitas transportasi khususnya kendaraan bermotor merupakan sumber utama pencemaran udara di daerah perkotaan. Pada tahun 1990, transportasi darat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap setengah dari total emisi SPM₁₀, untuk sebagian besar timbal, CO, HC, dan NO_x di daerah perkotaan, dengan konsentrasi utama terdapat di daerah lalu lintas yang padat, dimana tingkat pencemaran udara sudah dan/atau hampir melampaui standar kualitas udara ambient. Sejalan dengan itu pertumbuhan pada sector transportasi, yang diproyeksikan sekitar 6% sampai 8% per tahun, pada kenyataannya tahun 1999 pertumbuhan jumlah kendaraan di kota besar hampir mencapai 15% per tahun. Dengan menggunakan proyeksi 6-8% maka penggunaan bahan bakar di Indonesia

diperkirakan sebesar 2,1 kali konsumsi tahun 1990 pada tahun 1998, sebesar 4,6 kali pada tahun 2008 dan 9,0 kali pada tahun 2018 (World Bank, 1993 dalam Gunawan, 2007). Pada tahun 2020 setengah dari jumlah penduduk Indonesia akan menghadapi permasalahan pencemaran udara perkotaan, yang didominasi oleh emisi dari kendaraan bermotor. Hasil uji Emisi gas buang kendaraan bermotor tahun 2001 yang dilakukan di kota Bandung oleh Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) dari jumlah kendaraan 1468 buah yang berbahan bakar bensin dan solar, hasil uji emisi tersebut adalah sbb (Gunawan, 2007),

- kendaraan yang berbahan bakar bensin sekitar 56% melampaui Baku Mutu yang ditetapkan,
- kendaraan yang berbahan bakar solar sekitar 90% tidak memenuhi Baku Mutu yang ditetapkan.

Udara tidak tampak, sehingga sering dianggap tidak ada. Di sekitar bumi ada 5,8 miliar ton udara. Makin jauh dari bumi, kerapatan udara makin kecil. Setelah 10 km di atas bumi manusia tidak dapat hidup lagi. Karena itu makhluk hidup bergantung pada selapis udara setebal 900 km. Udara yang masih bersih merupakan campuran berbagai gas. Susunan seperti dalam tabel di bawah ini (Sastrawijaya, 1996).

Tabel 1: Komposisi udara bersih dan kering

Komponen	Formula	Persen volume	Ppm
Nitrogen	N ₂	78.08	780 800
Oksigen	O ₂	20.95	209 500
Argon	Ar	0,934	9 340
Karbon dioksida	CO ₂	0,0314	314
Neon	Ne	0,00182	18
Helium	He	0,000524	5
Metana	CH ₄	0,0002	2
Kripton	Kr	0,000114	1

Sumber: Stoken dan Seager 1972

Udara di alam tidak pernah di temukan bersih tanpa polutan sama sekali. Beberapa gas seperti sulfur dioksida (SO₂), hidrogen sulfida (H₂S), dan karbon monoksida (CO) selalu dibebaskan ke udara sebagai produk sampingan dari proses-proses alami seperti aktivitas vulkanik, pembusukan sampah tanaman, kebakaran hutan, dan sebagainya. Selain itu partikel-partikel padatan atau cairan berukuran kecil dapat tersebar di udara oleh angin, letusan vulkanik atau gangguan alam lainnya. Selain disebabkan polutan alami tersebut, polusi udara juga dapat disebabkan oleh aktivitas manusia (Fardiaz, 1992).

II.2 Sumber pencemaran udara

Kualitas udara saat ini telah menjadi persoalan global, karena udara telah tercemar akibat aktivitas manusia dan proses alam. Masuknya zat pencemar ke dalam udara dapat secara alamiah, misalnya asap kebakaran hutan, akibat gunung

berapi, debu meteorit dan pancaran garam dari laut juga sebagian besar disebabkan oleh kegiatan manusia, misalnya akibat aktivitas transportasi, industri, pembuangan sampah, baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran serta kegiatan rumah tangga (Fardiaz, 1992).

Berdasarkan sebaran ruang, sumber pencemar udara dapat dikelompokkan menjadi sumber titik, sumber wilayah dan sumber garis. Sementara menurut sumber pencemarannya, emisi pencemar udara dibedakan menjadi sumber diam dan sumber bergerak. Sumber diam biasanya berupa kegiatan industri dan rumah tangga (pemukiman), sementara pakar lainnya menganggap pemukiman sebagai pencemar udara non-titik (*non-point sources*). Sumber bergerak terutama berupa kendaraan bermotor yang berkaitan dengan transportasi. 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 (Siregar, 2005).

Lepasan Pb dari emisi gas buangan kendaraan bermotor terdapat dalam berbagai bentuk kimiawi seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 : Bentuk Senyawa Timah hitam (Pb) dan persentasenya dalam gas buang kendaraan

Bentuk Senyawaan Pb	Persen Dari Total Partikel Pb di dalam Asap	
	Segera Setelah Starter	18 jam Setelah Starter
PbBrCl	32.0	12.0
PbBrCl.2PbO	31.4	1.6
PbCl ₂	10.7	8.3
Pb(OH)Cl	7.7	7.2
PbBr ₂	5.5	0.5
PbCl ₂ .2PbO	5.2	5.6
Pb(OH)Br	2.2	0.1
PbO _x	2.2	21.2
PbCO ₃	1.2	13.8
PbBr ₂ .2PbO	1.1	0.1
PbCO ₃ .2PbO	1.0	29.6

Sumber : Lubis, E. dan Suseno H., 2002

Sumber-sumber pencemar lainnya adalah pembakaran, proses industri, pembuangan limbah dan lain-lain. Pada beberapa daerah perkotaan, kendaraan bermotor menghasilkan 85% dari seluruh pencemar udara yang terjadi kendaraan bermotor ini merupakan pencemar bergerak yang menghasilkan pencemar CO, hidrokarbon yang tidak terbakar sempurna, NO_x, SO_x dan partikel. Pencemar udara yang lazim dijumpai dalam jumlah yang dapat di amati pada berbagai tempat khususnya di kota-kota besar antara lain (Hasketh dan Ahmad *dalam* Siregar, 2005) ,

- a) nitrogen oksida (NO_x) 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 lebih sedikit. Berbagai NO_x dapat dihasilkan dari proses pembakaran Bahan Bakar Minyak (BBM) dan Bahan Bakar Fosil (BBF) lainnya pada suhu tinggi, yang dibu-ang kelingkungan melalui cerobong asap pabrik,

- b) belerang oksida (SO_x) khususnya belerang dioksida (SO_2) dan belerang trioksida (SO_3) adalah senyawa gas berbau tidak sedap, yang banyak dijumpai dikawasan industri yang menggunakan batu bara dan kerkas sebagai bahan bakar dan 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),
- c) partikel-partikel; dapat berasal dari asap (terutama hasil pembakaran kayu, sampah, batubara, kokas dan bahan bakar minyak yang membentuk jelaga) dan dapat pula berupa partikel-partikel debu halus dan agak kasar yang berasal dari berbagai kegiatan alami dan manusia. Sifat terpenting partikel ini adalah ukurannya, yang berkisar antara 0,0002 - 500 mikron. Pada kisaran ukuran ini partikel-partikel tersebut dapat berbentuk partikel tersangga (sus-pended particulate) yang keberadaannya di udara berkisar antara beberapa detik hingga beberapa bulan, tergantung pula pada keadaan dinamika atmosfer.

Menurut Purnomohadi (1995) ada 2 bentuk emisi dari dua unsur atau senyawa pencemar udara yaitu ,

- a) pencemar udara primer (Primary Air Pollution) yaitu emisi unsur-unsur pencemar udara langsung ke atmosfer dan sumber-sumber diam maupun bergerak. Pencemar udara primer ini mempunyai waktu paruh di atmosfer yang tinggi pula, misalnya CO, CO_2 , NO_2 , SO_2 , CFC, Cl_2 , partikel debu dan sebagainya,
- b) pencemar udara sekunder (Secondary Air pollution), yaitu emisi pencemar udara dari hasil proses fisik di atmosfer dalam bentuk fotokimia (photochemistry) yang umumnya bersifat reaktif dan mengalami transformasi fisika-kimia menjadi unsur atau senyawa,

Bentuknya pun berbeda atau berubah dari saat di emisikan hingga setelah ada di atmosfer, misalnya ozon (O₃), aldehida, hujan asam, dan sebagiannya.

Senyawa-senyawa pencemar udara berdasarkan sifatnya dibagi menjadi 3 kelompok seperti yang dikemukakan oleh Meetham (1981) *dalam* Siregar (2005) yaitu,

- a) senyawa yang bersifat reaktif,
- b) partikel-partikel halus yang tersangka di atmosfer dalam jangka waktu yang lama,
- c) partikel-partikel kasar yang segera jatuh ke permukaan.

Berdasarkan atas bentuk bahan pencemar udara, maka dapat dibagi menjadi 5 yaitu (Hermanto, 2006),

- a) debu adalah partikel-partikel dari suatu zat padat yang terbentuk dari kekuatan mekanis yang menyebabkan penghancuran atau pemecahan,
- b) awan adalah partikel-partikel cair sebagai hasil kondensasi uap,
- c) fume adalah partikel logam halus sebagai hasil kondensasi dalam udara dingin,
- d) kabut adalah titik cairan yang terdispusi dalam udara.

Faktor yang dapat menyebabkan pencemaran udara perkotaan akibat dominannya pengaruh sektor transportasi adalah sebagai berikut (Hermanto, 2006),

- a) perkembangan jumlah kendaraan yang cepat (eksponensial),
- b) tidak seimbangnya prasarana transportasi dengan jumlah kendaraan yang ada,
- c) pola lalu lintas perkotaan yang berorientasi memusat. Akibat terpusatnya kegiatan-kegiatan perekonomian dan perkantoran di pusat kota,
- d) masalah turunan akibat pelaksanaan kebijakan pengembangan kota yang ada, misalnya daerah pemukiman penduduk yang semakin menjauhi pusat kota,
- e) kesamaan waktu aliran lalu lintas,

- f) jenis, umur dan karakteristik kendaraan bermotor,
- g) faktor perawatan kendaraan bermotor,
- h) jenis bahan bakar yang digunakan,
- i) jenis permukaan jalan.

II.3 Timbal (Pb)

II.3.1 Sifat-sifat Timbal (Pb)

Polusi timbal (Pb) dapat terjadi di udara, air maupun tanah. Kandungan timbal di dalam tanah rata-rata adalah 16 ppm, tetapi pada daerah-daerah tertentu mungkin dapat mencapai beberapa ribu ppm. Kandungan timbal di dalam udara seharusnya rendah karena nilai tekanan uapnya rendah. Untuk mencapai tekanan uap 1 torr, timbal atau komponen-komponen timbal membutuhkan suhu lebih dari 800⁰C, berbeda dengan merkuri dimana tekanan uap 1 torr dapat dicapai pada suhu yang jauh lebih rendah yaitu 126⁰C (Fardiaz, 1992).

Timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena sifat-sifatnya sebagai berikut (Fardiaz, 1992),

- a) timbal mempunyai titik cair rendah sehingga jika digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan tekni yang cukup sederhana dan tidak mahal,
- b) timbal merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah menjadi berbagai bentuk,
- c) sifat kimia timbal menyebabkan logam ini dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung jika kontak dengan udara lembab,
- d) timbal dapat membentuk alloy dengan logam lainnya, dan alloy yang terbentuk mempunyai sifat berbeda dengan timbal yang murni,

- e) densitas timbal tinggi dibanding dengan logam lainnya kecuali emas dan merkuri.

II.3.2 Kegunaan Timbal (Pb)

Penggunaan timbal terbesar adalah dalam produksi baterai penyimpan untuk mobil (aki), dimana digunakan timbal metalik dan komponen-komponennya. Elektrode dari beberapa vaterai mengandung struktur inaktif yang disebut grid yang dibuat dari alloy timbal yang mengandung 93% timbal dan 7% antimony. Penggunaan lainnya dari timbal adalah untuk produk-produk logam seperti amunisi, pelapis kabel, pipa dan selder, bahkan kimia, pewarna, dan lain-lain. Beberapa produk logam dibuat dari timbal murni yang diubah menjadi berbagai bentuk, dan sebagian besar terbentuk dari alloy timbal. Solder mengandung 50-95% timbal, sedangkan sisanya adalah timah (Fardiaz, 1992).

Komponen timbal juga digunakan sebagai pewarna cat karena kelarutannya di dalam air rendah, dapat berfungsi sebagai pelindung, dan terdapat dalam berbagai warna. Yang paling banyak digunakan adalah timbale putih yang mempunyai rumus $Pb(OH)_2$. $2PbCO_3$. Timbal merah atau Pb_3O_4 berupa bubuk berwarna merah cerah yang digunakan sebagai pewarna cat yang tahan karat (Fardiaz, 1992).

I.3.3 Sumber Timbal (Pb)

Timbal atau timah hitam adalah logam berat yang paling banyak terdapat di lingkungan, sangat mudah digunakan dan berdampak negatif yang sangat kuat pada setiap tingkatan makanan (Tzalev dan Zaprianov, 1995 dalam Antari dan Ketut, 2002). Partikel logam berat timah hitam yang berasal dari emisi kendaraan

bermotor akan mencemari tanah, tanaman, hewan, dan manusia dengan berbagai cara seperti sedimentasi, presipitasi dan inhalasi (Parsa, 2001 dalam Antari dan Ketut, 2002).

Emisi Pb ke dalam lapisan atmosfer bumi dapat berbentuk gas dan partikulat. Emisi Pb yang masuk dalam bentuk gas, terutama berasal dari buangan gas kendaraan bermotor. Emisi tersebut merupakan hasil samping dari pembakaran yang terjadi dalam mesin-mesin kendaraan. Pb yang merupakan hasil samping dari pembakaran berasal dari senyawa tetrametil-Pb dan tetraetil-Pb yang selalu di tambahkan ke bahan bakar kendaraan bermotor dan berfungsi sebagai anti letup (anti-knock) pada mesin kendaraan (Palar, 1994).

Tetra Etil Lead (TEL) banyak digunakan dalam bahan bakar bensin, diketahui bisa menjadi racun yang merusak sistem pernapasan, system syaraf, serta meracuni darah. Dari catatan Bank Dunia URBAIR (1994), terlihat dampak pencemaran udara oleh timbal di Indonesia telah menimbulkan 350 kasus penyakit jantung, 62.000 kasus tekanan darah tinggi, serta kematian 340 orang/tahun (Santi, 2001).

Polusi timbal yang terbesar berasal dari pembakaran bensin, dihasilkan dari berbagai komponen timbal yang mengandung halogen karena dalam pembakaran bensin sering ditambahkan cairan anti letupan yang terdiri dari timbal tetraetil atau timbal $(C_2H_5)_4$, tetrametil timbal atau timbal $(CH_3)_4$ atau kombinasi keduanya. Scavenger ditambahkan supaya dapat bereaksi dengan komponen timbal yang tertinggal di dalam mesin sebagai akibat pembakaran baru anti-letupan tersebut. Komponen timbal yang dapat merusak mesin jika tertinggal, bereaksi dengan scavenger dan membentuk gas pada suhu tertentu saat mesin di jalankan, sehingga akan keluar bersama dengan bahan-bahan lainnya sehingga akan merusak mesin. Ada 2 macam scavenger yang sering digunakan adalah etilen dibromide $(C_2H_4Br_2)$

dan etilen dichloride ($C_2H_4Cl_2$). Bahan aditif yang ditambahkan kedalam bensin terdiri dari 62% tetraetil timbal, 18% etilen bromide, 18% etilen dichloride, dan 2% bahan lainnya (Sulaeman, 2009).

Jumlah Pb di udara dipengaruhi oleh volume atau kepadatan lalu lintas, jarak dari jalan raya dan daerah industri, percepatan mesin dan arah angin. Sedangkan tingginya kandungan Pb pada tumbuhan juga dipengaruhi oleh sedimentasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi timbal di udara yaitu (Siregar, 2005),

- a) waktu, temperatur, kecepatan dari emisi, ukuran, bentuk dan kepadatan timbale,
- b) parameter meteorologi seperti kecepatan angin, derajat turbelensi dan kelembaban,
- c) jarak pengambilan contoh dan sumber pencemar, topografi setempat seperti lembah, bukit yang akan mempengaruhi penyebarannya.

Menurut Fergusson, terdapat dua jenis sirkulasi udara yang dapat memperburuk bahaya zat pencemar (Siregar, 2005),

- a) pergerakan udara yang disebabkan oleh arus pembalikan udara bagian yang lebih tinggi kebagian yang lebih rendah. Pergerakan udara terjadi secara vertikal, sehingga mengakibatkan bahan pencemar terdapat pada lokasi yang sama dan jangka waktu yang cukup lama,
- b) pergerakan udara yang disebabkan oleh angin yang dapat menyebarkan udara tercemar secara horizontal, sehingga zat pencemar dapat mencapai daerah-daerah yang cukup jauh sumbernya.

Selain kondisi di atas faktor lain yang menyebabkan tingginya kandungan timah hitam pada suatu tempat tertentu, konsentrasi (dalam kisaran ini) akan tergantung atas

sejumlah besar faktor–faktor lingkungan termasuk jarak dari sumber polusi, topografi, altitude, curah hujan radiasi matahari, arah dan kecepatan angin (Fitter dan Hay, 1981).

II.4 Dampak Timbal (Pb) pada Manusia

Kesehatan atau sehat sesuai dengan definisi yang terdapat dalam UU no 23 tahun 1992 dan juga sebenarnya sebagai gambaran visi Indonesia tentang kesehatan masyarakat adalah Keadaan sejahtera dari badan, jiwa dan sosial yang memungkinkan setiap orang hidup produktif secara sosial dan ekonomis. Keadaan kesehatan ini akan terganggu bila seseorang atau kelompok dari suatu masyarakat terpapar bahan polutan dari pencemaran udara ambien, dan selanjutnya populasi yang terpapar ini merupakan populasi yang beresiko (population at risk). Resiko disini adalah kemungkinan terjadinya gangguan kesehatan dan tingkat gangguan kesehatan sebagai akibat adanya bahaya (Suspended Partikulat Matter) didalam udara ambient (Rahim, 2008).

Keracunan yang di timbulkan oleh persenyawaan logam Pb dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya Pb ke dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur, yaitu melalui beberapa jalur yaitu, melalui udara dan perembesan atau penetrasi pada selaput atau lapisan kulit serta melalui makanan dan minuman yang akan diikutkan dalam proses metabolisme tubuh. Namun demikian, jumlah Pb yang masuk masih dapat di tolerir oleh lambung disebabkan asam lambung (HCl) mempunyai kemampuan untuk menyerap logam Pb. Pada jaringan dan/atau organ tubuh, logam Pb akan terakumulasi pada tulang, karena logam ini dalam bentuk ion (Pb^{2+}) mampu menggantikan keberadaan ion Ca^{2+} (kalsium) yang terdapat dalam jaringan tulang. Penyerapan lewat kulit dapat terjadi disebabkan karena senyawa ini dapat larut dalam minyak

dan lemak. Senyawa seperti tetraetil-Pb dapat menyebabkan keracunan akut pada sisten syaraf pusat. Pada pengamatan yang dilakukan terhadap para pekerja yang menangani senyawa Pb, hanya ditemukan gejala keracunan kronis ringan akibat Pb berupa insomnia dan beberapa macam gangguan tidur lainnya. Sedangkan gejala pada kasus keracunan akut ringan adalah menurunnya tekanan darah dan berat badan. Keracunan akut yang cukup berat dapat mengakibatkan koma dan bahkan kematian (Palar, 1994).

Tidak semua Pb yang terisap atau tertelan ke dalam tubuh akan tertinggal di dalam tubuh. Berkisar 5% - 10% dari jumlah yang tertelan akan di absorpsi melalui saluran pencernaan, dan $\pm 30\%$ dari jumlah yang terisap melalui hidung akan di absorpsi melalui saluran pernapasan dan tinggal di dalam tubuh karena di pengaruhi oleh ukuran partikel-partikelnya (Santi, 2001).

Menurut data dari sensus BPS tahun 1990, kematian balita akibat problem pernafasan akut (yang bisa diasosiasikan sebagai akibat dari polusi udara) adalah sebesar 14,4% dari seluruh kematian, nomor dua setelah muntaber. Sedangkan untuk keseluruhan kematian, maka penyakit pernafasan menyebabkan 6% kematian. Dari perhitungan World Bank setiap kelebihan 10 mg/m³ konsentrasi debu di udara, menyebabkan angka kematian rata-rata 1500 orang. Angka-angka kesakitan dan kematian ini dikarena pencemaran udara yang berada diatas ambang batas, konsentrasi Total Suspended Particles (TSP) atau debu, timbal, SO_x dan Nox telah melebihi ambang batas maksimum yang dibolehkan (Rahim, 2008).

Pengobatan pada awal keracunan timbal akut ialah dengan mengatasi gejala-gejala yang ada. Serangan kejang diatasi dengan obat anti kejang,

kesetimbangan cairan elektrolit tubuh dipertahankan dan pembengkakan otak diatasi dengan manitol (Santi, 2001).

II.5 Dampak Timbal (Pb) pada Tumbuhan

Selama ini, metode pemecahan masalah kemacetan di Indonesia masih berkisar pada penambahan atau pelebaran jalan. Solusi tersebut mungkin merupakan solusi yang paling cepat dilakukan. Akan tetapi, dalam hal pencemaran udara, langkah penambahan/pelebaran jalan bisa jadi justru memperparah keadaan. Pelebaran jalan apabila menembus jalan hijau di tepi jalan, berarti mengurangi jumlah pepohonan secara langsung. Sementara jumlah ruang terbuka hijau di kota-kota besar di Indonesia juga sangat memprihatinkan. Padahal pepohonan merupakan satu-satunya filter alami untuk mengurangi efek polusi udara (Kusminingrum, 2000).

Pepohonan merupakan filter alami untuk polusi udara. Hal ini dapat dilihat bahwa semakin berkurangnya ruang terbuka hijau di kota-kota besar di Indonesia berdampak secara signifikan pada kenaikan suhu udara dan kualitas udara (Kusminingrum, 2000).

Keadaan udara yang lebih kering dengan suhu yang cenderung meningkat serta angin yang bertiup lambat serta curah hujan yang rendah, menyebabkan polutan cenderung meningkat karena tidak terjadi pengenceran polutan di udara. Berdasarkan Data dari Dinas Perhubungan Kota Makassar (2009), volume kendaraan yang melintas di Jalan AP. Pettarani yaitu 2.570 unit/jam sedangkan kapasitas jalan yang tersedia 3.3373 dengan rasio volume/kapasitas 0,76. Dahlan (1989), menyatakan akumulasi timbal di atas vegetasi atau dalam tanah meningkat dengan meningkatnya kepadatan lalu lintas, dan akumulasinya akan

menurun dengan bertambahnya jarak dari tepi jalan raya. Hal demikian juga dikemukakan oleh (Soemitra , 2003 dalam suhadiyah dkk, 20110), bahwa kadar akumulasi polutan berkorelasi dengan tingkat kepadatan dan jarak dari sumber polutan. Menurut (Paduai , 2003 dalam Suhadiyah dkk, 2011), semakin besar atau padat suatu kota semakin tinggi pula kandungan timbal (Pb) dalam udara ambient. Dengan demikian kandungan timbal (Pb) diudara akan meningkat secara nyata dari pinggiran kota ke pusat kota. (Siregar, 2005 dalam Suhadiyah dkk, 2011) juga mengemukakan jumlah Pb di udara dipengaruhi oleh volume atau kepadatan lalu lintas, jarak dari jalan raya dan daerah industri, percepatan musim dan arah angin, tingginya kandungan Pb pada tumbuhan juga dipengaruhi oleh sedimentasi. Lebih lanjut fluktuasi tingkat polusi udara di ruas jalan perkotaan selama 24 jam menggambarkan kecenderungan secara umum akan naik dimulai dari aktivitas kendaraan sampai menjelang malam hari sekitar jam 19.00 dan puncak konsentrasi terjadi pada siang hari sejalan dengan meningkatnya radiasi matahari yang dipancarkan (Kusminingrum dan Gunawan, 2008 dalam Suhadiyah dkk, 2011).

Timbal sebagian besar di akumulasi oleh organ tanaman, yaitu daun, kulit batang dan akar, dan akar umbi-umbian (bawang merah). Perpindahan Pb dari tanah ke tanaman tergantung komposisi dan pH tanah, serta KTK. Konsentrasi timbal yang tertinggi (100-1000 mg/kg) akan mengakibatkan pengaruh toksik pada proses fotosintesis dan pertumbuhan. Timbal hanya mempengaruhi tanaman bila konsentrasi tinggi (anonimous, 1998 dalam Suhadiyah dkk, 2011). Tanaman dapat menyerap logam Pb pada saat kondisi kesuburan tanah, kandungan bahan organik, serta KTK tanah rendah. Pada keadaan ini logam berat Pb akan terlepas dari ikatan tanah dan berupa ion yang bergerak bebas pada larutan tanah. Jika

logam lain tidak mampu menghambat keberadaannya, maka akan terjadi serapan Pb oleh akar tanaman (Charlena, 2004 dalam Suhadiyah dkk, 2011).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pencemaran udara mengakibatkan menurunnya pertumbuhan dan produksi tanaman yang diikuti gejala yang tampak (*visible symptoms*). Kerusakan tanaman akibat pencemaran udara berawal pada proses biokimia (proses fotosintesis, respirasi, serta biosintesis protein dan lemak), selanjutnya tingkat ultrastruktural (disorganisasi sel membran), kemudian tingkat sel (dinding sel, mesofil, pecahnya inti sel) dan diakhiri dengan ter-lihatnya gejala pada jaringan daun seperti klorosis dan nekrosis (Widagdo, 2005).

Tiap pohon mempunyai respon yang berbeda terhadap pencemar udara yang berbentuk gas atau partikel. Perbedaan tersebut tergantung jenis pohon dan susunan genetiknya. Faktor lain yang ikut berperan adalah tingkat pertumbuhan pohon, jarak terhadap sumber pencemar, konsentrasi bahan pencemar, dan lama terpapar (Riniawati, 1991).

Gejala akibat pencemaran logam berat, yakni klorosis, nekrosis pada ujung dan sisi daun serta busuk daun yang lebih awal. Gugus asam karboksilat (-COOH) dan gugus amino (-NH₂) dalam asam amino juga dapat diserang oleh logam berat. Logam berat dapat mengendapkan senyawa-senyawa fosfat biologis, juga dapat mengkatalis penguraiannya. Pertumbuhan tanaman terhambat karena terganggunya proses fotosintesis akibat kerusakan jaringan daun. Hal tersebut ditunjang oleh penelitian Warsita (1994) yang menunjukkan bahwa pencemaran udara menyebabkan penurunan kandungan klorofil-a dan klorofil-b tanaman, hal ini disebabkan oleh polutan merusak jaringan polisade dan bunga karang yang merupakan jaringan yang banyak mengandung klorofil-a dan klorofil-b (Widagdo, 2005).

Pepohonan mampu menurunkan konsentrasi partikel Pb yang melayang di udara, karena pohon dapat meningkatkan turbulensi aliran udara. Kondisi tegakan dan keadaan meteorologi berpengaruh terhadap dispersi dan pengendapan partikel di luar atau dalam tegakan (Dochinger, 1980). Smith (1981) menyatakan bahwa kemampuan daun menangkap partikel sangat dipengaruhi oleh keadaan permukaan daun, yaitu kebasahan, kelengketan, dan bulu daun. Semakin tinggi kandungan partikel Pb di udara akan semakin tinggi pula kandungan partikel Pb yang terserap oleh daun. Hal tersebut terjadi karena semakin besar kandungan partikel Pb di udara akan semakin besar kemungkinan bertumbukan dengan daun dan masuk ke dalam stomata sampai tersimpan dalam lapisan epidermis dan mesofil akan lebih besar. Semakin besar kemampuan tanaman menyerap Pb dari udara, maka semakin banyak Pb dapat dibersihkan dari udara (Riswandi, 2008).

Jenis tanaman yang dapat dipakai adalah tanaman yang mempunyai sifat sebagai berikut (Widagdo, 2005),

- a) mempunyai stomata yang banyak,
- b) mempunyai ketahanan tertentu terhadap polutan tertentu,
- c) mempunyai tingkat pertumbuhan yang cepat.

Pada konsentrasi tinggi, timbal adalah elemen berpotensi beracun bagi manusia . Ada dua sumber utama kontaminasi timbal: 1) cat yang mengandung timbal dimana kontaminasi dapat terjadi ketika cat dari bangunan tua bercampur dengan tanah, dan, 2) timbal dari emisi mobil. Studi yang dilakukan di daerah perkotaan, telah menunjukkan bahwa tanah kadar timbal tertinggi sekitar pondasi bangunan dan dalam beberapa meter. Selain itu, tanah yang terkontaminasi timbal

akan menyebabkan peningkatan timbal dalam air, udara, makanan, dan beberapa obat-obatan rakyat juga dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Sumber yang paling serius dari paparan timbal pada tanah adalah melalui konsumsi langsung (makan) dari tanah yang terkontaminasi atau debu. Secara umum, tanaman tidak menyerap atau menumpuk timbal. Penelitian telah menunjukkan bahwa timbal tidak mudah menumpuk di bagian berbuah sayuran dan tanaman buah (misalnya, jagung, kacang, labu, tomat, stroberi, apel). Konsentrasi yang lebih tinggi lebih mungkin ditemukan pada sayuran berdaun (misalnya, selada) dan pada permukaan akar tanaman, misalnya wortel (Rosen, 2002).

Proses absorpsi pada tumbuhan terjadi seperti pada hewan dengan berbagai proses difusi, dan istilah yang digunakan adalah translokasi. Transpor ini terjadi dari sel ke sel menuju jaringan vaskuler agar dapat didistribusikan ke seluruh bagian tubuh. Menurut Soemirat (2003) dalam Panjaitan, G.C. (2009), menyatakan bahwa proses absorpsi dapat terjadi lewat beberapa bagian tumbuhan, yaitu (Ali dan Rina, 2010).

- a) akar, terutama untuk zat anorganik dan zat hidrofilik,
- b) daun bagi zat yang lipofilik,
- c) stomata untuk masukan gas.

Menurut Fitter dan Hay (1991), mekanisme yang mungkin dilakukan oleh tumbuhan untuk menghadapi konsentrasi toksik adalah,

- a) penanggulangan, jika konsentrasi internal harus dihadapi maka ion-ion akan dipindahkan dari tempat sirkulasi dengan beberapa jalan atau menjadi toleran di dalam sitoplasma. Terdapat empat pendekatan dalam penanggulangan,

- lokalisasi (intraseluler dan ekstraseluler) pada umumnya di akar,
 - ekskresi, secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif melalui akumulasi pada daun-daun tua yang diikuti dengan absisi daun,
 - dilusi (melemahkan), yaitu melalui pengenceran,
 - inaktivasi secara kimia.
- b) Toleransi, yaitu tumbuhan mengembangkan sistem metabolik yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik.

Tanaman berkayu (pohon) merupakan penangkal yang cukup efektif terhadap polutan-polutan udara, baik yang berupa gas maupun yang berupa butiran padat, keberadaan pepohonan di beberapa jalan raya dapat mengurangi polutan dalam bentuk partikel, dan sebaiknya tanaman berkayu dikombinasikan dengan tanaman herba lainnya sehingga akan memiliki kepadatan yang merata dari bawah sampai atas (Grey dan Heneke, 1987 dalam Budiyantri, 1996).

Kemampuan tanaman berkayu atau pohon dalam meredam bahan cemar udara berupa partikel dipengaruhi oleh dua hal yaitu (Grey dan Heneke dalam Budiyantri, 1996),

- a) secara non teknis, yang merupakan sifat alami dari tanaman itu sendiri yaitu,
- secara anatomi, seperti tekstur permukaan daun, luas permukaan daun, kedudukan daun dan lain-lain,
 - secara fisiologi, seperti jumlah stomata, letak stomata, kerapatan stomata, dan struktur dari epidermis,
 - secara taksonomi, seperti pohon, herba dan jenis tanaman yang lain.

b) secara teknis, meliputi antara lain,

- bentuk arsitektural, seperti bentuk tajuk, kerapatan massa daun dan percabangan, ukuran pohon, struktur tanaman,
- pola tanaman, seperti komposisi tanaman, jarak tanam antar tanaman, jarak terhadap sumber polutan,
- sifat sumber polutan.

Penghijauan jalan yang memadai secara kualitatif maupun kuantitatif sepanjang jalan dalam kota memegang peranan penting dalam menetralkan polusi udara yang semakin meningkat. Demikian pula dengan kandungan Pb di udara dapat juga berkurang dengan adanya pepohonan, karena pepohonan dapat menurunkan turbulensi aliran udara (Anatari dan Sundra, 2002 dalam Suhadiyah dkk, 2011).