

**AKUMULASI TIMBAL (Pb) PADA DAUN BAMBU PAGAR *Bambusa
multiplex* (Lour) Raeusch. Ex Schult. & Schult. f.
DI KOTA MAKASSAR**

Oleh :

Nur Suci Triani

H41107019



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

**AKUMULASI TIMBAL (Pb) PADA DAUN BAMBU PAGAR *Bambusa
multiplex* (Lour) Raeusch. Ex Schult. & Schult. f.
DI KOTA MAKASSAR**

**OLEH
NUR SUCI TRIANI
H411 07 019**

*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

**AKUMULASI TIMBAL (Pb) PADA DAUN BAMBU PAGAR *Bambusa
multiplex* (Lour) Raeusch. Ex Schult. & Schult. f.
DI KOTA MAKASSAR**

**OLEH
NUR SUCI TRIANI
H411 07 019**

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

Bismillahirrahmanirrahiim

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subahanahu Wata'ala, Pemelihara seluruh alam raya, yang atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini dikerjakan demi memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana Sains di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini bukanlah tujuan akhir dari belajar karena belajar adalah sesuatu yang tidak terbatas.

Terselesaikannya skripsi ini tentunya tak lepas dari dorongan dan uluran tangan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati penulis mengungkapkan rasa terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Ibu Sri Suhadiyah, M.Agr selaku dosen pembimbing utama, Ibu Eva Yohanes, M.Si selaku pembimbing pertama dan Bapak Dr. Syafruddin Liong, MS selaku pembimbing kedua yang dengan sabar dan teguh meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam pembuatan skripsi ini.
2. Ibu Prof. Hj. Dirayah R. Husain, DEA selaku penasehat akademik yang senantiasa memberi arahan, saran, motivasi dan banyak hal terhadap penulis dalam pembuatan skripsi ini dan pada masa perkuliahan.

3. Bapak dan Ibu penguji yang memberi banyak masukan dalam perbaikan skripsi ini dan menunjukkan berbagai kesalahan di dalamnya.
4. Bapak Ketua Jurusan Biologi Universitas Hasanuddin Makassar, Dr. Eddy Soekandarsih, M.Sc yang telah membantu memberi informasi dalam pembuatan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Biologi Universitas Hasanuddin Makassar yang senantiasa membagi dan memberi penulis ilmu dan wawasan bagi penulis selama masa perkuliahan.
6. Secara khusus penghargaan dan rasa terima kasih yang tak terhingga untuk kedua orang tercinta, umi dan bapak yang telah mendidik, membesarkan dan memberi banyak dukungan yang baik secara moril maupun material.
7. Sahabat penulis Iin Mulyani, S.Si, Sri Hikmah, S.Si, Fany Febriany, SE, Dwi Alfia Rizkiyani, S.Pd, Rakhmatia Daud S.Si, Rahma, S. Kep, Akrawati, S.Si, Imaniar Nur Ansyar, S.Si dan Hildayani, S.Si yang telah ikut membantu membantu memberi dukungan, semangat, senyuman, tawa, dan menemani penulis baik dalam keadaan suka dan duka dan secara khusus buat fitri yang selalu menemani setiap saat memberi spirit tersendiri bagi penulis.
8. Terima kasih juga buat Asril Syam, S. Pd yang selalu memberi dukungan, semangat, motivasi, saran, senyuman, tawa dan waktunya untuk penulis

9. Buat teman-teman dan sahabat-sahabat penulis biologi 2007 terima kasih atas kebersamaanya yang sangat hangat.
10. Terima kasih juga buat nenek yang senantiasa selalu mendo'akan yang terbaik untuk penulis.
11. Semuanya yang telah membantu yang tak bisa disebutkan terima kasih atas semua bantuan dan dukungannya. Penulis mencintai kalian.

Semoga Allah Subuhanahu wata'ala membalas kebaikan dan ketulusan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini dengan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Aamiin

Semoga karya penelitian skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kebaikan bagi banyak pihak.

Makassar, September 2012

Penulis

ABSTRAK

Analisis timbal (Pb) daun bambu pagar *Bambusa multiplex* (Lour) dari beberapa jalan utama di Makassar, telah dilaksanakan pada bulan Maret sampai bulan Mei 2012, yang bertujuan untuk mengetahui akumulasi timbal daun bambu pagar *Bambusa multiplex* (Lour) di beberapa tempat di kota Makassar. Analisis sampel dilakukan dengan metode pengabuan basah dan menggunakan peralatan AAS (Atomic Absorpsi Spectrophotometri). Hasil analisis akumulasi timbal daun bambu pagar dengan kisaran antara (0,5 – 0,75 $\mu\text{g/g}$). Berdasarkan histogram menunjukkan adanya penurunan luas permukaan daun, jumlah stomata dan kerapatan trikomata seiring dengan naiknya konsentrasi Pb daun diantaranya terjadi penurunan luas permukaan daun pada daerah Metro Tanjung Bunga yaitu (13,16305 cm^2) dengan konsentrasi Pb (0,625 $\mu\text{g/g}$) dibandingkan dengan konsentrasi Pb pada daerah Kima dimana luas permukaan daun yaitu (14,21545 cm^2) dengan konsentrasi Pb yaitu (0,275 $\mu\text{g/g}$), penurunan jumlah stomata yaitu pada daerah Kawasan Industri Kima dimana jumlah stomata sebanyak (740/ cm^2) dan konsentrasi Pb sebesar (0,275 $\mu\text{g/g}$) dibandingkan dengan kawasan pelabuhan dimana jumlah stomata sebanyak (580/ cm^2) dan konsentrasi Pb sebesar (0,650 $\mu\text{g/g}$) sedangkan pada kerapatan stomata ditandai pada daerah Metro Tanjung Bunga dimana daerah tersebut merupakan daerah lokasi penelitian yang memiliki konsentrasi yang tinggi yaitu (0,625 $\mu\text{g/g}$) dan memiliki kerapatan trikomata yang tinggi yaitu (94,78125/ cm^2) dibandingkan pada daerah Kawasan Industri Kima (0,275 $\mu\text{g/g}$) dengan kerapatan trikomata (56,4375/ cm^2). Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa daun *Bambusa multiplex* (Lour) mampu mengakumulasi Pb dan akumulasi Pb tidak terlalu mempengaruhi morfologi daun.

Kata Kunci : **Akumulasi, timbal, bambu pagar dan *Bambusa multiplex* (Lour)**

ABSTRACT

The analysis of Lead (Pb) in leaf hedge bamboo *Bambusa multiplex* (Lour) from several main street in Makassar, has been done on March until May 2012, the objective is to know the Lead accumulation and its influence towards leaf morphology in hedge bamboo *Bambusa multiplex* (Lour) in Makassar city. Sampel analysis was done by wet incineration method and using AAS (Atomic Absorpsi Spectrophotometri) equipment. The analysis result in hedge bamboo leaf is approximately between (0,5 – 0,75 µg/g). Base from histogram, it showed that there is decreasing in leaf surface wide, stomata quantity and tricomata density following with the increasing of leaf's Pb concetration, some of them is the decreasing of leaf surface wide in Metro Tanjung Bunga area i.e (13,16305 cm²) and Pb concentration (0,625 µg/g) compared with Pb concetration in Kima area where the leaf surface wide is (14,21545 cm²) and Pb concentration is (0,275 µg/g), decreasing of stomata quantity is in Kima Industrial Area which is the stomata quantity is (740/cm²) and Pb concentration (0,275 µg/g) compared with the harbor area where the stomata quantity is (580/cm²) and Pb concentration is (0,650 µg/g) while the stomata density marked in Metro Tanjung Bunga area where this area was the research location that has the highest concentration i.e (0,625 µg/g) and the highest tricomata density i.e (94,78125/cm²) compared from Kima Industrial Area (0,275 µg/g) with tricomata density (56,4375/cm²). From the analysis result that obtained, it can be concluded that *Bambusa multiplex* (Lour) leaf is capable to absorb Pb accumulation and Pb accumulation did not significantly affect leaf morphology.

Key Word : **Accumulation, Lead, Hedge Bamboo, and *Bambusa multiplex* (Lour).**

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
ABSTRAC	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I. PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan Penelitian	4
I.3 Manfaat Penelitian	4
I.4 Lokasi Penelitian	4
I.5 Waktu dan Tempat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Pencemaran	6
II.2 Pencemaran Udara	8
II.3 Timbal	12
II.4 Sumber Timbal	14
II.5 Dampak Timbal Terhadap Manusia	19
II.6 Dampak Timbal Terhadap Tanaman	23

a. Pengaruh Pencemaran Terhadap Tanaman	24
b. Respon Tanaman Terhadap Timbal	25
II.7 Tinjauan Mengenai Tanaman Bambu Pagar	27
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Alat dan Bahan	29
III.2 Prosedur Kerja	29
III.2.1 Penentuan Lokasi Cuplikan	29
III.2.2 Pengambilan Sampel Daun	29
III.2.3 Pengukuran Sampel Daun	30
III.2.4 Pengukuran Konsentrasi Pb di Daun	30
III.2.5 Pengukuran Parameter Lingkungan	31
III.2.6 Pembuatan Preparat Stomata	31
III.2.7 Pembuatan Preparat Trikomata	32
III.2.8 Analisis Data	32
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1 Pengaruh Partikulat terhadap Tanaman	24
2 Akumulasi timbal (Pb) pada daun bambu pagar <i>Bambusa multiplex</i> (Lour) pada bulan Maret 2012	32
3 Kandungan Pb daun bambu pagar <i>Bambusa multiplex</i> (Lour). Pengambilan sampel pada bulan Maret 2012	43
4 Data luas permukaan daun bambu pagar	43
5 Data Jumlah Stomata	43
6 Data Jumlah Trikomata	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1	Logam Timbal	12
2	Sumber Pencemaran Pb di Lingkungan	16
3	Diagram Metabolisme Pb	21
4	Akumulasi timbal (Pb) Akumulasi timbal (Pb) pada daun bambu pagar <i>Bambusa multiplex</i> (Lour) pada bulan Maret	34
5	Pengaruh Pb terhadap luas permukaan daun <i>Bambusa multiplex</i>	36
6	Pengaruh Pb terhadap jumlah stomata pada <i>Bambusa multiplex</i>	37
7	Pengaruh Pb terhadap kerapatan trikomata pada <i>Bambusa multiplex</i>	39

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan telah terjadi dimana-mana, terutama didaerah perkotaan seperti Kota Makassar yang dipadati kendaraan bermotor dan industri. Hal ini menunjukkan pembangunan dibidang industri dan transportasi juga membawa dampak negatif terhadap kesehatan lingkungan. Kendaraan bermotor merupakan penyebab terbesar pencemaran udara. Pencemarannya lebih besar daripada yang ditimbulkan oleh kegiatan manusia lainnya. Pengaruh pencemaran oleh logam berat telah banyak dilaporkan. Peningkatan jumlah industri, transportasi dan pertambangan mempunyai andil yang besar pula dalam peningkatan jumlah zat pencemar logam. Peningkatan jumlah pencemar tersebut sangat mengkhawatirkan karena akan merusak lingkungan biotik dan abiotik (Imanuddin, 2001)

Menurut Fergusson (1990) bahan pencemar (polutan) yang berasal dari gas kendaraan bermotor umumnya berupa gas hasil sisa pembakaran dan partikel logam berat seperti timbal (Pb). Timbal (Pb) yang dikeluarkan dari kendaraan bermotor rata-rata berukuran 0,02-0,05 μm (Antari dan Sundra, 2002).

Timbal 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 Sundra 2002). Partikel logam berat timbal yang berasal dari emisi kendaraan bermotor akan mencemari, udara, tanaman, hewan, dan manusia dengan berbagai cara seperti sedimentasi, presipitasi dan inhalasi (Parsa, 2001 dalam Antari dan Sundra, 2002).

Timbal (Pb) sangat berbahaya bagi manusia karena mekanisme masuknya timbal ke dalam tubuh manusia dapat melalui sistem pernapasan, pencernaan ataupun langsung melalui permukaan kulit. Daya racun timbal dapat mengakibatkan peradangan pada mulut, menyebabkan diare, juga dapat mengakibatkan anemia, mual dan sakit di sekitar perut serta kelumpuhan (Hamidah, 1980 dalam Antari dan Sundra, 2002).

Kandungan timbal di sekitar jalan raya atau kawasan perkotaan sangat tergantung pada kecepatan lalu lintas, jarak terhadap jalan raya, arah dan kecepatan angin, cara mengendarai dan kecepatan kendaraan (Parsa, 2001). Bioakumulasi timbal terhadap daun pada tanaman akan lebih banyak terjadi pada tanaman yang tumbuh di pinggir jalan besar yang padat kendaraan bermotor (Sastrawijaya, 1996 dalam Antari dan Sundra, 2002).

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 mengakumulasi logam berat. sehingga tumbuhan adalah bioindikator pencemaran yang baik. Dengan demikian daun merupakan organ tumbuhan sebagai bioindikator yang paling peka terhadap pencemaran (Antari dan Sundra, 2002).

Tanaman pagar merupakan tanaman yang ditanam sebagai pembatas selain berfungsi sebagai pembatas kavling atau kepemilikan, ada beberapa fungsi dan manfaat lain dari penggunaan tanaman pagar. Hal yang paling fungsional adalah sebagai filter atau penyaring suara, debu, dan sebagai penyerap unsur pencemar (Werdiningsih, 2007).

Menurut Werdiningsih (2007), tanaman jenis perdu yang sering digunakan sebagai pagar hidup dapat menyerap dengan baik gas – gas pencemar udara, seperti timbal, CO₂, dan NO serta hasil buangan knalpot kendaraan bermotor hingga 70% lebih. Pohon bambu pagar *Bambusa multiplex* merupakan jenis tanaman yang cukup banyak digunakan di kota Makassar sebagai tanaman pereduksi polusi. Hal ini karena tanaman tersebut memiliki karakter seperti permukaan daun berbulu yang merupakan sebagian kriteria tanaman sebagai pereduksi polusi (Universitas Pendidikan, 2003) lalu menurut Kozlowski (1991) bahwa pada kebanyakan pencemaran udara, menyebabkan kerusakan dan perubahan fisiologi tanaman yang kemudian diekspresikan dalam gangguan pertumbuhan baik itu pertumbuhan akar maupun pertumbuhan daun. Luasan daun dari

suatu pohon dan tegakan pohon yang terekspose langsung ke pencemar udara dapat berkurang karena pembentukan dan kecepatan abisi daun.

Dan juga Kozlowski (1991) menyebutkan bahwa bahan pencemar dapat menyebabkan terjadinya kerusakan fisiologis di dalam tanaman jauh sebelum terjadinya kerusakan fisik berupa penurunan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan pembukaan stomata yang tidak sempurna.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka perlu diadakan penelitian terhadap kandungan timbal (Pb) yang terakumulasi pada daun Bambu Pagar *Bambusa Multiplex* serta mengetahui pengaruhnya pada luas permukaan daun dari tanaman tersebut dalam mengakumulasi logam berat khususnya timah hitam yang berasal dari kendaraan bermotor.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui akumulasi timbal dan pengaruhnya terhadap morfologi daun pada daun bambu pagar *Bambusa multiplex* (Lour) di kota Makassar.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi tentang peranan pohon Bambu Pagar *Bambusa multiplex* sebagai tanaman pagar untuk menyerap unsur timbal (Pb) yang dikeluarkan dari berbagai kendaraan bermotor dan hasil limbah industri di beberapa lokasi Kota

Makassar. Disamping itu pula dapat bermanfaat untuk mengurangi tingkat pencemaran udara di Kota Makassar.

1.4 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di beberapa lokasi Kota Makassar antara lain : Jalan Metro Tanjung Bunga, Jalan Nusantara, dan Kawasan Industri Kima.

1.5 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2012-Mei 2012, analisis sampel daun dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kimia Kesehatan, Dinas Kesehatan Makassar dan analisis data dilakukan di Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Universitas Hasanuddin, Makassar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pencemaran

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 H_2O dan Karbon dioksida (CO_2). Komposisi udara normal terdiri atas gas nitrogen 78,10%, oksigen 20,93%, dan karbondioksida 0,03%, sementara selebihnya berupa gas argon, neon, kripton, xenon dan helium (Siringoringo, 2000).

Udara juga merupakan zat yang paling penting setelah air dalam memberikan kehidupan di permukaan bumi. Selain memberikan oksigen, udara juga menghantarkan suara, bunyi-bunyian, pendingin benda-benda yang panas dan dapat pula menjadi media penyebaran penyakit pada manusia (Siringoringo, 2000).

Udara merupakan media lingkungan yang merupakan kebutuhan dasar manusia perlu mendapatkan perhatian yang serius, hal ini pula menjadi kebijakan Pembangunan Kesehatan Indonesia 2012 dimana program pengendalian pencemaran udara merupakan salah satu dari sepuluh program unggulan (Pembangunan Kesehatan Indonesia, 2010).

Pertumbuhan pembangunan seperti industri, transportasi, dll disamping memberikan dampak positif namun disisi lain akan memberikan

dampak negatif dimana salah satunya berupa pencemaran udara dan kebisingan baik yang terjadi didalam ruangan (indoor) maupun di luar ruangan (outdoor) yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan terjadinya penularan penyakit (Pembangunan Kesehatan Indonesia, 2010).

Penggunaan logam-logam berat dalam berbagai keperluan sehari-hari berarti telah secara langsung maupun tidak langsung atau sengaja maupun tidak sengaja, telah mencemari lingkungan. Beberapa logam berat tersebut ternyata telah mencemari lingkungan melebihi batas yang berbahaya bagi kehidupan lingkungan. Logam-logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan terutama adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), cadmium (Cd), Khromium (Cr) dan Nikel (Ni). Logam-logam tersebut diketahui dapat mengumpul di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam tubuh dalam jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Fardiaz, 1992).

Pertumbuhan aktivitas ekonomi dan urbanisasi yang cukup tinggi diperkotaan berpotensi besar dalam peningkatan penggunaan konsumsi energi, seperti pada kebutuhan bahan bakar guna pembangkit tenaga listrik, tungku-tungku industri dan transportasi. Pembakaran bahan bakar ini merupakan sumber-sumber pencemar utama yang dilepaskan, seperti COx, SOx, NOx, SPM (suspended particulate matter), Ox, dan berbagai logam berat (Budyono, 2001).

Hasil literatur menggambarkan bahwa secara global sektor transportasi sebagai tulang punggung aktifitas manusia mempunyai

kontribusi yang cukup besar bagi pencemaran udara, 44 % TSP (total suspended particulate), 89 % hidrokarbon, 100 % Pb dan 73 % NO_x (Budiyono, 2001).

Berlebihnya tingkat konsentrasi zat pencemar tersebut hingga melampaui ambang batas toleransi yang diperkenankan akan mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan, baik bagi manusia, tumbuh-tumbuhan, hewan dan rusaknya benda-benda (material) serta berpengaruh pada kualitas air hujan (hujan asam), yang berakibat pada mata rantai berikutnya yaitu pada ekosistem flora dan fauna (Budiyono, 2001).

Diperkirakan pencemaran udara dan kebisingan akibat kegiatan industri dan kendaraan bermotor akan meningkat 2 kali pada tahun 2000 dari kondisi tahun 1990 dan 10 kali pada tahun 2020 (Pembangunan Kesehatan Indonesia, 2010).

II.2 Pencemaran Udara

Pencemaran adalah perubahan yang tidak diinginkan pada udara, daratan dan air secara fisik, kimiawi ataupun biologi yang mungkin atau akan merupakan bahaya bagi kehidupan manusia dan spesies-spesies lainnya, lingkungan hidup dan nilai-nilai kebudayaan, atau mungkin akan menyia-nyiakan dan merusak sumber daya bahan mentah, sedangkan menurut Stevenson 1986 *dalam* Imanudin 2001, pencemaran merupakan suatu perubahan fisik, kimia dan biologi yang tidak dikehendaki dari

karakter udara, air dan tanah yang dapat mempengaruhi aktivitas dan daya hidup manusia dan makhluk hidup lainnya.

Sumber pencemaran udara yang utama adalah berasal dari transportasi terutama kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar yang mengandung zat pencemar, 60,00% dari pencemar yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15,00% terdiri dari hidrokarbon (Fardiaz, 1992). Sumber-sumber pencemar lainnya adalah pembakaran, proses industri, pembuangan limbah dan lain-lain.

Secara umum pencemaran terbagi atas tiga macam, yaitu pencemaran udara, pencemaran air dan pencemaran tanah. Udara tercemar bila terdapat satu atau lebih zat pencemar di atmosfer dengan jumlah, sifat dan lama waktu keberadaanya menyebabkan kerugian pada kehidupan manusia, tumbuhan dan hewan, sehingga menyebabkan terganggunya kenyamanan dan kenikmatan hidup. Pencemaran udara adalah masuknya zat pencemar ke atmosfer dalam jumlah dan waktu tertentu baik secara alami, seperti gunung meletus, maupun sebagai akibat aktivitas manusia yang dapat menyebabkan pencemaran udara adalah transportasi dan industri. Zat pencemar adalah zat yang mencemari lingkungan. Umumnya penyebab pencemaran adalah sekelompok logam berat yang bersifat racun seperti Pb, Cd dan Hg. Logam berat esensial seperti Cu, Zn dan Ni juga dapat menimbulkan keracunan jika kadarnya melebihi ambang batas (Imanudin, 2001).

Sumber bahan pencemar ada dua golongan besar, yaitu (Universitas Sumatera Utara, 2007) :

1) Sumber alamiah

Beberapa kegiatan alam bisa menyebabkan pencemaran udara seperti kegiatan gunung berapi, kebakaran hutan, petir, kegiatan mikroorganisme dan lain-lain. Bahan pencemar yang dihasilkan umumnya asap, debu, *grit* dan gas-gas (CO dan NO).

2) Sumber buatan manusia

Kegiatan manusia yang menghasilkan bahan pencemar bermacam-macam antara lain adalah :

- a. pembakaran, misalnya pembakaran sampah, pembakaran pada kegiatan rumah tangga, industri, kendaraan bermotor yang menghasilkan asap, debu, pasir dan gas,
- b. proses peleburan, seperti peleburan baja, pembuatan keramik, soda, semen dan aspal yang menghasilkan debu, asap dan gas,
- c. pertambangan dan penggalian, seperti tambang mineral dan logam.
Bahan yang dihasilkan terutama adalah debu,
- d. proses pengolahan, seperti pada proses pengolahan makanan, daging, ikan, penyamakan dan pengasapan yang menghasilkan asap, debu dan bau,
- e. pembuangan limbah, baik limbah industri maupun limbah rumah tangga,

- f. proses percobaan atom nuklir yang menghasilkan gas dan debu radioaktif dll.

Pada beberapa daerah perkotaan, kendaraan bermotor menghasilkan 85,00% dari seluruh pencemaran udara yang terjadi. Kendaraan bermotor ini merupakan pencemar bergerak yang menghasilkan pencemar CO, hidrokarbon yang tidak terbakar sempurna, NO_x, SO_x, logam berat timbal (Pb), dan partikel. Pencemar udara yang lazim dijumpai dalam jumlah yang dapat diamati pada berbagai tempat khususnya dikota-kota besar menurut Hasekth dan Ahmad *dalam* Purnomohadi (1995).

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

- 1) pencemar udara primer (*Primary Air Pollution*)

Emisi unsur-unsur pencemar udara langsung ke atmosfer dari sumber-sumber diam maupun bergerak. Pencemar udara primer ini mempunyai waktu paruh di atmosfer yang tinggi pula, misalnya CO, CO₂, NO₂, SO₂, CFC, Cl₂, partikel debu, dsb.

- 2) pencemar udara sekunder (*Secondary Air Pollution*)

Emisi pencemar dari hasil proses fisik dan kimia di atmosfer dalam bentuk fotokimia (*photochemistry*) yang umumnya bersifat reaktif dan mengalami transformasi fisik-kimia menjadi unsur atau senyawa. Bentuknya pun berbeda/berubah dari saat diemisikan hingga setelah ada diatmosfer, misalnya ozon (O₃), adelhida, hujan asam, dan sebagainya.

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

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

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

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

II.3 Timbal (Pb)

Timbal sering juga disebut dengan istilah timah hitam. Dalam bahasa ilmiah juga dikenal dengan kata plumbum (Pb). Logam ini termasuk ke dalam golongan IV-A, dengan nomor atom 82 dan memiliki berat atom (BA) 207,2 (Sunarya, 2007:23 dalam Universitas Pendidikan, 2003). Logam ini berwarna kelabu dan bertekstur lunak (Gambar 1).



Gambar 1 Logam Timbal (Pb)
(Sumber: Temple, 2007)

Timbal (Pb) secara alami terdapat sebagai sulfida, timbal karbonat, timbal sulfat, dan timbal klorofosfat (Faust dan Aly, 1981 dalam Siregar, 2005). Kandungan timbal dalam beberapa batuan kerak bumi sangat beragam. Batuan eruptif macam seperti granit dan riolit memiliki kandungan timbal kurang lebih 200 ppm, kandungan batuan intermedier misalnya andesit, relatif sama dengan batuan eruptif masam yaitu 20 ppm, batuan metamorfosa seperti schist dan batuan sedimen tertentu misalnya liat mempunyai kadar timbal berkisar antara 15-20 ppm sedangkan

kandungan rata-rata dalam sandstone dan limestone berkisar 7-10 ppm (Aubert dan Pinta, 1981 dalam Siregar 2005).

Timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena sifat-sifatnya yaitu (Fardiaz, 1992).

- 1) timbal mempunyai titik cair yang rendah sehingga jika digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik sederhana dan tidak mahal.
- 2) timbal merupakan logam lunak sehingga mudah diubah menjadi berbagai bentuk
- 3) sifat kimia timbal menyebabkan logam ini berfungsi sebagai pelindung jika kontak dengan udara lembab.

Palar (1994) dalam Universitas Sumatera Utara 2007 menyebutkan bahwa Pb merupakan logam berat yang mempunyai titik leleh 327°C dan titik didih 1620°C . Pada suhu $550\text{-}600^{\circ}\text{C}$, logam Pb dapat menguap dan membentuk oksigen diudara dalam bentuk timbal oksida (PbO). Di alam Pb terdapat sebagai PbS (galena) yang merupakan sumber Pb pada perairan alami, PbSO_4 (anglesite), PbCO_3 (Cerrusite), dan $\text{Pb(OH)}_2\text{PbCO}_3$ (Timbal putih). Kandungan Pb dalam beberapa batuan kerak bumi sangat beragam (Alloway, 1990., dalam Universitas Sumatera Utara, 2007).

Saeni (1997) menyatakan bahwa Pb merupakan salah satu jenis logam berat berbahaya karena sifatnya yang sukar terdegradasi maupun dihancurkan. Sifat Pb yang sulit terdegradasi menyebabkan beberapa hal diantaranya, mudah terakumulasi di lingkungan dan keberadaanya secara alami sulit dihilangkan. Pb di lingkungan juga akan menyebabkan

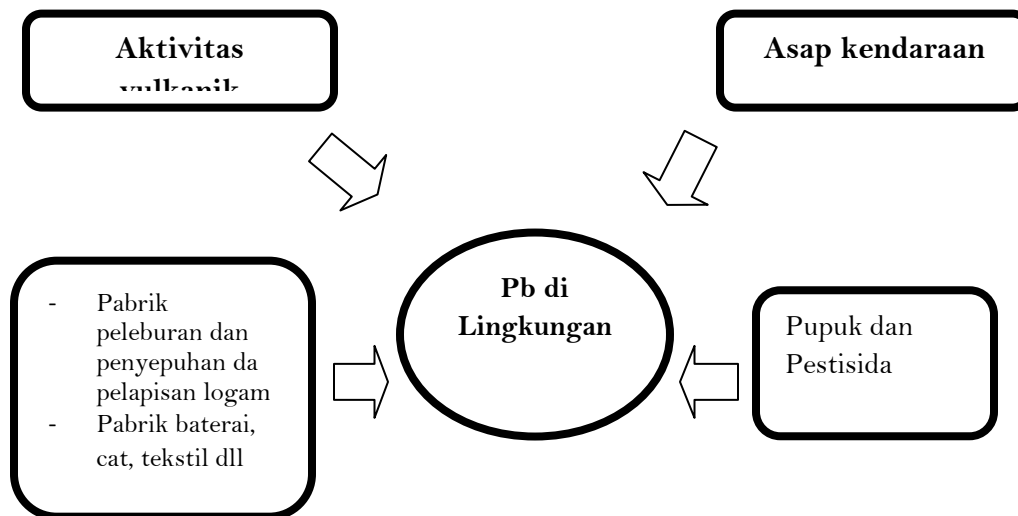
akumulasi dalam organisme dan berbagai macam tumbuhan. Jika hal ini terjadi tentunya akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme dan tumbuhan tersebut.

II.4 Sumber Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan logam berat beracun yang dapat ditemukan pada setiap benda mati maupun sistem biologi. Logam Pb secara alami terdapat pada batu-batuan dan lapisan kerak bumi. Penyebaran Pb di bumi sangat sedikit yaitu 0,0002% dari seluruh lapisan bumi. Secara alamiah, Pb masuk ke perairan, melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin juga merupakan salah satu jalur sumber Pb yang akan masuk ke dalam perairan yang selanjutnya dialirkan melalui sungai dan akan mengendap di tanah (Palar, 1994., dalam Universitas Sumatera Utara, 2007).

Selain disebabkan oleh peristiwa biologis di atas, peningkatan kandungan Pb di lingkungan seperti di udara, air dan tanah dapat terjadi akibat aktivitas manusia seperti industri, pertambangan serta kegiatan perekonomian lainnya (Cheng, 2003., dalam Universitas Sumatera Utara, 2007). Surtikanti (2009) *dalam* Universitas Sumatera Utara (2007) menyebutkan bahwa Pb berasal dari sumber emisi antara lain dari : pabrik plastik, percetakan, peleburan timah, pabrik karet, pabrik baterai, kendaraan bermotor, pabrik cat, pertambangan timah dan lain sebagainya.

Sebagaimana dijelaskan pada gambar 2, sumber Pb dapat berasal dari berbagai kegiatan manusia maupun peristiwa alam. Tung dan Temple (1996) dalam Universitas Sumatera Utara (2007) menyatakan bahwa kontaminasi Pb di lingkungan dapat berasal dari industri buangan dari knalpot kendaraan bermotor, limbah industri dan rumah tangga serta kegiatan pertanian lainnya. Selain itu, Pb dapat pula masuk ke atmosfer akibat aktivitas vulkanik gunung berapi. Menurut Tung dan Temple (1996) dalam Universitas Sumatera Utara (2007) beberapa sumber Pb yang akhirnya dialirkan melalui sungai antara lain, penggunaan pupuk lumpur limbah, dan pupuk superphosfat secara intensif dilahan pertanian, penggunaan pestisida yang mengandung Pb-arsenat, tempat penyimpanan bahan tambang logam, kawasan pertambangan, pabrik peleburan biji, pabrik cat, pabrik baterai, pabrik keramik, pabrik kertas, pabrik sabun atau detergen dan melalui emisi gas kendaraan bermotor.



Gambar 2. sumber Pencemaran Pb di Lingkungan (adaptasi dari Tung & Temple, 1996., dalam Universitas Sumatera Utara, 2007).

Menurut Brass dan Strauss (1981) dalam Universitas Sumatera Utara (2007), jumlah Pb di lingkungan sangat dipengaruhi oleh volume atau kepadatan lalu lintas, jarak dengan jalan raya, dan daerah industri, serta percepatan mesin dan kecepatan angin. Peleburan Pb sekunder, penyulingan dan industri senyawa dan barang-barang yang mengandung Pb lainnya juga dapat menambah emisi Pb ke lingkungan. Batu bara merupakan salah satu mineral penting yang pada umumnya mengandung Pb kadar rendah, meskipun demikian kegiatan berbagai industri terutama yang menghasilkan besi, baja, peleburan tembaga dan pembakaran batu bara harus dipandang sebagai sumber yang dapat menambah emisi Pb. Menurut Lepp (1981) dalam Universitas Sumatera Utara (2007), penggunaan pipa air yang mengandung Pb dirumah tangga terutama pada daerah yang kesadahan airnya rendah dapat menjadi sumber pemanjanaan

Pb pada manusia. Demikian juga didaerah yang banyak rumah tua yang masih menggunakan cat yang mengandung Pb dapat menjadi sumber pemajanan Pb dilingkungan.

Krisnayya dan Bedi (1986) *dalam* Imanudin (2001) menyatakan bahwa 60-70% dari total pencemar Pb di atmosfer berasal dari kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor yang memakai bensin bertimbal menjadi sumber terbesar kedua pencemaran timbal setelah cat yang memakai campuran timbal. Bensin sebagai bahan bakar kendaraan bermotor yang utama merupakan campuran hidrokarbon yang biasanya memakai bahan aditif Pb agar hidrokarbon terbakar lebih sempurna dan mengurangi letupan yang terjadi. Timbal tetra etil dan timbal tetra metil merupakan senyawa aditif yang banyak digunakan untuk memperbaiki efisiensi pembakaran bensin sehingga dapat menaikkan nilai oktan.

Timbal tetra etil dan timbal tetra metil masing-masing berbentuk larutan dengan titik didih 110°C dan 200°C . Karena daya penguapan kedua senyawa tersebut lebih rendah dibandingkan dengan daya penguapan unsur-unsur lain dalam bensin, maka penguapan bensin akan cenderung memekatkan kadar timbal tetra etil. Kedua senyawa ini akan terdekomposisi pada titik didihnya dengan adanya sinar matahari dan senyawa kimia lain diudara seperti senyawa halogen asam atau oksidator. Selain digunakan dalam kendaraan bermotor, senyawa Pb lainnya juga banyak digunakan dalam industri maupun pertambangan. Menurut Faust dan Aly (1981) *dalam* Universitas Sumatera Utara (2007) Pb banyak

digunakan untuk berbagai keperluan karena memiliki berbagai sifat antara lain, mempunyai titik cair yang rendah sehingga jika digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan teknik sederhana dan tidak mahal, merupakan logam lunak sehingga mudah dibentuk dan memiliki sifat kimia yang dapat berfungsi sebagai pelindung jika kontak dengan udara lembab.

Jumlah timbal yang ditambahkan ke dalam bensin berbeda-beda untuk tiap negara. Indonesia merupakan negara yang memberi kebijaksanaan penambahan pada tiap liter bensin premium yang dijual dengan nilai oktana 87 dan bensin super dengan nilai oktana 98 mengandung 0,70-0,84 g senyawa tetra etil dan tetra metil, hal ini berarti sebanyak 0,56-0,63 g logam timbal akan dilepaskan ke udara untuk setiap liter bensin yang dimanfaatkan (Rustiawan 1994).

Kira-kira sebesar 80,00% timbal yang berada dalam bensin akan dikeluarkan melalui pipa pembuangan (knalpot) ke udara dalam bentuk PBO, Pb_2O_3 dan bentuk lainnya, sisanya akan menguap dalam ruang pembakaran (Gidding 1973., dalam Imanudin, 2001).

Bahan tambahan bertimbal pada premium terdiri atas cairan anti letupan (*anti knocking agent*) yang mengandung scavenger kimiawi, yang dimaksudkan untuk dapat mengurangi letupan selama proses penempatan dan pembakaran di dalam mesin. Bahan tersebut yang lazim dipakai adalah tetrametil Pb atau $Pb(C_2H_5)_4$, tetrametil Pb atau kombinasi atau campurannya. Umumnya etilen di bromida ($C_2H_4Br_2$) dan dikhlorida ($C_2H_4Cl_2$) ditambahkan agar dapat bereraksi dengan sisa senyawa Pb yang

tertinggal didalam mesin sebagai akibat dari pembakaran bahan anti letupan tersebut. Campuran atau komposisi yang lazim ditambahkan terdiri atas, 62,00% tetraetil Pb, 18,00% etilen bromida, 18,00% etilen dikhlorida dan 2% bahan-bahan lainnya (Siregar, 2005).

Dari berbagai senyawa buangan bertimbal yang mengandung gugus halogen tersebut, emisi senyawa-senyawa $PbBrCl$ dan $PbBrCl_2PbO$ adalah yang terbanyak, (32,00% dan 31,40% dari total Pb yang diemisikan sesaat setelah mesin kendaraan bermotor dihidupkan dan 12,00% dan 1,60% dari total Pb pada 18 jama setelah mesin dihidupkan) (Siregar, 2005).

Penelitian pencemaran udara oleh Kozak (1993) mendapatkan dugaan emisi Pb pada tahun 1991 sebesar 73.154,42 ton dengan sebaran menurut sumbernya sebagai berikut, transportasi 98,61% dan industri 1,39% sedangkan bagi rumah tangga dan pemusnahan sampah dianggap tidak menghasilkan emisi timbal.

II.5 Dampak Timbal (Pb) terhadap Manusia

Timbal merupakan logam yang sangat beracun. Sebagai unsur pada dasarnya tidak dapat dimusnahkan. Sekali terlepas ke dalam lingkungan, Pb akan tetap menjadi ancaman makhluk hidup. Timbal secara alami maupun cara lain tidak dapat terurai atau berubah menjadi senyawa lain (West et al, 1998 dalam Imanudin, 2001).

Masuknya Pb ke dalam tubuh manusia dapat melalui pernapasan dan pencernaan. Timbal (Pb) sebagai bahan asing di dalam tubuh manusia

merupakan racun yang bersifat akumulatif dan cenderung tertimbun dalam tulang, otak, hati, ginjal dan otot. Namun demikian sebagian logam Pb dalam tubuh akan dialirkan ke jaringan lain melalui darah dan dikeluarkan melalui sistem ekresi (Faust & Aly 1981).

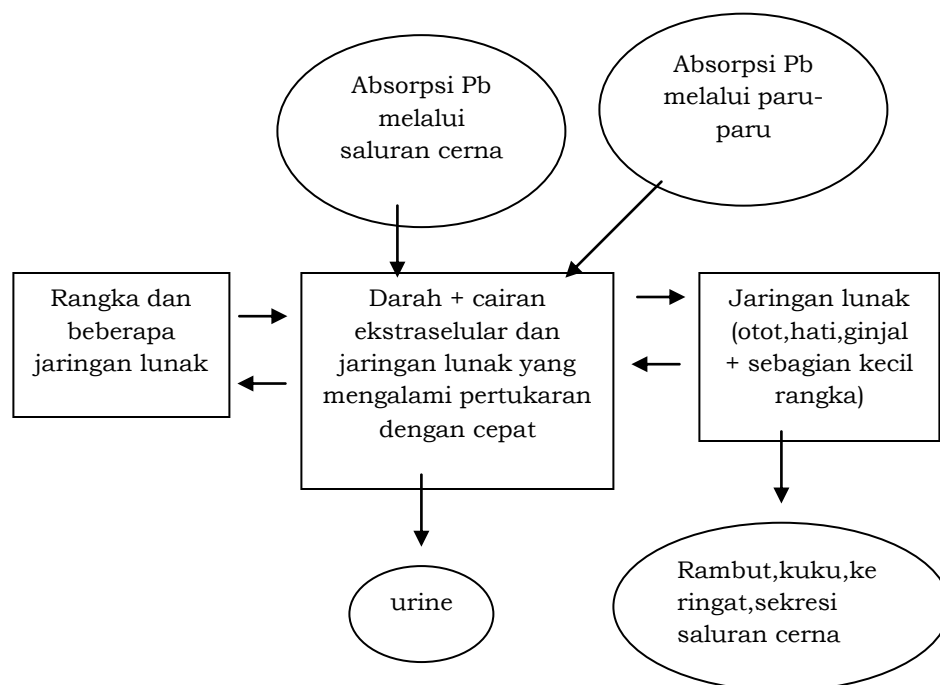
Timbal masuk ke tubuh manusia melalui pernapasan, diserap dan diedarkan melalui darah dan terakumulasi dalam hati, pankreas dan tulang. Dalam beberapa kondisi rata-rata Pb diambil 300 μ g dari makanan padat, 20 μ g cairan dan 10-100 μ g dari udara (Jones dan Jarvis, 1981).

Bila timbal terakumulasi dalam tubuh manusia, dapat meracuni atau merusak fungsi mental, perilaku, anemia dan bila tingkat keracunan yang lebih berat dapat menyebabkan muntah-muntah serta kerusakan yang serius pada sistem saraf dan memungkinkan gangguan dalam sistem otak (Lee, 1981). Saeni (1995) menyebutkan bahwa partikel-partikel uap timbal bila tertiuap lewat saluran pernapasan akan merusak kesehatan. Partikel halus yang tertiuap masuk ke dalam paru-paru dan selanjutnya ke dalam darah.

Timbal dapat merusak dengan berbagai cara seperti pengurangan sel-sel darah merah, penurunan sintesa hemoglobin dan penghambatan sintesa heme yang menimbulkan anemia. Timbal dapat juga mempengaruhi sistem saraf intelegensia dan pertumbuhan anak-anak. Hal ini karena timbal dalam tulang dapat mengganti kalsium yang dapat menyebabkan kelumpuhan (Siregar, 2005).

Timbal bersifat racun terhadap manusia, karena unsur tersebut mempengaruhi Ca dan menghalangi beberapa sistem enzim (Rahayu, 1995).

Timbal yang masuk ke bagian-bagian tubuh sewaktu-waktu melibatkan fungsi kinetik yang mencakup absorpsi, distribusi, metabolisme dan ekskresi (Gambar 3). Ginjal dan hati adalah organ-organ yang dituju oleh timbal (Siregar, 2005).



Gambar 3. diagram metabolisme Pb (Sumber : Ractcliffe, 1981)

Ahmadi (1999) berpendapat setiap kenaikan $1 \mu\text{m}/\text{m}^3$ dapat menurunkan 0,97 skor IQ (tingkat kecerdasan) pada anak. Kandungan timbal daun dalam bahan bakar minyak juga dapat meracuni sistem pembentukan darah merah sehingga pada anak kecil dapat menyebabkan

penurunan kemampuan otak, tetapi tidak semua timbal yang terhisap atau tertelan ke dalam tubuh akan tertinggal dalam tubuh (Bunawas, 1999).

Kira-kira 5 sampai 10,00% dari jumlah yang tertelan akan diabsorpsi melalui saluran pernapasan. Hanya sekitar 5 sampai 30,00% yang terabsorpsi melalui saluran pernapasan akan tertinggal di dalam tubuh karena dipengaruhi oleh ukuran partikelnya (Siregar, 2005).

Kandungan timbal maksimal yang boleh terbawa dalam bahan makanan yang dipersyaratkan FAO/WHO (1975) dan Ditjen Pengawasan Obat dan Makanan yaitu 2 ppm. Timbal yang masuk ke dalam tubuh akan dibuang melalui urine, rambut, keringat, kuku dan feces (Siregar, 2005).

Menurut Tsalev dan Zaprianov (1985), besarnya tingkat peracunan timbal dipengaruhi oleh,

- 1) umur, janin yang masih berada dalam kandungan, balita dan anak-anak lebih rentan dibandingkan orang dewasa,
- 2) jenis kelamin, wanita lebih rentan dibandingkan pria,
- 3) penderita penyakit keturunan atau orang-orang yang sedang sakit akan lebih rentan,
- 4) Musim, musim panas akan meningkatkan daya racun timbal terutama terhadap anak-anak,
- 5) premium alkohol akan lebih rentan terhadap timbal.

Laporan Bank Dunia menggambarkan bahwa kerugian yang ditimbulkan oleh bensin bertimbal sangat besar bagi masyarakat. Laporan tersebut menyatakan bahwa tahun 1992 pencemaran akibat timbal

menimbulkan 350 kasus penyakit jantung koroner, 62.000 kasus hipertensi dan menurunkan IQ hingga 30.000 poin (Kompas, 2000., dalam Imanudin, 2001). Selanjutnya menurut Darmono (1995) dalam Imanudin (2001), berdasarkan hasil uji psikologik dan neuropsikologik logam Pb dapat menyebabkan terjadinya penurunan daya ingat, kurang konsentrasi, sulit bicara, gangguan kesehatan dan psikomotor.

II.6 Dampak Timbal (Pb) terhadap Tanaman

Tanaman memiliki reaksi yang besar dalam menerima pengaruh perubahan dalam menerima pengaruh perubahan atau gangguan akibat pencemaran udara akibat timbal (Pb) dan perubahan lingkungan (Budyono, 2001).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar timbal dalam tanaman yaitu (Siregar, 2005),

- 1) jangka waktu tanaman kontak dengan timbal,
- 2) morfologi dan fisiologi tanaman,
- 3) umur tanaman,
- 4) faktor yang mempengaruhi areal seperti banyaknya tanaman penutup serta jenis tanaman di sekeliling tanaman tersebut.

Dua jalan masuknya timbal ke dalam tanaman yaitu, melalui akar dan daun. Timbal setelah masuk ke sisitem tanaman akan diikat oleh membran-membran sel, mitokondria dan kloroplas. Bahkan pencemaran dapat menyebabkan terjadinya kerusakan fisik. Kerusakan tersembunyi

dapat berupa penurunan kemampuan tanaman dalam menyerap air, pertumbuhan yang lambat atau pembukaan stomata yang tidak sempurna.

Masuknya partikel timbal ke dalam jaringan daun bukan karena timbal diperlukan tanaman, tetapi hanya sebagai akibat ukuran stomata daun yang cukup besar dan ukuran partikel timbal yang relatif kecil dibanding ukuran stomata. Timbal masuk ke dalam tanaman melalui proses penyerapan pasif (Widriani, 1996).

Smith (1981) dalam Siregar (2005) mengemukakan bahwa panjang stomata daun 10 μm dan lebarnya 27 μm sedangkan ukuran timbal berkisar 2 μm . Penyerapan melalui daun terjadi karena partikel timbal di udara jatuh dan mengendap pada permukaan daun, permukaan daun yang lebih kasar, berbulu dan lebar akan lebih mudah menangkap partikel dari pada permukaan daun yang halus tidak berbulu dan sempit (Flnagen et al. 1980 dalam Widriani, 1996). Tingkat akumulasi timbal pada vegetasi dan akan meningkat seiring dengan meningkatnya kepadatan arus lalu lintas dan menurun dengan bertambahnya jarak dari tepi jalan raya (Dahlan, 1989).

a. *Pengaruh pencemaran terhadap tanaman*

Bahan pencemar menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena menghambat proses fotosintesis akibat tertutupnya stomata dan terhambatnya proses intersepsi cahaya. Laju fotosintesis yang rendah mengakibatkan bahan organik yang dihasilkan dan energi yang terdapat dalam bahan organik rendah (Kozlowski dan Constantinidou, 1986

dalam Taihattu, 2001). Pengaruh pencemar terhadap tanaman dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Partikulat terhadap Tanaman

Jenis Bahan Partikulat	Pengaruh terhadap Tanaman
- Debu - Cadmium (Cd) - Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb) - Air raksa (Hg), timbal (Pb), Barium (Ba), Tembaga (Cu), seng (Zn) dan Cadmium (Cd)	- Mengurangi proses fotosintesis anakan cemara - Menghambat pertumbuhan anakan <i>Silver Maple</i>), Tulip <i>poplar</i>, Chockecherry, Loblolly, <i>Eastern</i> putih dan <i>Birch</i> Kuning - Mengurangi pertumbuhan diameter anakan - Menghambat perkecambahan serbuk sari.

b. Respon tanaman terhadap timbal

Pada kebanyakan pencemaran udara, menyebabkan kerusakan dan perubahan fisiologi tanaman yang kemudian diekspresikan dalam gangguan pertumbuhan. (Kozlowski, 1991). Pencemaran menyebabkan perubahan pada tingkatan biokimia sel kemudian diikuti oleh perubahan fisiologi pada tingkat individu hingga komunitas tanaman. Dijelaskan pula bahwa pencemaran udara terhadap tanaman dapat mempengaruhi (Siregar, 2005) :

- 1) Pertumbuhan, sangat banyak literatur yang menunjukkan bahwa berbagai pencemar udara mengurangi pertumbuhan kambium, akar dan bagian reproduktif.

- 2) pertumbuhan daun, luasan daun dari suatu pohon dan tegakan pohon yang terekspose ke pencemar udara dapat berkurang karena pembentukan dan kecepatan abisi.

Kosloswki (1991) menyebutkan bahwa bahan pencemar dapat menyebabkan terjadinya kerusakan fisiologis di dalam tanaman jauh sebelum terjadinya kerusakan fisik. Para ahli lainnya menyebutkan hal tersebut sebagai kerusakan tersembunyi. Kerusakan tersembunyi dapat berupa penurunan kemampuan tanaman dalam menyerap air pertumbuhan sel yang lambat atau pembukaan stomata yang tidak sempurna dan juga menurut Kramer dan Kozlowski (1991) dalam Rahayu, berpendapat bahwa sebagian besar pencemaran udara akan menurunkan proses fotosintesis baik secara langsung maupun tidak langsung. Penyebabnya adalah hilang atau rusaknya jaringan-jaringan untuk melakukan fotosintesis dan gangguan pembukaan stomata.

Kerusakan tersembunyi tersebut akan mengakibatkan terjadinya pertumbuhan yang tidak normal sehingga dapat memperlambat laju fotosintesis dan selanjutnya akan mengurangi produksi suatu tanaman dengan tanpa memperlihatkan gejala-gejala yang tampak. Perubahan histologis yang paling umum akibat timbal adalah terjadinya plasmolisis, kerusakan kandungan sel atau granulasi, sel-sel yang mengalami kolaps dan pigmentasi atau perubahan warna sel menjadi gelap (Siregar, 2005).

Dan menurut Siregar (2005) bahwa total luasan daun (leaf area) dari tanaman yang terkena pencemaran udara akan mengalami penurunan,

karena terhambatnya laju pembentukan dan perluasan daun serta meningkatnya jumlah daun yang gugur, sehingga akan menurunkan hasil fotosintesis

II.7 Tinjauan Mengenai Tanaman Bambu Pagar



Regnum : Plantae
 Divisi : Spermatophyta
 Sub Divisi : Angiospermae
 Class : Monocotyledoneae
 Ordo : Poales
 Family : Poaceae
 Genus : *Bambusa*
 Species : *Bambusa multiplex* (Lour.)

Sumber: Taksonomi Tumbuhan Spermatophyta Gembong Tjitrosoepomo

Bambu pagar merupakan tanaman jenis rumput-rumputan dengan rongga dan ruas di batangnya. Bambu pagar merupakan anggota famili poaceae. Bambu pagar termasuk jenis tanaman yang mempunyai tingkat pertumbuhan yang tinggi. Indonesia merupakan salah satu wilayah yang menjadi surga bagi jenis tanaman bambu (Almaendah, 2011).

Tinggi bambu pagar mencapai 2,5-7 m (batang berbulu), diameter batangnya yaitu 1-2,5 cm sedangkan warna batangnya hijau muda dengan garis-garis kuningnya yang lembut. Bambu pagar dapat tumbuh pada bermacam-macam jenis tanah, khususnya tanah liat berpasir. Akan tetapi

jenis ini juga tahan hidup di daerah yang suhunya dingin. Ketinggian 1500 m dari permukaan laut (Bambu Organik Sungai, 2010).

Di Indonesia sendiri *Bambusa multiplex* digunakan sebagai tanaman pagar. Penanamannya dilakukan secara berdekatan, batang bambu yang mulai tumbuh tinggi harus dilakukan pemangkasan agar memiliki tinggi yang serasidan agar tanaman tidak tumbuh memanjang dan meruncing pada ujungnya (Bambu Organik Sungai, 2010).