

© 2005 Setyo Widagdo
Makalah Pribadi Falsafah Sains (PPS 702)
Sekolah Pasca Sarjana / S3
Institut Pertanian Bogor

Posted: 3 January, 2005

Dosen:
Prof Dr Ir Rudy C Tarumingkeng, M F (Penanggung Jawab)
Prof. Dr. Ir. Zahrial Coto, M.Sc
Dr. Ir. Hardjanto, M.S

TANAMAN ELEMEN LANSKAP SEBAGAI BIOFILTER UNTUK MEREDUKSI POLUSI TIMBAL (Pb) DI UDARA

Oleh:

Setyo Widagdo

setyo_widagdo@yahoo.com

Pendahuluan

Tanaman tidak hanya dapat diambil manfaatnya dari hasil fisik produksi bagian tanamannya saja. Manfaat tanaman juga dapat berupa peranan tanaman dalam menciptakan kenyamanan, membentuk estetika, dan mereduksi polusi.

Peranan tanaman dalam menciptakan kenyamanan, estetika, dan mereduksi polusi semakin berarti terutama pada ekosistem perkotaan. Aktivitas masyarakat perkotaan banyak menggunakan energi berupa bahan bakar fosil, yang menimbulkan efek samping berupa polusi.

Polusi dapat berupa emisi gas ataupun berupa partikulat. Selain itu, polusi juga dapat berupa energi panas atau radiasi sinar, dan kebisingan. Salah satu partikulat dari emisi kendaraan bermotor adalah timbal (Pb).

Pencemaran Pb di udara dapat mengganggu kondisi fisik dan mental manusia, sehingga perlu penanganan secara serius. Salah satu cara untuk mengatasi pencemaran adalah dengan konsep pertamanan. Tanaman merupakan komponen utama lanskap.

Tanaman mampu mengabsorpsi beberapa jenis polutan dengan efektif, sehingga dapat berperan dalam membersihkan atmosfer dari polusi. Polutan terabsorpsi terikat dalam proses metabolisme. Namun demikian, keefektifan tanaman dalam menyerap polutan akan semakin berkurang dengan peningkatan konsentrasi polutan. Dampak lanjutannya adalah terganggunya fungsi tanaman dalam lingkungan. Dengan demikian, ketahanan tanaman terhadap tingkat polutan menjadi faktor yang penting dalam pemilihan jenis tanaman pereduksi Pb di udara.

Tanaman sebagai elemen lanskap perlu dipilih dan ditempatkan berdasarkan pertimbangan fungsional dan estetis. Aspek fungsional tanaman

antara lain adalah kemampuan tanaman dalam memperbaiki kondisi lingkungan melalui kemampuannya menjerap polutan, sehingga tercipta suasana yang nyaman secara fisik. Aspek estetis adalah suasana yang nyaman secara visual yang diperlihatkan oleh penampilan jenis dan komposisi tanaman.

Makalah ini dimaksudkan untuk membahas tentang peranan tanaman dalam mereduksi polutan Pb di udara, dampaknya terhadap kondisi tanaman, dan implementasinya dalam perencanaan lanskap.

Jenis Pencemar Udara

Pencemaran udara adalah kondisi terdapatnya pencemar berupa debu, gas, uap, dan partikel-partikel dalam jangka waktu dan konsentrasi tertentu di dalam udara terbuka yang telah melampaui batas nilai maksimum yang berakibat buruk terhadap manusia, tanaman, dan hewan, ataupun terhadap benda lainnya (Wardana, 1995). Secara umum, zat pencemar udara dapat digolongkan ke dalam dua golongan yaitu gas dan partikel.

Kendaraan bermotor merupakan sumber pencemar bergerak yang menghasilkan CO, hidrokarbon, NO_x, SO_x, dan partikel. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, jumlah zat pencemar berupa gas maupun partikel akan meningkat pula (Kozlowski dan Mudd, 1995). Komposisi gas buangan yang dihasilkan kendaraan bermotor menurut jenis bahan bakar yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Gas Buangan dari Kendaraan Bermotor (dalam % volume)

Bahan Bakar	CO ₂	CO	O ₃	H ₂	HK	NO _x	Aldehida	SO _x
Bensin	9,0	4,0	4,0	2,0	0,5	0,06	0,004	0,006
Solar	9,0	0,1	0,0	0,03	0,02	0,04	0,002	0,02

Sumber: Suharsono (1996)

Bahan pencemar yang berbentuk partikel memiliki ukuran antara 0.01-100,00 µm dengan sumber utama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil (Widiriani, 1996). Salah satu partikel yang dihasilkan dari kendaraan bermotor adalah Pb.

Bahan tambahan bertimbang pada premium dan premix terdiri atas cairan anti letupan (*unknocking agent*) yang mengandung *scavenger* kimiawi, yang dimaksudkan untuk dapat mengurangi letupan selama proses pemampatan dan pembakaran di dalam mesin. Cairan anti letupan (*unknocking agent*) yang lazim dipakai adalah tetraetil Pb atau Pb(C₂H₅)₄, tetrametil Pb atau Pb(CH₃)₄ atau kombinasi/campurannya. *Scavenger* kimiawi umumnya berupa etilen dibromida (C₂H₄Br₂) dan etilen diklorida (C₂H₄Cl₂) ditambahkan agar dapat bereaksi dengan sisa senyawa Pb yang tertinggal di dalam mesin sebagai akibat dari pembakaran bahan anti letupan tersebut. Campuran/komposisi yang lazim ditambahkan terdiri atas 62% tetraetil Pb, 18% etilen dibromida, 18% etilen

diklorida, dan 2% bahan-bahan lainnya. Pb yang diemisikan oleh kendaraan bermotor terdiri dari PbBr_2 , PbCl_2 , $\text{Pb}_n\text{H}_2\text{Cl}$, PbO , PbO_3 , PbO_4 yang tidak larut dalam air. Jumlah Pb di udara dipengaruhi oleh volume atau kepadatan lalu lintas, jarak dari jalan raya dan daerah industri, percepatan mesin, dan arah angin (Treshow, *et al.*, 1989).

Pengaruh Udara Tercemar Pb terhadap Manusia

Timbal (Pb) berbahaya bagi kesehatan manusia. Kandungan Pb maksimal yang boleh terbawa bahan makanan yang disyaratkan WHO/FAO dan Ditjen POM adalah 2 ppm. Nilai ambang batas dalam darah yang ditetapkan WHO adalah 40mg/10ml. Timbal (Pb) dapat menyebabkan terjadinya keracunan akut dan kronis dalam tubuh manusia. Keracunan akut pada manusia menyebabkan peradangan mulut dan terjadinya perangsangan gastrointestinal yang disertai diare. Keracunan kronis mengakibatkan anemia, mual, dan kelumpuhan (Hamidah, 1980). Menurut Sumarwoto (1985), Pb dapat mengendap dalam jaringan otak dan tertimbun secara akumulatif.

Timbal (Pb) merupakan bagian dari partikel yang juga berbahaya bagi pertumbuhan tanaman. (Adiputro, *et al*, 1995). Tingginya kandungan Pb pada tumbuhan juga dipengaruhi oleh sedimentasi dan tumbukan (Treshow, *et al.*, 1989).

Peranan Vegetasi Mereduksi Polusi Pb di Udara

Vegetasi bermanfaat untuk merekayasa masalah lingkungan di perkotaan dan mengurangi polusi udara. Vegetasi sebagai pereduksi polutan dan untuk memperbaiki kualitas lingkungan ditempatkan sebagai elemen lanskap pada Ruang Terbuka Hijau Kota (RTHK). RTHK dapat berupa hutan kota yang meliputi taman-taman, tepi jalan, bangunan umum, lahan-lahan yang terbuka, kawasan industri, kawasan perdagangan dan kawasan perumahan (Irwan, 1997).

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 menjerap Pb dari udara, maka semakin banyak Pb dapat dibersihkan dari udara.

Respon Tanaman terhadap Udara Tercemar Pb

Kondisi udara yang terpolusi akan mempengaruhi lingkungan, termasuk vegetasi pada lanskap yang ditanam untuk menjebak polutan. Menurut Mansfield (1976), sebagian besar bahan-bahan pencemar udara mempengaruhi tanaman melalui daun. Jaringan daun terdiri dari epidermis, mesofil, dan berkas pembuluh. Mekanisme tanaman untuk bertahan dari zat pencemar udara adalah melalui pergerakan membuka dan menutup stomata dan proses detoksifikasi.

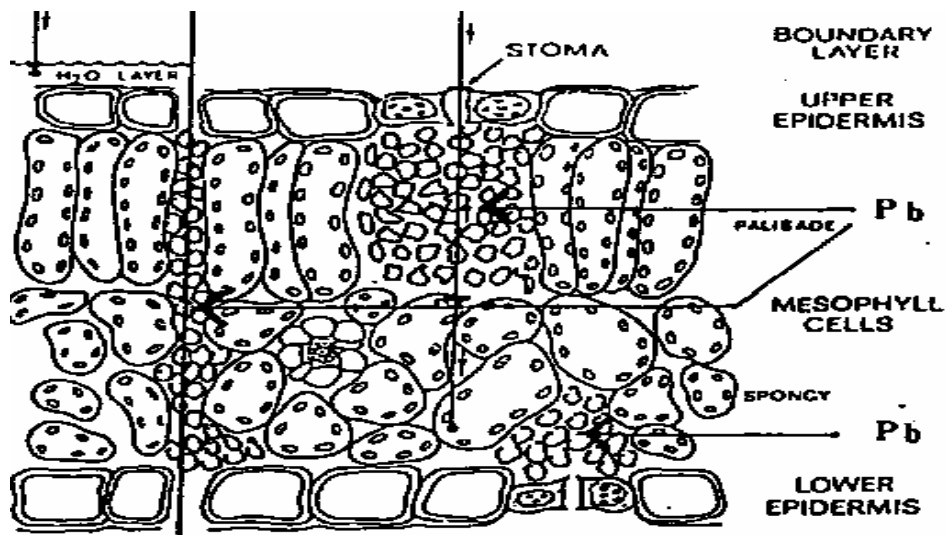
Masuknya partikel Pb ke dalam jaringan daun karena ukuran stomata daun yang cukup besar dan ukuran partikel Pb yang lebih kecil daripada ukuran stomata. Timbal (Pb) masuk ke dalam daun melalui proses penjerapan pasif. Akumulasi Pb di dalam jaringan daun akan lebih besar daripada bagian lainnya. Jumlah kandungan Pb dalam suatu jenis tanaman bervariasi menurut organ (Dahlan, 1989).

Partikel yang menempel pada permukaan daun berasal dari tiga proses yaitu (1) sedimentasi akibat gaya gravitasi (2) tumbukan akibat turbulensi angin, dan (3) pengendapan yang berhubungan dengan hujan. Celah stomata mempunyai panjang sekitar 10 μm dan lebar antara 2 –7 μm . Oleh karena ukuran Pb yang demikian kecil, yaitu kurang dari 4 μm dan rerata 0,2 μm maka partikel akan masuk ke dalam daun lewat celah stomata serta menetap dalam jaringan daun dan menumpuk di antara celah sel jaringan pagar/*palisade* dan atau jaringan bunga karang/*spongi tissue* (Smith, 1981). Oleh karena partikel Pb tidak larut dalam air, maka senyawa Pb dalam jaringan terperangkap dalam rongga antarsel sekitar stomata (Gambar 1). Logam Pb bersifat amfoter. Dalam suasana asam, Pb berupa ion Pb^{2+} dan sebaliknya pada suasana basa akan berubah menjadi $\text{Pb}(\text{OH})_4^-$. Karena bersifat amfoter, maka Pb akan lebih berbahaya pada daerah yang mempunyai keasaman air hujan yang tinggi. Pada suasana asam, Pb larut membentuk ion Pb^{2+} dengan demikian menjadi lebih mobil jika dibandingkan ketika Pb masih dalam bentuk partikel (Dahlan, 1989).

Tiap pohon mempunyai respon yang berbeda terhadap pencemar-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 (USDA Forest Service, 1973 dalam Rinawati, 1991).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pencemaran udara mengakibatkan menurunnya pertumbuhan dan produksi tanaman serta diikuti dengan gejala yang tampak (*visible symptoms*). Kerusakan tanaman karena pencemaran udara berawal dari tingkat biokimia (gangguan 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 terlihatnya gejala pada jaringan daun

seperti klorosis dan nekrosis (Malhotra dan Khan, 1984 *dalam* Treshow, *et al.* 1989).



Gambar1. Akumulasi partikel Pb pada jaringan daun

Smith (1981) menyebutkan bahwa sejumlah besar logam berat dapat terasosiasi dengan tumbuhan tinggi. Logam berat yang belum diketahui fungsinya dalam metabolisme tumbuhan antara lain adalah Pb, Cd, Ti, dll. Semua logam berat tersebut dapat berpotensi mencemari tumbuhan. Mekanisme pencemaran logam secara biokimia pada tumbuhan yang terbagi ke dalam enam proses yaitu: (1) logam mengganggu fungsi enzim, (2) logam sebagai anti metabolit, (3) logam membentuk lapisan endapan yang stabil (kelat) dengan metabolit esensial, (4) logam sebagai katalis dekomposisi pada metabolit esensial, (5) logam mengubah permeabilitas membran sel, (6) logam menggantikan struktur dan elektrokimia unsur yang paling penting dalam sel. 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, disamping juga dapat mengkatalis penguraiannya (Manahan, 1977).

Timbal (Pb) merupakan unsur logam yang pada umumnya menjadi katalis pada berbagai reaksi termasuk dengan enzim. Keadaan ini akan mempengaruhi membran biologi (baik sel maupun organel-organelnya). Fakta menunjukkan bahwa membran biologis tidak benar-benar impermeabel, membran tersebut memungkinkan terjadinya difusi ion dan molekul ditambah keberadaan enzim dalam membran tersebut yang secara langsung dapat mempengaruhi transportasi ion dan molekul untuk menyeberangi membran.

Mengel dan Kirby (1987) menyebutkan bahwa secara biokimia Pb berfungsi menghambat sistem enzim dalam mengkonversi asam amino dan pencemaran tumbuhan oleh Pb akan sangat membahayakan kesehatan dan mengurangi laju pertumbuhan tanaman. Kadar Pb normal dalam tumbuhan berkisar antara 2-3 ppm. Vegetasi di sekitar jalan raya dapat menjerap Pb sampai 50 ppm dimana Pb yang dijerap diakumulasikan dalam dinding sel. Nilai kisaran normal kandungan logam Pb pada tanaman kehutanan di Amerika Serikat berkisar antara 10-300 ppm (Smith, 1981).

Menurut Treshow *et al.* (1989), 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. Penurunan tersebut disebabkan zat pencemar merusak jaringan polisade dan bunga karang yang merupakan jaringan yang banyak mengandung klorofil-a dan klorofil-b.

Kemampuan tanaman menjerap Pb beragam antarjenis tanaman. Menurut Dahlan (2004), Damar (*Agathis alba*), Mahoni (*Swetenia macrophylla*), Jamuju (*Podocarpus imbricatus*), Pala (*Mirystica fragrans*), Asam landi (*pithecelobium dulce*), dan Johal (*Cassia siamea*) memiliki kemampuan sedang sampai tinggi dalam menurunkan Pb di udara. Glodogan tiang (*Polyalthea longifolia*), Keben (*baringtonia asiatica*), dan Tanjung (*Mimusops elengi*) memiliki kemampuan menjerap Pb rendah namun tidak peka terhadap pencemaran udara, sedangkan Daun Kupu-kupu (*Bauhinia purpurea*) dan Kesumba (*Bixa orellana*) memiliki kemampuan rendah dan tidak tahan terhadap pencemaran udara. Menurut Setiawati (2000), Kesumba (*Bixa orellana*) memiliki kemampuan menjerap Pb terkecil (29,01 µg/g) sedangkan Kirai payung (*Filicium. decipiens*) mempunyai kemampuan tertinggi (50.62 µg/g).

Implementasi dalam Perencanaan Lanskap

Vegetasi sebagai pereduksi Pb di udara dapat ditanam sebagai elemen lanskap pada Ruang Terbuka Hijau Kota (RTHK). Tanaman sebagai elemen lanskap perlu dipilih dan ditempatkan berdasarkan pertimbangan fungsional dan estetis. Aspek fungsional tanaman antara lain adalah kemampuan tanaman dalam menjerap Pb, sehingga tercipta suasana yang nyaman secara fisik. Aspek estetis adalah suasana yang nyaman secara visual yang diperlihatkan oleh penampilan setiap jenis dan komposisi tanaman.

Tanaman mampu mengabsorpsi Pb dari udara sehingga dapat berperan dalam membersihkan atmosfer dari polusi. Namun demikian, keefektivan tanaman dalam menjerap polutan sampai batas tertentu akan semakin berkurang dengan peningkatan konsentrasi polutan. Pada suatu batas ketahanan masing-masing jenis, tanaman juga menampakkan gejala kerusakan akibat polusi. Dampak lanjutannya adalah terganggunya fungsi tanaman dalam lingkungan.

Selain itu, kerusakan tanaman akibat terpapar Pb juga menyebabkan pertumbuhan dan penampilan tanaman yang tidak optimal, berupa terjadinya nekrosis, klorosis dan terhambatnya pertumbuhan tanaman. Kondisi tersebut menyebabkan penampilan tanaman yang tidak estetik. Kemampuan tanaman mereduksi Pb sangat bervariasi menurut jenisnya.

Guna menciptakan kondisi lingkungan yang bersih dari Pb dan kondisi tanaman yang tetap tampak estetik, maka pemilihan jenis tanaman yang mampu menyerap dan tahan terhadap Pb menjadi faktor yang sangat sangat menentukan.

Menurut Dibyosuwarno (1986), dalam memilih jenis tanaman untuk penghijauan kota perlu memperhatikan aspek-aspek ekologi, khususnya mengenai kemampuan tumbuh-tumbuhan tersebut memperbaiki lingkungan hidup. Fakuara (1986) menyatakan bahwa untuk menyerap polutan, maka jenis tanaman yang dapat dipakai adalah tanaman yang mempunyai sifat: (1) mempunyai stomata yang banyak, (2) mempunyai ketahanan tertentu terhadap polutan tertentu, dan (3) mempunyai tingkat pertumbuhan yang cepat.

Selain pemilihan jenis yang tepat, faktor penting untuk tanaman lanskap pereduksi Pb adalah kombinasi dan penataannya. Partikel Pb dari emisi kendaraan bermotor mempunyai diameter antara 0.004 – 1.00 μm dengan rerata 0.2 μm . Partikel yang besar akan jatuh, sedangkan partikel yang lebih kecil akan melayang lebih lama dan akhirnya jatuh ke permukaan daun atau ke tanah. Dengan demikian, tingkat dan sebaran polutan beragam antarketinggian dari permukaan tanah sedangkan jumlah dan sebaran daun tanaman beragam antara tajuk dan batang. Untuk mengatasi kondisi tersebut, dapat dilakukan dengan kombinasi jenis tanaman, sehingga polutan yang melayang lebih tinggi dapat dijerap oleh pepohonan, sedangkan yang melayang pada ketinggian yang lebih rendah atau jatuh dijerap oleh semak dan tanaman penutup tanah.

Dengan jenis tanaman yang tahan terhadap Pb disertai kombinasi dan komposisi tanaman yang berlapis, maka keefektifan tanaman sebagai biofilter untuk mereduksi Pb dapat ditingkatkan. Dengan demikian, Pb di udara dapat semakin banyak dijerap, dan penampilan tanaman sebagai elemen lanskap tetap estetik.

Daftar Pustaka

- Adiputro, B.S., N.S.W. Karliansyah, dan H.D.W. Wardana. 1995. Klorofil Tumbuhan sebagai Bioindikator Pencemaran Udara. *Lingkungan dan Pembangunan* 15(2): 233-248.
- Dahlan, E.N. 1989. Dampak Pencemaran Udara terhadap Manusia dan beberapa Komponen Sumber Daya Alam. *Media Konservasi*. Vol II (2):39-44.
- Dahlan, E.N. 2004. *Membangun Kota Kebun Bernuansa Hutan Kota*. IPB Press. Bogor. 226 halaman.

- Dibyosuwarno, S. 1986. Pemilihan Jenis Tanaman untuk Penghijauan Kota. Rimba Indonesia Vol. XX No. 4. Persatuan Peminat dan Ahli Kehutanan. Bogor.
- Dochinger, L.S. 1980. Interception of Air Particles by Tree Plantings. J. Environment. Qual. Vol. 9:265-268.
- Fakuara, M.Y. 1986. Hutan Kota: Peranan dan Permasalahannya. Jurusan Manajemen Hutan. Fakultas Kehutanan, IPB. Bogor.
- Hamidah. 1980. Keracunan yang Disebabkan oleh Timah Hitam. *Pewarta Oceana* VI(2):59-60
- Irwan, Z.D. 1997. Peranan Bentuk dan Struktur Hutan Kota terhadap Kualitas Lingkungan Kota. Disertasi Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Kozlowski, T.T. dan J.B. Mudd. 1995. Responses of Plant to Air Pollution. Akademik Press. London
- Manahan, S.E. 1977. Environmental Chemistry. Longman Chesire, London.
- Mansfield, T.A. 1976. Effect of Air Pollution on Plants. Cambridge University. Cambridge, London.
- Mengel K. dan E.A. Kirby. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. New York.
- Rinawati., D. 1991. Pengaruh Pencemaran Udara di Jalan Pramuka Jakarta terhadap Kondisi Fisik dan Struktur Anatomi daun dari Anakan Beberapa Jenis Pohon. Jurusan Konservasi Hutan, Fakultas kehutanan, IPB. Bogor.
- Setiawati, K. 2000. Studi Toleransi Jenis Pohon Tepi jalan terhadap Pencemaran Udara Emisi kendaraan Bermotor. Tesis Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Smith, J. 1981. Air Pollution and Plant Life. John Willey & Sons Ltd. Chichester, New York.
- Suharsono, H. 1996. Dampak pada Kualitas Udara dan Kebisingan. Makalah Kursus Amdal. PPLH-LP IPB. Bogor.
- Sumarwoto, O. 1985. Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan. Djambatan. Jakarta. 355 halaman,
- Treshow, *et al.* 1989. Plant Stress from Air Pollution. John Willey & Sons, Ltd. Chichester, New York
- Wardana, W.A. 1995. Dampak Pencemaran Lingkungan. Andi Offset. Yogyakarta.
- Widiriani. 1996. Kandungan Pb pada Tanaman Teh dan Tanah di Perkebunan Gunung Mas Bogor. Tesis. Program Pascasarjana IPB. Bogor. 89 halaman.