

DISERTASI

**POTENSI AKUMULASI TIMBAL(Pb) PADA BEBERAPA
JENIS VEGETASI PENYUSUN RUANG TERBUKA HIJAU
UNTUK REDUKSI POLUSI UDARA KOTA MAKASSAR**

***LEAD ACCUMMULATION POTENTIAL ON DIFFERENT GREEN OPEN
SPACE VEGETATION IN ORDER TO REDUCE AIR POLLUTION IN
THE CITY OF MAKASSAR***

SRI SUHADIYAH

P 0100308011



PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2013

**POTENSI AKUMULASI TIMBALPADA BEBERAPA JENIS
VEGETASI PENYUSUN RUANG TERBUKA HIJAU UNTUK
REDUKSI POLUSI UDARAKOTA MAKASSAR**

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Doktor

**Program Studi
Ilmu Pertanian**

Disusun dan Diajukan Oleh

SRI SUHADIYAH

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

Disertasi

**POTENSI AKUMULASI TIMBAL PADA BEBERAPA JENIS VEGETASI
PENYUSUN RUANG TERBUKA HIJAU UNTUK REDUKSI POLUSI
UDARAKOTA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

SRI SUHADIYAH

Nomor Pokok P 0100308011

Menyetujui

Komisi Penasehat,

Prof. Dr. Ir. Djamal Sanusi
Promotor

Prof. Dr. Ir. Samuel Paembonan, M.Agr.
Co-Promotor

Dr. Roland A. Barkey
Co-Promotor

Program Pascasarjana
Hasanuddin,

Prof. Dr. Ir. Mursalim, M.Sc.

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Sri Suhadiyah

Nomor Mahasiswa : P0100308011

Program Studi : Ilmu Pertanian

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya.

Makassar, Agustus 2013
Yang Menyatakan

Sri Suhadiyah

PRAKATA

Bismillahirrahmanirohim

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Illahi Rabbi Allah SWT, yang atas kehendak-NYA hingga penulisan disertasi dapat diselesaikan dengan baik. Judul penelitian adalah **Potensi Akumulasi Timbal Pada Beberapa Jenis Vegetasi Penyusun Ruang Terbuka Hijau Untuk Reduksi Polusi Udara Kota Makassar.**

Penyusunan disertasi ini dapat diselesaikan dengan baik, atas arahan dan bimbingan yang tulus ikhlas dari Tim Komisi Penasehat dan Penguji, serta keterlibatan berbagai pihak yang telah ikut serta mendukung penulis. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menghanturkan banyak terima kasih kepada:

1. Prof.Dr.Ir. Djamal Sanusi, M.Sc. sebagai Promotor, Prof. Dr. Ir. Samuel A. Paembonan, M.Sc sebagai co-Promotor, dan Dr. Ir. Roland A. Barkey sebagai co-Promotor, atas bimbingan dan arahan mulai dari pembuatan proposal hingga penyusunan disertasi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Musrizal Muin, M.Sc., Dr. Paulina Taba, M.Sc., Dr. Eddy Soekendarsi, M.Sc dan Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Ardy, M.S, sebagai tim penguji yang telah meluangkan waktu dan memberikan arahan demi kesempurnaan penulisan disertasi ini.
3. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional yang telah membantu pembiayaan dana pendidikan BPPS selama pendidikan.
4. Direktur Pascasarjana beserta seluruh stafnya yang telah memberikan bantuannya.
5. Rektor Universitas Hasanuddin dan Dekan FMIPA Unhas, Dekan Fakultas Kehutanan, Ketua Jurusan Biologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kesempatan untuk melanjutkan Pendidikan

Program Doktor (S3) pada Program Sistem-Sistem Pertanian Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

6. Prof. Ir. M. Saleh Ali, MSc., Ph.D, sebagai Ketua Program Sistem-Sistem Pertanian dan Bapak/Ibu Dosen atas bantuannya selama perkuliahan.
7. Direktur jendral pendidikan tinggi yang telah memberikan bantuan beasiswa BPPS dan memberikan kesempatan bagi penulis untuk mengikuti program sandwich S3 di Griffith University Brisbane Australia tahun 2010.
8. Kepala Biro Administrasi Universitas Hasanuddin beserta staf, Kepala Dinas Pertamanan dan Kebersihan Kota Makassar beserta staf, Kepala Badan Lingkungan Hidup Daerah Kota Makassar beserta staf, Kepala Bagian Keselamatan dan Lingkungan Kerja (BK3), PT. Pertamina Regional V Makassar atas bantuan dan kerja samanya dalam memberikan izin dan penelitan di Makassar.
9. Kepala Laboratorium Botani Jurusan Biologi FMIPA UNHAS beserta staf dan Kepala laboratorium Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNHAS beserta staf,
10. Rekan-rekan seangkatan 2008 atas kerjasamanya melewati proses perkuliahan.
11. Rekan-rekan Dosen Jurusan Biologi FMIPA UNHAS yang telah memberikan banyak sumbangan pemikiran dan dukungan doa.
12. Supervisor dan rekan-rekan program sandwich S3 di Griffith University Brisbane Australia.
13. Rekan-rekan seperjuangan Dr. Melewanto Patabang, S.Hut., M.Si., Dr. Elis Tambaru, M.Si, Dr Juhriah, M.Si., Astuti Arif, S.Hut M.Si., Ir.Asarsaid Mahbub, MP., Ir, Baharuddin, MP., yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan selama perkuliahan sampai penyelesaian disertasi.
14. Ibu Nani Kusminingrum (Staf PU-Bandung), Ibu Sitti Mudaliyah, S.Si (Staf Laboratorium EIJKMAN Jakarta), Ibu Eka (Staf LIPI Cibinong),

Ibu Inggit Puji Astuti, M.Si (Staf Kebun Raya Bogor), Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, M.Sc (Staf Pengajar Teknik Lingkungan ITS), Ibu Ir. Sitti Widyatsari, MT (Staf PU-Pusat), Bapak Dr, Samsuddin Liong, M.Si, Ibu Dr. H. Nursiah Lanafie, M.Si, dan Surni, S.Si yang telah memberikan bantuan dan dorongan dalam penelitian ini.

15. Suamiku terkasih Prof.Dr.Ir. Ananto Yudono,M.Eng dan Anakku sayang Adipandang Yudono, S.Si., MRUP, Dianing Galih Yudono, ST., M.Sc dan Karina Yudono, ST serta anak menantu Raiza Mahardika Nurmasanto, ST, M.Sc,Yulia Dian Nugraheni, STterimakasih atas doa, kasih sayang, dan keikhlasan.
16. Seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan, namun tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhirnya semoga Allah SWT meridhoi tulisan ini, memuliakan orang yang berilmu dan bermanfaat untuk pengembangan ilmu, keselamatan bagi manusia dan khususnya menjadi berkah bagi penulis.

Makasar, Agustus 2013

Sri Suhadiyah

Abstrak

Sri Suhadiyah. Potensi Akumulasi Timbal Pada Beberapa Jenis Vegetasi Penyusun Ruang Terbuka Hijau Untuk Reduksi Polusi Udara Kota Makassar (dibimbing oleh **Djamal Sanusi, Samuel A. Paembonan dan Roland A. Barkey**).

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui jumlah timbal yang teradsorpsi dan yang terabsorpsi pada daun kersen (*Muntingia calabura*L.), waru (*Hibiscus tiliaceus* L.), mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.), glodogan tiang (*Polyalthia longifolia* Bent & Hook. F. var *Pendula*), glodogan piramid (*Polyalthia celebica* miq.), tanjung (*Mimusops elengi* L.), dan ki hujan (*Samanea saman*, (Jacq.) Merr.), (2) mengetahui jenis pohon yang daunnya paling banyak mengakumulasi timbal, (3) mengetahui pengaruh jumlah trikوماتa dan jumlah stomata terhadap akumulasi timbal.

Penelitian ini telah dilakukan di jalan yang padat kendaraan berdasarkan data dari Dinas Perhubungan yaitu Jalan AP Pettarani dan Kampus Unhas (Kontrol) di Kota Makassar Provinsi Sulawesi Selatan. Pengambilan data dilakukan berdasarkan *purposive sampling* dengan metode pengabuan basah dan menggunakan peralatan AAS (*Atomic Absorpsi Spectrophotometri*). Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis regresi.

Hasil penelitian menunjukkan rata-rata akumulasi Pb yang terabsorpsi di Jalan AP. Pettarani lebih tinggi dibandingkan di Kampus UNHAS yaitu daun kersen 9,3519 $\mu\text{g/g}$, daun waru 6,9445 $\mu\text{g/g}$, daun mahoni 6,6204 $\mu\text{g/g}$, daun glodogan tiang 3,8426 $\mu\text{g/g}$, daun glodogan pyramid 3,6574 $\mu\text{g/g}$, daun tanjung 4,3055 $\mu\text{g/g}$ dan daun ki hujan 3,1481 $\mu\text{g/g}$ sedangkan di kampus UNHAS yaitu daun kersen 4,8082 $\mu\text{g/g}$, daun waru 6,0714 $\mu\text{g/g}$, daun mahoni 6,4815 $\mu\text{g/g}$, daun glodogan tiang 3,1481 $\mu\text{g/g}$, daun glodogan pyramid 3,3796 $\mu\text{g/g}$, daun tanjung 4,0278 $\mu\text{g/g}$, dan daun ki hujan 1,6667 $\mu\text{g/g}$. Kemampuan tanaman dalam menyerap dan menjerap polutan dipengaruhi oleh morfologi dan fisiologi daun .serta jumlah polutan yang ada pada lingkungan pohon tersebut. Kersen, waru dan mahoni lebih berpotensi mengakumulasi timbal serta trikوماتa lebih berpengaruh dalam mengakumulasi timbal di bandingkan stomata.

Abstract

Sri Suhadiyah. Lead Accumulation Potential On Different Green Open Space Vegetation In Order To Reduce Air Pollution In The City Of Makassar (Supervised by **Djamal Sanusi, Samuel A. Paembonan, and Roland A. Barkey**).

This study was aimed to (1) find out the adsorption and absorption rate of lead (Pb) on the leaves of *Muntingia calabura* L., *Hibiscus tiliaceus* L., *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq., *Polyalthia longifolia* Bent & Hook F. var *Pendula*, *Polyalthia celebica* Miq., *Mimusops elengi* L., and *Samanea saman*, (Jacq.) Merr., (2) find out the vegetation types with leaves that accumulate highest number of lead (Pb), (3) find out the influence of trichome and stomata abundance on lead accumulation.

This study was conducted in two vehicle-crowded roads based on the data from transportation services, namely AP Pettarani and Hasanuddin University (control) roads in Makassar city, South Sulawesi province of Indonesia. Data were collected using purposive sampling with wet ashing and atomic absorption spectrophotometry assessment. The collected data were analyzed by regression analysis.

Study results indicated that average Pb absorption accumulation in AP Pettarani street was higher compared to those in Hasanuddin University *Muntingia calabura* 9.3519 $\mu\text{g/g}$, 4.8082 $\mu\text{g/g}$; *Hibiscus tiliaceus*, 6.9445 $\mu\text{g/g}$ vs. 6.0714 $\mu\text{g/g}$; *Swietenia mahagoni*, 6.6204 $\mu\text{g/g}$ vs. 6.4815 $\mu\text{g/g}$; *Polyalthia longifolia*, 3.8426 $\mu\text{g/g}$ vs. 3.1481 $\mu\text{g/g}$; *Polyalthia celebica*, 3.6574 $\mu\text{g/g}$ vs. 3.3796 $\mu\text{g/g}$; *Mimusops elengi*, 4.3055 $\mu\text{g/g}$ vs. 4.0278 $\mu\text{g/g}$; *Samanea saman*, 3.1481 $\mu\text{g/g}$ vs. 1.6667 $\mu\text{g/g}$. The ability of a plant to absorb pollutants is influenced by the morphology and physiology of its leaves as well as the number of pollutants in the trees environment. *Muntingia calabura*, *Hibiscus tiliaceus*, and *Swietenia mahagoni* were more potentially accumulate leads and thricomes have more significant influence in accumulating leads compared to stomata.

DAFTAR ISI

JUDUL	Hal
LEMBAR PENGAJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	Xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Pembatasan Masalah	6
C. Perumusan Masalah	7
D. Tujuan Penelitian	8
E. Manfaat Penelitian	9
F. Kebaruan (Novelty)	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Gambaran Umum Kota Makassar	11
B. Pencemaran Udara	12

C.	Partikulat	13
D.	Pengertian Potensi, Akumulasi, Bioremediasi, Vegetasi, Kerapatan dan Ruang Terbuka Hijau (RTH)	14
E.	Ruang Hijau dalam Pengendalian Pencemaran dan Iklim Mikro	16
F.	Fitoremediasi	19
G.	Aditif dan Gasolin	19
H.	Logam Berat Timbal	23
I.	Pengaruh Akumulasi Timbal Terhadap Tumbuhan dan Manusia	26
J.	Peranan Tanaman Dalam Menurunkan Kandungan Timbal Udara	30
K.	Kriteria Jenis Pohon Untuk Mereduksi Timbal Udara	31
L.	Deskripsi Tanaman Penelitian	37
M.	Kerangka Pikir Penelitian	49

BAB III METODE PENELITIAN

A.	Waktu dan Lokasi Penelitian	49
B.	Alat dan Bahan	54
C.	Jenis Data	55
D.	Metode Penelitian	55
E.	Analisi Data	67
F.	Hipotesis	67
G.	Bagan Alir Penelitian	68

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A.	Hasil	69
1.	Morfologi dan Anatomi Daun Tanaman Penelitian	69
2.	Timbal Jerapan (Adsorpsi)	76
3.	Timbal Serapan (Absorpsi)	77
4.	Luas Daun	84
5.	Jumlah Stomata Daun	86
6.	Jumlah Trikomata	87
7.	Volume Kerimbunan Daun	89
8.	Ketebalan Daun	92
9.	Hasil Foto Transmission Electron Microscopy	92
10.	Timbal Udara dan Parameter Lingkungan	94
11.	Kepadatan Kendaraan Bermotor	95
12.	Volume Jalan Penelitian	98
B	Pembahasan	99
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		130
DAFTAR PUSTAKA		132
LAMPIRAN		140

DAFTAR TABEL

	Tabel	Hal
1.	Proses penurunan kandungan TEL pada vahan bakar gasolina produksi pertama	20
2.	Pola kebijakan dalam menopang program langit Biru Pola I	20
3.	Pola kebijakan dalam menopang program langit Biru Pola II	21
4.	Konsentrasi Pb Adsorpsi Rata-Rata Dalam 50 mL Air Cucian Daun	77
5.	.Konsentrasi Pb Absorpsi Rata-Rata Dalam 5 g Berat Kering Sampel	80
6.	Konsentrasi Pb Absorpsi Perlembar Daun	81
7.	Konsentrasi Pb Absorpsi dalam 50 g Berat Basah Sampel Daun	82
8.	Konsentrasi Adsorpsi dan Absorpsi Pb di Daun	83
9.	Luas Daun Rata-Rata	85
10.	Jumlah Stomata Rata-Rata	86
11.	Jumlah Trikomata Rata-Rata	88
12.	Rata-Rata Volume Kerimbunan Daun	89
13.	Volume Perlembar Daun dan Prediksi Akumulasi Pb Perpohon	91
14.	Ketebalan Daun Sampel Penelitian	92
15.	Konsentrasi Pb Udara, Suhu, Kelembaban, dan Kecepatan Angin di Jalan AP. Pettarani dan Kampus Unhas	94
16.	Rata-Rata Kendaraan Di Lokasi Penelitian	96
17.	Rata-Rata Kepadatan Kendaraan Roda Dua dan Roda Empat Per Hari Dalam Seminggu	97

DAFTAR GAMBAR

	Gambar	Hal
1.	Kersen (<i>Muntingia calabura</i> L.), A: Habitus (Pohon), B: Tangkai, 1: Daun (<i>Folium</i>), 2: Bunga (<i>Flos</i>), 3: Buah (<i>Fructus</i>) Muda, 4: Buah (<i>Fructus</i>) Masak	36
2.	Waru (<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.), 1: Habitus (Pohon), 2: Daun, (<i>Folium</i>), 3: Bunga (<i>Flos</i>)	39
3.	Mahoni (<i>Swietenia mahogoni</i> Jacq.), A: Habitus (Pohon), B: Daun Majemuk, 1: Anak Daun, 2: Buah	41
4.	Glodogan tiang (<i>Polyalthia longifolia</i> Benth. & Hook. f. var <i>Pendula</i>), 1: Habitus (Pohon), 2: Daun (<i>Folium</i>), 3: Bunga (<i>Flos</i>), 4: Biji (<i>Sperma</i>)	42
5.	Glodogan piramid (<i>Polyalthia celebica</i> Miq.), 1: Habitus (Pohon), 2: Daun (<i>Folium</i>), 3: Bunga (<i>Flos</i>), 4: Biji (<i>Sperma</i>)	43
6.	Tanjung (<i>Mimusops elengi</i> L.), 1: Habitus (Pohon), 2: Daun (<i>Folium</i>), 3: Bunga (<i>Flos</i>), 4: Buah (<i>Fructus</i>)	44
7.	Ki Hujan (<i>Samanea saman</i> Jacq. Merr), A: Habitus (Pohon), B: Daun Majemuk, 1: Anak Daun, 2: Bunga	46
8.	Kerangka Konseptual	48
9.	Peta Lokasi Penelitian di Jl. AP. Pettarani	50
10.	Stasiun 1 Pengambilan Sampel Jalan AP. Pettarani	51
11.	Stasiun 2 Pengambilan Sampel Jalan AP. Pettarani	51
12.	Stasiun 3 Pengambilan Sampel Jalan AP. Pettarani	51
13.	Peta Lokasi Penelitian Kampus	52
14.	Stasiun 1 Pengambilan Sampel Kampus Unhas	53
15.	Stasiun 2 Pengambilan Sampel Kampus Unhas	53
16.	Stasiun 3 Pengambilan Sampel Kampus Unhas	53

17. Bagan Alir Penelitian	68
18. Kersen (<i>Muntingia calabura</i>). (a) Habitus: Pohon, (b) Daun, (c) Trikomata, (d) Stomata, (e) Ketebalan Pangkaldaun, (f) Ketebalan Ujung daun	69
19. Waru (<i>Hibiscus tiliaceus</i>). (a) Habitus: Pohon, (b) Daun, (c) Trikomata, (d) Stomata, (e) Ketebalan Pangkaldaun, (f) Ketebalan Ujung daun	70
20. Mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i>). (a) Habitus: Pohon, (b) Daun, (c) Trikomata, (d) Stomata, (e) Ketebalan Pangkal daun, (f) Ketebalan Ujung daun	71
21. Glodogan Tiang (<i>Polyalthia longifolia</i>). (a) Habitus: Pohon, (b) Daun, (c) Stomata, (d) Trikomata, (e) Ketebalan Pangkaldaun, (f) Ketebalan Ujung daun	72
22. Glodogan Piramid (<i>Polyalthia celebica</i>). (a) Habitus: Pohon, (b) Daun, (c) Trikomata, (d) Stomata, (e) Ketebalan Pangkaldaun, (f) Ketebalan Ujung daun	73
23. Tanjung (<i>Mimusops elengi</i>). (a) Habitus: Pohon, (b) Daun, (c) Trikomata, (d) Stomata, (e) Ketebalan Pangkaldaun, (f) Ketebalan Ujung daun	74
24. Ki Hujan (<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.). (a) Habitus: Pohon, (b) Daun, (c) Trikomata, (d) Stomata, (e) Ketebalan Pangkaldaun, (f) Ketebalan Ujung daun	75
25. Foto Anatomi TEM daun <i>H. tiliaceus</i> , Pb pada Vakuola daun	92
26. Foto Anatomi TEM daun <i>M. calabura</i> , Pb pada Vakuola daun	93
27. Foto Anatomi TEM daun <i>S. mahagoni</i> , Pb pada Vakuola daun	93
28. Jumlah Kendaraan Di Lokasi Penelitian	95
29. Rata-Rata Kepadatan Kendaraan Bermotor dalam Satu Minggu	97
30. Konsentrasi Pb Serapan (absorpsi) Sampel Daun Penelitian dalam 5 g Berat Kering.	100
37. Volume Krimbunan Daun Tanaman Sampel Penelitian	122

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
ALAD	Delta Amino Levulinic Acid Dehidratase
AAS	Atomic Absorbtion Spectrophotometer
BK3	Balai Kesehatan dan Keselamatan Kerja
BBM	Bahan Bakar Minyak
BPS	Badan Pusat Statistik
BSN	Badan Standar Nasional
C	Karbon
°C	Derajat Celcius
Cm	Centimeter
CCL ₄	Carbon tetrachloride
C ₃ H ₄ OH (COONH ₄) ₃	Ammonium citrate
Ca ²⁺	Ion Kalsium
C ₂ H ₄ Cl ₂	Etilen Dichlorida
-COOH	Gugus Asam Karboksilat
-NH ₂	Gugus Asam Amino
C ₂ H ₂ Br ₂	Etilen Bromida
DI	Desiliter
Et. Al	Et alii (Dan Kawan-Kawan)
FMIPA	Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
G	Gram
H	Hidrogen
Hb	Hemoglobin
HCl	Asam Chlorida
H ₂ O ₂	Hidrogen Peroksida
HVAS	High Volume Air Sampler
HNO ₃	Asam Nitrat

IQ	Intelligence quotient
Km ²	Kilometer kuadrat
KTT	Konferensi Tingkat Tinggi
LIPI	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
M	Meter
Mg	Miligram
mg/dl	Miligram per Desiliter
ml	Mililiter
Mm	Millimeter
Ppm	Part Per Million (Bagian Per Sejuta)
Pb	Plumbum (Timbal)
Pb(C ₂ H ₅) ₄	Timbal Tetraetil
Pb(CH ₃) ₄	Tetrametil Timbal
Pb ²⁺	Ion Plumbum (Ion Timbal)
PbCl ₂	Lead (II) Chloride
R	Koefisien korelasi
r ²	Jari-Jari Kuadrat
RTH	Ruang Terbuka Hijau
RT	Ruang Terbuka
SPBU	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum
TSP	Total Partikulat Tersuspensi
TEM	Transmission Electron Microscopy
USEPA	United States Environmental Protection Agency
WHO	World Health Organization
°	Derajat
µm	Mikrometer
%	Persen
ØH	Diameter Horizontal
ØV	Diameter Vertikal
π	Phi

Rh

Rheamur Humadity

μg

Mikrogram

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pembangunan kota lebih banyak dicerminkan oleh adanya perkembangan fisik berupa bangunan sarana dan prasarana. Dengan peningkatan pembangunan tersebut mengakibatkan berkurangnya lahan yang seharusnya untuk penghijauan. Hal tersebut dapat menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan sehingga udara menjadi tercemar.

Makassar merupakan kota metropolitan di Indonesia Bagian Timur yang masuk jajaran kota besar, dengan permasalahan dalam peningkatan jumlah kendaraan bermotor, dan menimbulkan berbagai dampak pencemaran udara. Ada beberapa pencemar utama dari kendaraan bermotor di Indonesia yaitu partikulat, sulfur dioksida (SO₂), ozon (O₃), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), hidrokarbon (HC) dan timbal (Pb). Peningkatan jumlah kendaraan bermotor menyebabkan tingginya tingkat kemacetan di sejumlah ruas jalan, yang berdampak pada peningkatan polutan di udara. Menurut Kusminingrum dan Gunawan (2008) perkembangan prasarana lalu lintas di perkotaan Indonesia mencapai 15% per tahun. Transportasi di kota-kota besar merupakan sumber pencemaran udara yang terbesar, dan diperkirakan berkisar 70%

pencemaran udara di perkotaan disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor.

Bappenas yang bekerjasama dengan Asean Development Bank dan Swiss Contact (2006), menyatakan bahwa pertumbuhan kendaraan yang pesat terkait langsung dengan kondisi sistem transportasi yang kurang nyaman. Tingginya laju pertumbuhan penduduk berdampak pada peningkatan jumlah transportasi sebagai sarana aktivitas dalam pemenuhan kebutuhan hidupnya. Data dari Dinas Perhubungan Kota Makassar (2010) menunjukkan adanya peningkatan jumlah kendaraan bermotor, pada tahun 2008 tercatat 360.122 unit, pada tahun 2009 tercatat 421.219 unit, pada tahun 2010 tercatat 443.230 unit dan pada tahun 2011 tercatat 465.411 unit kendaraan.

Permasalahan pencemaran udara khususnya timbal telah mengkhawatirkan di beberapa kota besar seperti Jakarta, Bandung, Semarang, Surabaya, dan Makassar. Hal ini didasarkan pada beberapa hasil pemantauan kualitas udara dengan parameter timbal yang terkandung dalam bensin (Zaenab, 2009). Timbal merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena bersifat *neurotoksin* racun penyerang syaraf yang bersifat akumulatif, *karsinogenik*, dapat menyebabkan mutasi gen, terurai dalam jangka waktu yang lama dan toksisitasnya yang tidak berubah (Brass dan Strauss, 1981 dalam Sembiring dan Endah, 2006). Timbal dapat mencemari udara, tanah, air, tumbuhan, hewan dan manusia. Masuknya timbal ke tubuh

manusia dapat melalui tanaman yang biasa dikonsumsi manusia seperti padi, teh, buah dan sayuran. Ahmad (1994) melaporkan bahwa beberapa jenis sayuran yang ditanam di pinggir jalan di kota besar mengakumulasi timbal di daunnya. Hasil penelitian buah-buahan seperti anggur, apel dan belimbing yang dijual di pinggir jalan menunjukkan bahwa buah yang kulitnya lebih tipis mengandung timbal yang lebih tinggi.

Selain melalui makanan, timbal dapat masuk ke tubuh manusia melalui sistem pernafasan. Sekitar 25-50% timbal akan diserap oleh paru-paru karena ukurannya yang kecil (kurang dari $0,5 \mu\text{m}$) sehingga lebih mudah diserap oleh *alveoli* (Francis, 1994 dalam Sembiring dan Endah, 2005). Akumulasi timbal pada anak-anak di bawah usia 12 tahun dapat mengakibatkan penurunan IQ. Selain itu timbal dapat menghambat pertumbuhan otak, menurunkan kemampuan belajar dan membaca, kurangnya pendengaran, gagap, dan kecenderungan menggunakan kekerasan. Pada orang dewasa, timbal dapat menyebabkan penyakit yang berkenaan dengan kardiovaskular, tekanan darah tinggi, serangan jantung, kerusakan paru-paru, gangguan sistem reproduksi, keguguran dan bahkan menimbulkan kanker. (Ghai *et al.*, 2003; Lestari, 2005, Ebadi *et al.*, 2005).

Di Indonesia, sebagian besar Bahan Bakar Minyak (BBM) masih mengandung timbal. Penelitian Diklat Minyak dan Gas Cepu yang telah dilakukan di Surabaya, menemukan kandungan timbal yang relatif sangat tinggi di SPBU wilayah Surabaya Barat, dengan besaran kandungan

0,79 ppm hingga 3 ppm. Menyusul Surabaya Timur dan Surabaya Selatan yang mencapai 0,599 ppm hingga 2 ppm, serta Surabaya Pusat mencapai 0,599 ppm hingga 1 ppm. Kandungan timbal terendah terdapat di SPBU Surabaya Utara dengan kandungan 0,599 ppm hingga 0,81 ppm (<http://www.kabarbisnis.com>. 2009). Mengingat sebagian besar yaitu (70-80%) timbal dalam BBM akan dikeluarkan sebagai partikulat ke udara (Francis, 1994 *dalam* Sembiring dan Endah, 2006), maka jumlah kandungan timbal dalam BBM di Surabaya secara tidak langsung mengindikasikan besarnya emisi timbal di Kota Surabaya.

Melihat besarnya dampak negatif timbal terhadap manusia maka diperlukan tindakan untuk mereduksi timbal udara, dengan cara menggunakan bahan bakar bebas timbal, merubah kultur kerja masyarakat. Cara lain yang dapat digunakan untuk mereduksi timbal di udara adalah dengan menggunakan tumbuhan sebagai agen bioremediasi. Tumbuhan dapat dikatakan sebagai agen bioremediasi untuk mereduksi timbal di udara bila tumbuhan tersebut mampu menyerap timbal namun tidak menunjukkan gejala kerusakan yang signifikan (Larcher, 1995). Ahluwalia dan Goyal (2005) *dalam* Liong (2010) melaporkan bahwa ada beberapa proses yang dapat digunakan untuk mengurangi polusi logam berat yaitu penyerapan, pengendapan, koagulasi, penukaran kation, sementasi, elektrodialisis, dan osmosis balik. Aiyen (2005) *dalam* Liong (2010) menyatakan beberapa tanaman mempunyai kemampuan yang sangat tinggi untuk menghilangkan

berbagai pencemaran yang ada (*multiple uptake hyperaccumulator plant*), dan memiliki kemampuan menghilangkan pencemaran yang bersifat tunggal (*specific uptake hyperaccumulator*).

Menurut Kusminingrum dan Gunawan (2008), Konsep Ruang Terbuka Hijau (RTH), merupakan konsep dimana tanaman merupakan komponen utama yang bermanfaat sebagai filter alami untuk mereduksi polusi udara di perkotaan. Daun dari pepohonan mampu menurunkan konsentrasi berbagai polutan di udara. Menurut Smith (1981) dalam Widagdo (2005), kemampuan daun untuk menangkap partikel sangat dipengaruhi keadaan permukaan daun, yaitu kehalusan, kelicinan, dan trikoma (bulu daun). Rahayu (1995) dalam Siregar (2005) menyatakan penyerapan polutan melalui daun terjadi karena partikel timbal di udara jatuh pada permukaan daun. Permukaan daun yang lebih kasar, berbulu dan lebar akan lebih mudah menangkap partikel daripada permukaan daun yang halus, tidak berbulu dan berukuran kecil.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan akumulasi timbal dalam daun dari tanaman : kersen (*Muntingia calabura* L.), waru (*Hibiscus tiliaceus* L.), mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.), glodogan tiang (*Polyalthia longifolia* Bent & Hook.F. var Pendula), glodogan piramid (*Polyalthia celebica* miq.), tanjung (*Mimusops elengi* L.), dan ki hujan (*Samanea saman*, (Jacq.) Merr.), dan apakah morfologi daun berpengaruh pada akumulasi timbal untuk prediksi kemampuan bioremediasi, serta perhitungan mengenai berapa banyak jumlah

tanaman dibutuhkan untuk menurunkan polutan timbal udara yang dapat ditentukan dari hasil kemampuan akumulasi timbal pada tanaman.

B. Pembatasan Masalah

Agar masalah yang diteliti tidak terlalu luas dan mempermudah memahami masalah serta mempermudah dalam pelaksanaan penelitian ini, maka masalah dibatasi sebagai berikut:

1. Subyek penelitian ini adalah akumulasi timbal dalam daun.
2. Obyek penelitian adalah tanaman penyusun Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang mempunyai permukaan daun kasar bertrikomata, berdaun licin dan bergelombang, daun licin berukuran sedang serta daun licin berukuran kecil yang tumbuh di Jalan. AP. Pettarani, Kampus Unhas (Kontrol) yang terdiri atas :
 - a. kersen (*Muntingia calabura* L.)
 - b. waru (*Hibiscus tiliaceus* L.)
 - c. mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.)
 - d. glodogan tiang (*Polyalthia longifolia* Bent & Hook.F. var Pendula)
 - e. glodogan piramid (*Polyalthia celebica* Miq.)
 - f. tanjung (*Mimusops elengi* L.)
 - g. ki hujan (*Samanea saman*,(Jacq.) Merr.)

3. Parameter pengukuran akumulasi timbal di daun, pengukuran luas daun, jumlah stomata, jumlah trikomata, ketebalan daun, Pb bensin, Pb udara lokasi sampling, pengukuran luas kanopi, pengukuran volume daun dan ruang, perhitungan jumlah kendaraan bermotor .
4. Alasan pemilihan tanaman kersen, waru, mahoni, glodogan tiang, glodogan piramid, tanjung, dan ki hujan karena termasuk katagori pohon dengan ukuran daun berbeda dan permukaan daun yang berbeda pula.

C. Perumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut di atas, maka permasalahan yang diajukan adalah:

1. Bagaimana potensi akumulasi timbal pada daun kersen (*Muntingia calabura* L.), waru (*Hibiscus tiliaceus* L.), mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.), glodogan tiang (*Polyalthia longifolia* Bent & Hook F. var *Pendula*), glodogan piramid (*Polyalthia celebica* miq.), tanjung (*Mimusops elengi* L.), dan ki hujan (*Samanea saman*, (Jacq.) Merr.),
2. Adakah hubungan akumulasi timbal pada luas daun, jumlah stomata, jumlah trikomata, pada sampel daun untuk estimasi kebutuhan vegetasi.

3. Bagaimana hubungan trikomata (bulu-bulu) permukaan daun dan jumlah stomata dengan akumulasi timbal.
4. Berapakah kerapatan tajuk yang diperlukan untuk mereduksi timbal udara menjadi sebesar yang diharapkan, dan sesuai dengan kemampuan akumulasi timbal pada masing-masing jenis tanaman.

D. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui jumlah timbal yang terabsorpsi pada daun kersen (*Muntingia calabura* L.), waru (*Hibiscus tiliaceus* L.), mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq.), glodogan tiang (*Polyalthia longifolia* Bent & Hook F. var *Pendula*), glodogan piramid (*Polyalthia celebica* miq.), tanjung (*Mimusops elengi* L.), dan ki hujan (*Samanea saman*, (Jacq.) Merr.).
2. Untuk mengetahui hubungan akumulasi timbale pada luas daun, jumlah stomata dan jumlah trikomata untuk estimasi kebutuhan vegetasi.
3. Untuk mengetahui hubungan jumlah trikomata dan jumlah stomata terhadap akumulasi timbal.
4. Untuk mengetahui kerapatan tajuk yang diperlukan untuk mereduksi timbal udara 0,0125 ppm.

E. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian diharapkan akan dapat :

1. Memperkaya pengetahuan tentang: hubungan bentuk daun dan sifat permukaan daun, kemampuan tanaman dalam mengakumulasi timbal serta prediksi vegetasi agen bioremediasi.
2. Untuk memberikan informasi pada Dinas Pertamanan dan Pemakaman Kota Makassar dan PT. Pertamina dalam membuat Pedoman Pemilihan Tanaman ,serta masyarakat dalam memilih tanaman untuk mereduksi polusi udara utamanya timbal.
3. Mengetahui batas minimal luas Ruang Terbuka Hijau di Kota Makassar.

F. Kebaruan (Novelty)

Penelitian tentang bioremediasi khususnya fitoremediasi telah banyak dilakukan diantaranya Dahlan (2007) tentang penentuan luasan hutan kota menggunakan pendekatan nilai daya *sink* tanaman hutan kota yang tetap yaitu daya *sink* tanaman tidak dipengaruhi oleh umur tanaman. Nanny Kusminingum, *dkk.*, (1995) pedoman pemilihan tanaman untuk mereduksi polusi udara; NO_x, CO dan SO₂. Namun, pedoman pemilihan tanaman untuk mereduksi Pb dengan menghitung jumlah

trikomata, luas daun serta volume akumulasi Pb perlembar daun belum dimasukkan dalam perhitungan.

Kebaharuan (*novelty*) dari penelitian ini adalah pengetahuan tentang fungsi pohon dalam mengakumulasi Pb khususnya daun tanaman yang memiliki trikomata banyak dan luas daun lebar lebih berpotensi dalam mengakumulasi Pb dibandingkan daun tanaman yang memiliki trikomata sedikit dan luas permukaan daunnya sempit, penentuan kebutuhan jumlah tanaman pereduksi Pb dengan mengetahui volume kerimbunan tajuk. Menghitung akumulasi Pb per lembar daun pada kersen, waru, mahoni, glodogan tiang, glodogan piramid, tanjung dan ki hujan yang tumbuh di Jalan AP. Pettarani dan Kampus Unhas Makassar.

Daun pada tumbuhan mempunyai umur tertentu yang pada saatnya akan gugur bersama dengan Pb yang terakumulasi dan digantikan dengan daun baru yang akan megakumulasi Pb udara tetapi belum tentu sama kemampuannya dengan daun yang sebelumnya pertumbuhan daun dipengaruhi oleh nutrisi dan lingkungan hidupnya.

Perhitungan kebutuhan tanaman dalam mereduksi Pb udara menurut rumus ketentuan Dinas Pekerjaan Umum untuk mengestimasi jumlah tanaman yang diharapkan dapat menurunkan Pb udara sesuai dengan kemampuan daun mengakumulasi Pb.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Gambaran Umum Kota Makassar

Makassar adalah Ibukota Provinsi Sulawesi Selatan, yang terletak di bagian Selatan Pulau Sulawesi, dahulu disebut Ujung Pandang, yang terletak antara 119°24'17'38" Bujur Timur dan 5°8'6'19" Lintang Selatan yang berbatasan sebelah Utara dengan Kabupaten Maros, sebelah Timur Kabupaten Maros, sebelah selatan Kabupaten Gowa dan sebelah Barat adalah Selat Makassar. Luas Wilayah Kota Makassar tercatat 175,77 km². Luas laut dihitung dari 12 mil dari daratan sebesar 29,9 Km². Makassar memiliki 12 pulau-pulau kecil, 11 di antaranya telah diberi nama dan 1 pulau yang belum diberi nama. Kota Makassar memiliki garis pantai kurang lebih 100 km yang dilewati oleh 2 sungai yaitu Sungai Tallo dan Sungai Jeneberang. Makassar memiliki topografi dengan kemiringan lahan 0-2 (datar) dan kemiringan lahan 3-15 (bergelombang) (BPS, 2010).

Kota Makassar mempunyai 14 Kecamatan yang meliputi 143 kelurahan, 971 RW dan 4.789 RT. Penduduk Kota Makassar tahun 2009

tercatat sebanyak 1.272.349 jiwa yang terdiri atas 610.270 laki-laki dan 662.079 jiwa perempuan. (BPS, 2010).

B. Pencemaran Udara

1. Pengertian Pencemaran Udara

Menurut Peraturan Pemerintah No. 41 (1999) pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Wardhana (2004) menyebutkan bahwa pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normal. Kehadiran bahan atau zat asing di dalam udara dalam jumlah tertentu serta berada di udara dalam waktu yang cukup lama, akan mengganggu kehidupan manusia, hewan, dan tanaman.

2. Sumber Pencemaran Udara

Wark dan Warner (1981) dalam Dahlan (1989) membagi sumber pencemar udara yaitu pembakaran bahan bakar alat transportasi, sumber tetap rumah tangga, industri, pembangkit tenaga listrik, sampah, pembakaran hutan, emisi dan kebocoran pada proses industri, serta kegiatan-kegiatan gunung berapi. Dahlan (2004) menyatakan bahwa sumber pencemaran udara terbesar di daerah urban disebabkan oleh

asap kendaraan bermotor (60%), kegiatan industri (18%), pembangkit tenaga listrik (13%), dan yang paling kecil disebabkan oleh sisa pembakaran sampah kota dan asap penghangat ruangan (9%).

Wardhana (2004) menyatakan bahwa secara umum penyebab pencemaran udara ada dua macam yaitu pertama karena faktor internal (secara alamiah), contohnya debu yang beterbangan akibat tiupan angin, abu yang dikeluarkan dari letusan gunung berapi berikut gas-gas vulkanik, proses pembusukan sampah organik. Kedua karena faktor eksternal (karena ulah manusia), contohnya hasil pembakaran bahan bakar fosil, debu atau serbuk dari kegiatan industri dan pemakaian zat-zat kimia yang disemprotkan ke udara.

3. Zat Pencemar Udara

Berdasarkan bentuknya zat pencemar udara dibedakan menjadi bahan pencemar gas, baik berupa senyawa organik (senyawa C dan H) maupun senyawa anorganik seperti sulfur, nitrogen, klor, dan flour. Bahan pencemar partikulat, yaitu partikel padat atau cair yang berdiameter sangat kecil yang tersuspensi ke dalam udara. United stat enviromental protection agency (USEPA) menggolongkan pencemar udara ke dalam enam polutan utama, yaitu ozon (O_3), partikel, nitrogen dioksida (NO_2), sulfur dioksida (SO_2), karbon monoksida (CO), dan timbal (Pb).

C. Partikulat

Partikulat merupakan partikel padat atau cair yang berdiameter sangat kecil yang tersuspensi ke dalam udara. Menurut Wardhana (2004) partikulat dapat berasal dari proses-proses industri, pembakaran hutan, kebakaran hutan dan gas buangan alat transportasi. Keberadaan pencemar udara jenis partikulat di udara ambien semakin meningkat dengan meningkatnya aktivitas manusia. Partikulat merupakan bagian terkecil dari total massa polutan yang teremisikan ke atmosfer, tetapi dampak yang ditimbulkan lebih berbahaya dari jenis polutan lainnya.

Ukuran partikulat merupakan sifat penting dari beberapa sifat fisik partikulat. Ukuran partikel berkisar antara 0,0002 – 500 μm . Berdasarkan ukurannya secara umum partikulat dikelompokkan menjadi dua, yaitu partikel halus (*fine particles*) dan partikel kasar (*coarse particle*). Partikel halus adalah partikel yang mempunyai ukuran lebih kecil dari 2,5 μm , sedangkan partikel kasar adalah partikel yang mempunyai ukuran lebih besar dari 2,5 μm . Partikel halus dihasilkan dari proses pembakaran reaksi-reaksi kimia fasa gas yang menghasilkan konversi gas-gas menjadi partikel, sedangkan partikel kasar umumnya berasal dari proses mekanik seperti grinding dan erosi angin (Pritts, 1986 *dalam* Nasution 2006).

D. Pengertian Potensi, Akumulasi, Bioremediasi, Vegetasi, Kerapatan dan Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) yang dimaksud dengan *potensi* adalah kemampuan yang mempunyai kemungkinan untuk dikembangkan. *akumulasi* adalah pengumpulan, penimbunan.

bioremediasi adalah proses untuk menghilangkan, memindahkan, dan atau menghancurkan kontaminan dalam udara, air, dan tanah dengan menggunakan vegetasi. Vegetasi berasal dari bahasa Inggris: *vegetation* dalam ekologi adalah istilah untuk keseluruhan komunitas tumbuhan. *kerapatan* adalah ukuran populasi dalam hubungannya dengan satuan ruang (banyaknya individu persatuan luas atau volume). Ruang Terbuka Hijau (RTH) adalah suatu lahan terbuka tanpa bangunan yang mempunyai ukuran, bentuk, dan batas geografis tertentu, di dalamnya terdapat tumbuhan hijau berkayu dan berumur tahunan. Pepohonan sebagai tumbuhan pemberi ciri utama dan tumbuhan pelengkap berupa perdu, semak, rerumputan, serta benda-benda lain sebagai pelengkap dan penunjang fungsi RTH. (Purnomohadi, 1995 *dalam* Tim Penulis Dirjen Penataan Ruang DPU, 2006).

Menurut Gunadi (1995) dalam perencanaan ruang kota (*townscape*) dikenal istilah Ruang Terbuka (RT) (*Open space*), yakni daerah atau tempat terbuka di lingkungan perkotaan. RT berbeda dengan istilah ruang luar (*exterior space*), yang ada di sekitar bangunan dan merupakan kebalikan ruang dalam (*interior space*) di dalam bangunan. Definisi ruang luar adalah ruang terbuka yang sengaja dirancang secara khusus untuk kegiatan tertentu, dan digunakan secara intensif, seperti halaman sekolah, lapangan olahraga, termasuk plaza atau *square*.

Fungsi RTH di wilayah perkotaan (Permendagri No 1 Tahun 2007), antara lain (a) pengamanan keberadaan kawasan lindung

perkotaan, (b) pengendali pencemaran dan kerusakan tanah, air, dan udara, (c) tempat perlindungan plasma nutfah dan keanekaragaman hayati, (d) pengendali tata air dan (e) sarana estetika kota. Ruang Terbuka yang disebut Taman Kota (*park*), yang berada di luar atau di antara beberapa bangunan di lingkungan perkotaan, semula dimaksudkan sebagai halaman atau ruang luar, kemudian berkembang menjadi istilah Ruang Terbuka Hijau (RTH) kota, karena umumnya berupa ruang terbuka yang sengaja ditanami pepohonan, perdu, semak dan rerumputan sebagai penutup permukaan tanah di kawasan perkotaan. Tanaman produktif berupa pohon buah-buahan dan sayuran kini hadir sebagai bagian dari RTH berupa lahan pertanian kota atau lahan perhutanan kota yang amat penting bagi pemeliharaan fungsi keseimbangan ekologis kota.

Berdasarkan Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) Bumi di Rio de Janeiro, Brazil (1992) dan dipertegas lagi pada KTT Johannesburg, Afrika Selatan 10 tahun kemudian 2002, telah disepakati bersama bahwa sebuah kota idealnya memiliki luas RTH minimal 30% dari total luas kota. Penetapan luas RTH kota harus berdasarkan pada studi eksistensi sumberdaya alam dan manusia, tidak hanya pada kuantitas luasnya saja (Tim Penulis Dirjen Penataan Ruang DPU, 2006).

E. Ruang Hijau dalam Pengendalian Pencemaran dan Iklim Mikro

Salah satu komponen yang penting dalam konsep tata ruang adalah menetapkan dan mengaktifkan jalur hijau dan hutan kota, baik

yang akan direncanakan maupun yang sudah ada namun kurang berfungsi. Selain itu jenis pohon yang ditanam perlu menjadi pertimbangan, karena setiap jenis tanaman mempunyai kemampuan menyerap polutan yang berbeda-beda (Gusmailina, 1996). Vegetasi mempunyai peranan yang besar dalam ekosistem, peningkatan pembangunan di perkotaan sering kali tidak menghiraukan lahan untuk vegetasi. Vegetasi sangat berfungsi dalam produksi oksigen yang diperlukan oleh makhluk hidup untuk proses pernafasan (*respirasi*), serta untuk mengurangi polusi udara perkotaan yang semakin meningkat akibat penambahan kendaraan bermotor dan industri (Irwan, 1997).

Bower dan Zar (1977) *dalam* Fandeli (2004) menyatakan bahwa iklim adalah kondisi umum atmosfer dalam jangka waktu tertentu pada suatu daerah. Iklim dapat dipandang sebagai kebiasaan-kebiasaan alam yang berlaku dan digerakkan oleh gabungan dari unsur-unsur radiasi matahari, suhu, kelembaban, awan, evaporasi, tekanan udara dan angin. Unsur-unsur ini memiliki kondisi yang berbeda antara tempat yang satu dengan tempat yang lainnya. Perbedaan ini disebabkan karena adanya faktor-faktor iklim atau yang lazim disebut sebagai pengendali iklim, yaitu (a) ketinggian tempat, (b) latitude atau garis lintang, (c) daerah-daerah tekanan, (d) arus-arus laut, dan (e) permukaan tekanan.

Pudjiharto (1980) *dalam* Fandeli (2004) mengemukakan bahwa keadaan iklim di dunia ini berubah-ubah (*dinamis*). Hal ini disebabkan oleh efek vegetasi hutan, perubahan hutan dan pemanfaatan lahan yang akan

mempengaruhi neraca radiasi dan iklim mikro. Untuk membuat suasana kota lebih nyaman, perlu dibangun kumpulan vegetasi berbentuk hutan. Keberadaan vegetasi memungkinkan proses transpirasi yang dapat menimbulkan kesejukan. Adanya pohon lebih efektif dari pada semak-semak untuk membuat rasa nyaman bagi masyarakat kota, terutama pada musim kemarau.

Kelembaban dipengaruhi oleh adanya pohon-pohon pelindung terutama apabila jarak tanam rapat. Daerah yang tertutup tegakan akan mempengaruhi suhu udara yang relatif rendah dengan kelembaban yang relatif tinggi. Daerah yang tertutup pohon-pohon dan semak-semak akan mempunyai kecepatan angin dengan turbulensi angin yang lebih kecil dari lahan yang bervegetasi sedikit. Keadaan ini menyebabkan massa udara yang mengandung uap air tidak dapat bergerak secara cepat. Hal ini menimbulkan konsekuensi daerah yang bervegetasi rapat akan mempunyai kelembaban yang tinggi (Kartasepoetra, 1986 *dalam* Fandeli 2004).

Pohon, semak dan rumput memperbaiki suhu udara dalam lingkungan perkotaan melalui pengontrolan terhadap radiasi matahari, sedang keefektifannya bergantung pada kerapatan dan bentuk daun serta percabangannya. Naungan dan transpirasi vegetasi mempengaruhi iklim mikro dengan cara mengatur suhu ambien, radiasi matahari, aliran angin, dan kelembaban relatif. Selain itu, perubahan iklim mikro juga mempengaruhi konsentrasi polusi udara sekitar. Penempatan pohon-

pohon secara tepat, dapat bermanfaat sebagai pemecah angin misalnya di daerah pantai. Iklim mikro dapat diubah dengan cara lain, sebagai contoh, tanaman yang ditanam tersebar dapat mengurangi pemanasan permukaan tanah dan juga mengurangi kecepatan angin. Angin mencegah lingkungan dari suhu dingin, dan polutan dijerap pada kanopi tanaman (Grey dan Deneke, 1986).

F. Fitoremediasi

Fitoremediasi berasal dari kata *phyto* yang berarti tumbuhan dan *remedium* yang berarti membersihkan atau menyimpan. Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk membersihkan lingkungan yang tercemar. Vegetasi dapat digunakan untuk stabilisasi, ekstraksi, degradasi polutan (Liong, 2010). Manfaat fitoremediasi adalah untuk menghilangkan logam-logam pencemar dengan menggunakan tanaman. Selain biayanya murah, keuntungan lain dari fitoremediasi adalah sebagai penyimpan air tanah dan menambah estetika diperkotaan. Selain fungsi remediasi, fitoremediasi juga dapat meningkatkan atau mempertahankan struktur dan kesuburan tanah (Negri and Hinchman, 1996; Watanabe, 1997 *dalam* Liong, 2010).

G. Aditif Pada Gasolin

Menaikkan angka oktan pada bensin adalah upaya untuk meningkatkan kualitas bensin. Angka oktan bensin sendiri didefinisikan

sebagai persentase isooktana dalam bahan bakar rujukan yang memberikan intensitas ketukan yang sama pada mesin uji terdapat dua jenis oktan, yaitu angka oktan riset (RON) dan angka oktan motor (MON). Untuk mendapatkan bensin dengan angka yang cukup tinggi dapat ditempuh beberapa cara: memilih minyak bumi dengan kandungan aromatik yang tinggi dalam trayek titik didih gasoline; meningkatkan kandungan aromatic melalui pengolahan reformasi atau alkana bercabang dengan alkilasi atau isomerasi atau oktin. Bertitik didih rendah; menggunakan komponen berangka oktan tinggi sebagai bahan ramuan seperti alkohol atau eter; menambah aditif peningkat angka oktan (Semar, dan Widyoseno, 1999).

a. Tetraethyl Lead (TEL)

Zat aditif yang masih digunakan di Indonesia hingga saat ini adalah Tetraethyl Lead (TEL). namun penggunaan zat aditif tersebut diduga sebagai penyebab utama keberadaan timbal di atmosfer.

Timbal adalah neorotoksin racun penyerang syaraf yang bersifat akumulatif dan dapat merusak pertumbuhan otak pada anak-anak.

Ada beberapa pertimbangan mengapa timbal digunakan sebagai aditif bensin diantaranya adalah memiliki sensitivitas tinggi dalam meningkatkan angka oktan, dimana setiap tambahan 0,1 gram timbal per 1 liter gasoline mampu menaikkan angka oktan sebesar 1,5 – 2 satuan angka oktan. Di samping itu, timbal merupakan komponen dengan harga

relatif murah untuk peningkatan satuan oktan dibandingkan dengan menggunakan senyawa lainnya.

Adanya timbal dalam gasolin bermanfaat dengan kemampuannya memberikan fungsi pelumasan pada kedudukan katup dalam proses pembakaran khususnya untuk kendaraan produksi tahun lama. Adanya pelumasan ini akan mendorong kedudukan katup terlindung dari keausan sehingga lebih awet untuk mobil yang diproduksi tahun lama.

b. MMT

Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl (MMT) adalah senyawa organologam yang digunakan sebagai pengganti bahan aditif TEL dan telah digunakan selama 20 tahun terakhir di Kanada, Amerika Serikat serta beberapa Negara Eropa.

1 cc/USG atau 0,3 g/L. 0,15 g/l → 1980 → bensin tanpa timbal di Amerika

Tabel 1. Proses penurunan kandungan TEL pada bahan bakar gasolina produksi pertama

No	Tahun	Kandungan TEL cc/USG
1.	Sebelum 1990 (Super 98)	2,5
2.	1990-1996	1,5
3.	1997-1998	1,0

Tabel 2. Pola kebijakan dalam menopang program langit Biru Pola I

No.	Tahun	Kandungan TEL cc/USG
1.	1999-2000	0,5
2.	2000-2001	0,0

Tabel 3. Pola kebijakan dalam menopang program langit Biru Pola II

No.	Tahun	Kandungan TEL cc/USG
1.	1999-2000	
2.	Pulau Jawa	0,0
3.	Luar Jawa	0,5
4.	2000-2001	0,0

c. Jenis Gas Buang

Bahan pencemar (polutan) yang berasal dari kendaraan bermotor dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

1. Sumber

Polutan dibedakan atas polutan primer dan sekunder. Polutan primer seperti sulfur dioksida (SO_x), Nitrogen Oksida (NO_x) dan hidrocarbon (HC) Langsung dibuang ke udara dan mempertahankan bentuknya seperti pada saat buangan polutan sekunder seperti ozon (O_3) dan Peroksiasetil Nitrat (PAN) adalah polutan yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi fotokimia, hidrólisis atau oksidasi.

2. Komponen Kimia

Polutan dibedakan menjadi organik dan inorganik. Polutan organik mengandung karbon dan hidrogen juga beberapa elemen seperti oksigen, oksida, ozon dll.

3. Bahan Penyusun

Polutan dibedakan atas partikulat atau gas. Partikulat dibagi menjadi pada padatan dan cairan seperti debu, asap, abu, kabut, dan spray, partikulat dapat bertahan di atmosfer. Sedangkan polutan berupa gas tidak bertahan di atmosfer dan bercampur dengan udara bebas.

d. Partikulat

Polutan partikulat yang berasal dari kendaraan bermotor umumnya merupakan fasa padat terdispersi dalam udara dan membentuk asap. Fasa padatan tersebut berasal dari pembakaran tak sempurna bahan bakar minyak yang berkomposisi senyawa organik hidrokarbon. Selain itu, partikulat juga mengandung timbal yang merupakan bahan aditif untuk meningkatkan kinerja pembakaran bahan bakar pada mesin kendaraan.

Secara umum emisi gas buang terdiri dari partikulat, hidrokarbon, sulfur oksida, dan nitrogen oksida.

H. Logam Berat Timbal

1. Timbal

Timbal mempunyai rumus kimia Pb (Plumbum), dengan nama latin timbal. Secara umum di Indonesia dikenal dengan sebutan timah hitam,

berwarna abu-abu kebiruan, titik didih pada tekanan atmosfer 174°C . Emisi timbal ke dalam lapisan atmosfer bumi dapat berbentuk gas dan partikulat. Emisi timbal 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. Timbal yang merupakan hasil samping dari pembakaran berasal dari senyawa tetrametil-Pb dan tetraetil-Pb yang selalu ditambahkan ke dalam bahan bakar kendaraan bermotor dan berfungsi sebagai anti letup (anti-knock) pada mesin kendaraan (Palar, 1994).

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 $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$, tetrametil timbal atau $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$ 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 bereaksi dengan scavenger dan membentuk gas pada suhu tertentu saat mesin dijalankan, sehingga akan keluar bersama dengan bahan-bahan lainnya dan akan merusak mesin. Ada 2 macam scavenger yang sering digunakan yakni etilen dibromida ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$) dan etilen diklorida ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$). Bahan aditif yang ditambahkan ke dalam bensin terdiri atas 62% tetraetil timbal, 18% etilen bromida, 18% etilen diklorida, dan 2% bahan lainnya (Sulaeman, 2009).

Timbal yang dikeluarkan dari kendaraan bermotor rata-rata berukuran 0,02 - 0,05 μm , semakin kecil ukuran partikelnya semakin lama menetap di udara. Panjang celah stomata berukuran 10 μm dan lebar 2 - 7 μm lebih besar dari ukuran timbal, maka timbal akan masuk ke dalam daun melalui celah stomata dan terakumulasi dalam jaringan mesofil dan palisade daun (Antari dan Ketut, 2002). Faktor-faktor yang memengaruhi konsentrasi timbal di udara yaitu waktu, temperatur, kecepatan dari emisi, ukuran, bentuk dan kepadatan timbal, parameter meteorologi seperti kecepatan angin, derajat turbulensi dan kelembaban Serta jarak pengambilan contoh dari sumber pencemar, topografi setempat (Siregar, 2005).

2. Manfaat Timbal

Timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena memiliki sifat yang khas. Timbal bersifat lunak, sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau atau dengan tangan dan dapat dibentuk dengan mudah. Logam timbal tahan terhadap peristiwa korosi atau karat, sehingga logam timbal sering digunakan sebagai bahan coating. Logam timbal mempunyai kepadatan yang lebih besar dibandingkan dengan logam-logam biasa, kecuali emas dan merkuri, logam timbal mempunyai titik lebur 327,5°C dan bersifat isolator (Palar, 1994).

3. Penyebaran Timbal di Atmosfir

Pencemaran udara oleh timbal bersumber dari industri, peleburan biji logam, pembakaran batu bara, pembakaran sampah, dan kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor merupakan sumber utama timbal yang mencemari udara di daerah perkotaan (Goldsmith dan Hexter, 1967 *dalam* Dahlan, 1989). Sekitar 60-70% dari total jumlah polutan di atmosfer perkotaan berasal dari kendaraan bermotor (Krishnayya dan Bedi, 1986).

Akhir-akhir ini giat dirancusahkan mesin kendaraan yang mempunyai akselerasi tinggi, namun irit bahan bakar. Kendaraan jenis ini memerlukan bahan bakar bermutu tinggi. Untuk menaikkan kualitas bahan bakar dapat dicapai dengan upaya pengolahan pemurnian bahan bakar atau dapat juga dengan menambahkan sejumlah bahan-bahan kimia ke dalam bahan bakar tersebut. Bahan-bahan yang ditambahkan ini disebut aditif (Palar, 1994).

I. Pengaruh Akumulasi Timbal terhadap Tumbuhan dan Manusia

1. Pengaruh Akumulasi Timbal terhadap Tumbuhan

Sebagian besar bahan-bahan pencemar udara mempengaruhi tanaman melalui daun. Jaringan daun terdiri atas epidermis, mesofil, dan berkas pembuluh pengangkutan. Mekanisme tanaman untuk bertahan dari zat pencemar udara adalah melalui pergerakan membuka dan menutup stomata. Masuknya partikel timbal ke dalam jaringan daun karena ukuran stomata daun yang cukup besar dan ukuran partikel timbal yang lebih kecil daripada ukuran stomata. Timbal masuk ke dalam daun melalui proses penyerapan pasif. Partikel timbal akan masuk ke dalam daun lewat

celah stomata serta menetap dalam jaringan daun dan menumpuk di antara celah sel jaringan palisade dan jaringan mesofil. Partikel timbal tidak larut dalam air, maka senyawa timbal dalam jaringan terperangkap dalam rongga antar sel sekitar stomata (Fitter dan Hay, 1891; Widagdo, 2005).

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 yaitu proses fotosintesis, respirasi, serta biosintesis protein dan lemak, selanjutnya tingkat ultrastruktural (disorganisasi sel membran), kemudian tingkat sel yaitu dinding sel, mesofil, pecahnya inti sel dan diakhiri dengan terlihatnya gejala pada jaringan daun seperti klorosis dan nekrosis (Fitter dan Hay, 1891;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 (Fitter dan Hay, 1981). Hal tersebut ditunjang oleh penelitian Warsita (1994) *dalam* Widagdo (2005) 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.

2. Dampak Timbal terhadap Manusia

Timbal masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernafasan, makanan dan minuman (Waldbott,1978 *dalam* Dahlan 1989). Masuknya timbal dari udara melalui sistem pernapasan yang memungkinkan *alveoli* paru-paru akan menyerap timbal kemudian masuk ke dalam darah. Tingginya timbal dalam darah akan mempengaruhi aktivitas enzim *delta amino levulinic acid dehidratase* (ALAD) dalam tubuh. Timbal dapat mempengaruhi aktivitas enzim ini dalam membentuk Haemoglobin (Hb) di dalam butir-butir darah merah. Terganggunya aktivitas enzim delta ALAD oleh timbal dalam memproduksi Hb dapat menimbulkan penyakit *anemia*, yang lebih dikenal sebagai penyakit kurang darah. Timbal dapat mengendap di jaringan otak, sehingga otak tidak dapat berfungsi dengan baik. Bahaya ini tidak terlihat mendadak. Sebab timbal tertimbun secara akumulatif. Nilai ambang batas timbal (Pb) darah yang ditetapkan WHO adalah 40 mg/10mL (Dahlan 1989).

Proses masuknya timbal (Pb) ke dalam tubuh selain melalui pernapasan, melalui perembesan atau penetrasi pada selaput (lapisan) kulit, juga melalui makanan dan minuman yang akan diikutkan dalam proses metabolisme tubuh. Jumlah timbal yang masuk dapat ditolerir oleh lambung disebabkan asam lambung (HCl) mempunyai kemampuan untuk menyerap logam timbal. Pada jaringan organ tubuh, logam timbal 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 sistem syaraf pusat (Palar, 1994).

Pada pengamatan yang dilakukan terhadap para pekerja yang menangani senyawa timbal, hanya ditemukan gejala keracunan kronis ringan akibat timbal 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 timbal yang terisap atau tertelan ke dalam tubuh akan tertinggal di dalam tubuh, hanya berkisar 5% - 10% dari jumlah yang tertelan akan diabsorpsi melalui saluran pencernaan, dan $\pm 30\%$ dari jumlah yang terisap melalui hidung akan diabsorpsi melalui saluran

pernapasan dan tinggal di dalam tubuh karena dipengaruhi oleh ukuran partikel timbal tersebut (Santi, 2001).

Penelitian yang telah dilakukan terhadap 200 anak sekolah di Kota Makassar, menunjukkan 90% anak dalam darahnya diketahui mengandung timbal dengan kadar rata-rata 23,96 mg/dl dan hanya 10% dari jumlah anak tersebut dalam darahnya mengandung timbal kurang dari batas normal yang ditentukan yaitu 10 mg/dl (Muslimin 2005). Penelitian yang dilakukan Sulaeman (2009), terhadap supir angkutan umum di Kota Makassar menunjukkan dari 92 orang terdapat 56 orang yang kadar timbal dalam darahnya mengandung 15 mg/dl. Ukuran diameter dan komposisi partikel yang berbeda akan mempunyai karakteristik pengendapan yang berbeda (Nyangababo dan Ichikuni, 1986 *dalam* Dahlan 1989). Kecepatan pengendapan partikel timbal dengan diameter 0,5 μm adalah 0,005 – 0,007 cm per detik (Liberg, Harris dan Turner (1982) *dalam* Dahlan (1989)).

J. Peranan Tanaman dalam Menurunkan Kandungan Timbal Udara

Tanaman berkayu yang tumbuh di daerah perkotaan dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan logam-logam, seperti Pb dan air raksa yang terdapat di udara, baik dalam jangka waktu yang pendek maupun panjang (Smith, 1972 *dalam* Taihutu 2001). Tanaman yang digunakan untuk menahan dan menyaring partikel padat di udara adalah

tanaman yang daunnya mempunyai trikoma. Hal ini disebabkan daun yang bertrikomata mempunyai kemampuan yang tinggi dalam menjerap partikel dibandingkan daun yang tidak bertrikoma (Dahlan, 1989).

Fakuara (1987) mengatakan bahwa pemilihan tanaman untuk dijadikan sebagai penyaring partikulat yang ada di udara harus memperhatikan hal-hal pertama vegetasi yang menggugurkan daun pada periode tertentu, sifat ini diperlukan karena dengan adanya pengguguran daun maka akan muncul daun-daun baru yang mampu menyaring partikulat sehingga tanaman tidak mati karena permukaan daunnya tertutup dengan partikulat. Kedua mempunyai tajuk yang rimbun dan rapat, karena dengan adanya tajuk yang rimbun dan rapat maka proses penyaringan partikulat dapat berjalan lebih efektif. Ketiga vegetasi mempunyai daya tahan tinggi. Hal ini disebabkan adanya bahan partikulat yang terakumulasi dalam daun sehingga proses fotosintesis akan terganggu. Koepe (1982) dalam Dahlan (1981) menjelaskan bahwa kemampuan daun dalam menjerap Pb sangat dipengaruhi oleh keadaan permukaan daun tanaman. Daun berbulu (*pubescent*) atau daun yang permukaan daunnya kesat (berkerut) memiliki kemampuan yang tinggi dalam menjerap Pb daripada daun yang permukaan daunnya licin dan rata.

K. Kriteria Jenis Pohon untuk Mereduksi Timbal Udara

Kemampuan tanaman dalam mereduksi timbal udara sangat bervariasi menurut jenisnya. Besar-kecilnya kandungan timbal (Pb) pada

suatu jenis tanaman, juga bervariasi menurut organ tanaman (Dahlan, 1989).

1. Daun (Folium)

Berdasarkan morfologi daunnya berat keringnya, tumbuhan yang memiliki permukaan daun yang kasar atau berbulu (*pubescen*) mengendapkan timbal lebih tinggi daripada tumbuhan yang permukaan daunnya halus (*licin*) (Page *et al.*, 1971; Haney, *et al.*, (1974) dalam Flanagan *et al.*, 1980). Smith (1971) menyatakan, sebagian besar partikel terakumulasi di dekat pelepah daun (*fascicle sheath*) daun jarum dan di ranting serta pucuk yang permukaannya kasar. Little dan Wiffen (1977) dalam Ahmed *et al.*, (1978) menyatakan akumulasi partikel timbal sangat besar pada daun dengan permukaan yang kasar dan berbulu halus. Wedding *et al.*, (1977) dalam Flanagan *et al.*, (1980) mencatat, partikel $PbCl_2$ yang diendapkan di permukaan daun yang berbulu 7 kali lebih banyak dari pada yang terbentuk di atas permukaan daun yang licin dan berlilin. Permukaan daun seperti ini menyebabkan partikel timbal mudah tercuci oleh air hujan (Flanagan, *et al.*, 1980). Lebih jauh dinyatakan oleh Flanagan, *et al.*, (1980) bahwa daun-daun Bramble (*Rubus fruticosus* Agg.) yang daunnya berbulu lebih banyak menyerap timbal dan seng dari pada daun tumbuhan Rhododendron (*Rhododendron penticum* L.) yang permukaan daunnya licin dan berlilin.

2. Epidermis

Epidermis merupakan lapisan sel terluar pada daun, bunga, buah dan biji serta pada batang dan akar sebelum tumbuhan mengalami penebalan sekunder. Meskipun dari segi ontogeni seragam, dari segi morfologi maupun fungsi sel epidermis tidak seragam. Selain sel epidermis biasa, terdapat sel epidermis yang telah berkembang menjadi sel rambut, sel penutup pada stomata, serta sel lain. Adanya kutin, bahan lemak di dalam dinding luar, membatasi transpirasi. Karena susunan sel rapat serta berkutikula yang kaku dan kuat, maka epidermis berperan sebagai penyokong mekanik. Pada akar, adanya kutikula tipis serta rambut akar menunjukkan bahwa epidermis akar mudah terspesialisasi untuk penyerapan (Hidayat, 1995).

3. Stomata

Stoma (jamak:stomata) merupakan celah dalam epidermis yang dibatasi oleh dua sel epidermis yang khusus, yakni sel penutup. Dengan mengubah bentuknya, sel penutup mengatur pelebaran dan penyempitan celah. Sel yang mengelilingi stoma dapat berbentuk sama atau berbeda dengan sel epidermis lainnya. Sel yang berbeda bentuk itu dinamakan sel tetangga, yang kadang-kadang berbeda juga isinya. Sel tetangga berperan dalam perubahan osmotik yang menyebabkan gerakan sel penutup yang mengatur lebar celah (Cutler, *et all.*, 2007).

Stomata terdapat pada semua bagian tumbuhan di atas tanah, tetapi paling banyak ditemukan pada daun. Jumlah stomata beragam pada daun tumbuhan yang sama dan juga daerah yang sama. Pada daun,

stomata ditemukan di kedua permukaan daun atau pada satu muka saja, biasanya pada permukaan bawah. Sel penutup terdapat terletak sama tinggi dengan sel epidermis lainnya, atau dapat lebih tinggi atau lebih rendah dari permukaan daun. Pada dikotil, sel penutup biasanya berbentuk seperti biji kacang merah atau ginjal bila dilihat dari atas. Pada bagian atas dinding, atau bagian atas dan bagian bawah dinding yang berhadapan dengan celah, terdapat tonjolan yang terdiri dari senyawa yang ada di dinding. Di sebelah luar, sel dilapisi oleh kutikula yang membatasi celah stoma serta ruang stoma di bawahnya setiap sel penutup memiliki inti yang jelas dan kloroplas yang secara berkala menghasilkan pati (Hidayat, 1995).

4. Rambut atau trikoma

Rambut bersel satu atau bersel banyak dibentuk dari sel epidermis. Struktur yang lebih besar dan padat seperti kutil dan duri (seperti duri mawar) yang tersusun oleh jaringan epidermis maupun jaringan di bawah epidermis disebut emergens. Kegunaan trikoma dalam taksonomi cukup dikenal, kadang-kadang famili tertentu dapat dikenal dengan mudah dari macam trikomanya (Cutler, *et all.*, 2007).

Trikoma dibagi menjadi dua jenis yaitu trikoma yang tidak menghasilkan sekret dan trikoma yang menghasilkan sekret. Trikoma yang menghasilkan sekret terdiri atas (a) rambut bersel satu atau bersel banyak dan tidak pipih, misalnya pada *Lauraceae*, *Moraceae*, *Triticum*, *Pelargonium*, dan *Gossypium*. Pada *Gossypium*, serat kapas merupakan

rambut epidermis bersel satu dari kulit biji dan dapat mencapai panjang 6 cm, (b) rambut sisik memipih dan bersel banyak, ditemukan tanpa tangkai (sesil) pada daun duren (*Durio zibetheus*) atau bertangkai pada *Olea*, (c) rambut bercabang, bersel banyak. Bentuknya dapat seperti bintang, misalnya rambut di bagian bawah daun waru (*Hibiscus*) atau seperti tempat lilin pada *Verbascum*, (d) rambut akar merupakan pemanjangan sel epidermis dalam bidang yang tegak lurus permukaan akar. Sel berbentuk bulat panjang, mencapai panjang 80-1500 μm dengan garis tengah 5 -17 μm . Rambut akar memiliki vakuola besar dan biasanya berdinding tipis (Hidayat, 1995).

Sedangkan trikoma yang menghasilkan sekret atau kelenjar (trikoma sekresi) adalah trikoma bersel satu, bersel banyak atau berupa sisik. Trikoma bersel banyak yang sederhana terdiri dari tangkai dengan kepala bersel satu atau bersel banyak. Trikoma seperti itu terdapat misalnya pada daun tembakau. Trikoma kelenjar yang menghasilkan sekret yang kental dan lengket, yang biasanya terdiri dari tangkai dan kepala bersel banyak dinamakan *koleter*. Trikoma seperti itu ditemukan pada tunas muda, dan sekret yang dihasilkannya menjaga tunas dari kekeringan. Jenis trikoma lain adalah kelenjar cerna yang terdapat pada tumbuhan pemakan serangga seperti *Nepenthes* (Hidayat, 1995).

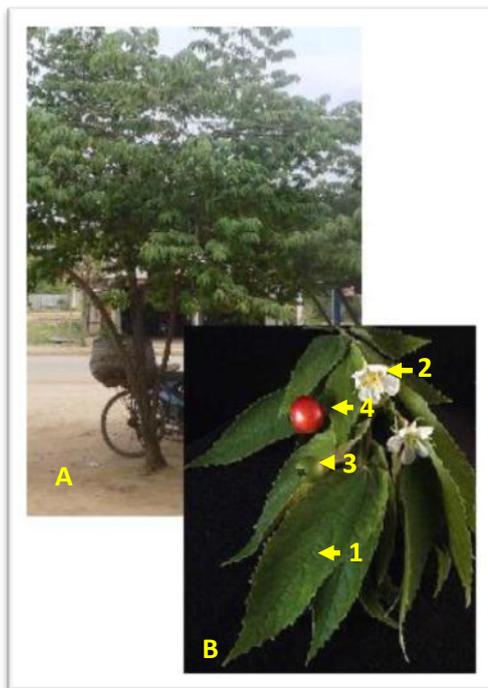
Trikoma lain yang juga terspesialisasi adalah rambut gatal pada *Urtica*, trikoma ini terdiri dari sel panjang yang memiliki dasar dan runcing, dinding bagian ujung yang runcing mengandung silika, sedangkan bagian

tepat di bawahnya mengandung kalsium. Bila rambut tersentuh, ujung runcing yang membulat akan patah di daerah pembatas; sisanya yang berujung runcing dengan mudah menembus kulit orang yang menyentuh *Urtica* ini. Di saat itulah histamine dan asetilkolin yang terdapat dalam trikoma masuk ke kulit dan menimbulkan rasa gatal (Hidayat, 1995).

Rambut sekresi bersel satu dan bersel banyak yang menghasilkan nektar terdapat pada bunga atau di bagian lain di luar bunga. Beberapa diantaranya tidak berkutikula, dan nektar disekresikan secara berdifusi. Pada rambut lain, sel memiliki kutikula. Dalam hal lain, dinding terluar dari sel kepala rambut yang bersangkutan perlahan-lahan membengkak dan meluas sehingga terbentuk lapisan lendir menyerupai kubah dibawah kutikula. Lapisan tersebut terus meluas dan dengan demikian menekan lapisan bagian dalam dari dinding luar ke arah lumen sel yang hampir seluruhnya rusak. Akhirnya, kutikula pecah dan zat lendir tempat terkumpulnya nektar terbawa ke permukaan organ, misalnya pada *Hibiscus* dan *Abutilon* (Hidayat, 1995).

L. Deskripsi Tanaman Penelitian

a. Deskripsi *Muntingia calabura* L.



Klasifikasi:

Regnum : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Kelas : Dicotylodeneae
Sub Kelas : Dialypetalae
Ordo : Malvales
Famili : Tiliaceae
Genus : *Muntingia*
Spesies : *Muntingia calabura* L.

Sumber :
Taksonomi Tumbuhan Tinggi
Spermatophyta
Tjitrosoepomo, 2004

Gambar 1. Kersen (*Muntingia calabura* L.), A: Habitus (Pohon),
B: Tangkai, 1: Daun (*Folium*), 2: Bunga (*Flos*), 3: Buah
(*Fructus*) Muda, 4: Buah (*Fructus*) Masak

Kersen (Gambar 1) sering juga disebut talok berupa pohon kecil, percabangannya banyak, tinggi tanaman dapat mencapai 50 m. Ranting-rantingnya berambut halus yang rapat dan berambut kelenjar. Daun tunggal. Duduk daun berseling, helaian daun tidak sama sisi, berbentuk

bulat telur, lanset, ujung dan pangkal daun runcing, permukaan daun bagaian atas dan bawah berambut rapat seperti wol, panjang 4,5 - 14 cm, lebar 1,5 – 4 cm, bertangkai pendek. Tiap pasang daun pelindung terdapat satu rudimenter dan satu berbentuk benang bentuk paku, panjang 0,5 cm (Suryowinoto, 2001).

Bunga 1 - 3 menjadi satu di ketiak daun, perhiasan bunga berbilang 5, berkelamin 2. Kelopak bunga berbagi dalam, tajuk bunga meruncing menjadi bentuk benang, berambut halus. Daun mahkota bunga bertepi rata, berbentuk bulat telur terbalik, gundul, berwarna putih, panjang 8 – 11 mm. Tonjolan dasar bunga berbentuk cawan. Benang sari berjumlah banyak, terutama pada tonjolan dasar bunga. Bakal buah bertangkai pendek, gundul, beruang 5 – 6. Kepala putik hamper duduk, berlekuk 5 – 6. Buahnya termasuk buah buni yang di mahkotai oleh tangkai putik yang tetap. Buah yang sudah tua berwarna merah, berbentuk bulat, diameter lebih kurang 1 cm. Perbanyakan tanaman talok dapat dilakukan bijinya yang sudah tua atau dengan cangkakan. Kersen dapat hidup dengan baik di tempat-tempat yang terbuka dan kena sinar matahari langsung, baik di dataran rendah maupun di dataran tinggi, yakni hingga ketinggian 1.000 m diatas permukaan laut (Suryowinoto, 2001).

b. Deskripsi *Hibiscus tiliaceus* L.



Klasifikasi:

Regnum : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Kelas : Dicotylodeneae
Sub Kelas : Dialypetalae
Ordo : Malvales
Famili : Malvaceae
Genus : *Hibiscus*
Spesies : *Hibiscus tiliaceus* L.

Sumber :
Taksonomi Tumbuhan Tinggi
Spermatophyta
Tjitrosoepomo, 2004

Gambar 2. Waru (*Hibiscus tiliaceus* L.), 1: Habitus (Pohon), 2: Daun, (*Folium*), 3: Bunga (*Flos*)

Waru termasuk tanaman pohon besar dan tinggi, ketinggiannya dapat mencapai 5-15 meter. Daunnya tunggal bertangkai, helaian daun berbentuk jantung lingkaran lebar atau bulat telur, garis tengah 19 cm, bertulang daun menjari, sebagian dari tulang daun utama berkelenjar berbentuk celah pada permukaan daun bagian bawah pada pangkal,

permukaan daun bagian bawah berambut abu-abu rapat. Daun penumpu berbentuk bulat telur memanjang, panjang 2,5 cm, meninggalkan bekas berbentuk cincin pada cabang (Suryowinoto, 2001).

Bunganya berwarna kuning, bagian tengahnya berwarna merah coklat. Bunga berdiri sendiri atau 2 – 5 dalam tandan. Daun kelopak bunga tambahan lebih dari separuhnya melekat, dan bertaju 8-11. Kelopak bunga panjangnya 2,5 cm, beraturan, bercangap 5. Daun mahkota bunga berbentuk kipas, berkuku pendek dan lebar, panjang 5-7 cm, berwarna kuning dengan ungu pada pangkalnya, kemudian warna berubah jadi jingga dan akhirnya berubah warna menjadi kemerah-merahan. Tangkai sari bentuk tabung membungkus tangkai putik, bagian atas tangkai sari dan kepala sari bebas, tumbuh kesamping, warna kuning. Buahnya kotak, bentuk bulat telur, terbagi menjadi 5 ruang, tiap ruang dibagi lagi menjadi 2 bagian oleh sekat semu; bakal biji pada setiap buah berjumlah banyak. Buah berbentuk telur, berparuh pendek, panjang 3 cm, beruang 5 tidak sempurna, membuka dengan 5 katup (Suryowinoto, 2001).

Waru dapat tumbuh dengan baik di tempat-tempat yang terbuka dan kena sinar matahari langsung, baik di dataran rendah maupun dataran tinggi, yakni pada ketinggian 1-1.000 m dpl. Perbanyakan tanaman dapat dilakukan dengan biji yang sudah tua (tetapi ini jarang dilakukan) bila bermaksud untuk pemuliaan. Perbanyakan pohon waru

yang biasa dilakukan ialah dengan cara stek batang atau jarang sekali dengan pencangkakan (Suryowinoto, 2001).

c. Deskripsi *Swietenia mahogoni* Jacq.



Klasifikasi:
Regnum : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Kelas : Dicotyledoneae
Sub Kelas : Dialypetalae
Ordo : Rurales
Familia : Meliaceae
Genus : *Swietenia*
Spesies : *Swietenia mahogoni* Jacq.

Sumber :
Taksonomi Tumbuhan Tinggi
Spermatophyta
Tjitrosoepomo, 2004

Gambar 3. Mahoni (*Swietenia mahogoni* Jacq.), A: Habitus (Pohon), B:Daun Majemuk, 1: Anak Daun, 2: Buah

Keistimewaan dari tanaman ini adalah buahnya yang muncul di ujung-ujung ranting berwarna coklat. Tanaman mahoni termasuk jenis tanaman pohon tinggi, percabangannya banyak, tingginya dapat mencapai kira-kira 10 – 30 meter. Daun majemuk menyirip genap. Duduk daun tersebar. Helaian anak daun bulat telur, elips memanjang, ujung dan pangkal daun runcing, panjang 8 – 12 cm, lebar 3 – 5 cm, berwarna hijau

tua. Buahnya bertangkai, panjang tangkai kira-kira 1 – 3 cm, berbentuk bola atau bulat telur memanjang, berwarna coklat, panjang 8 – 15 cm, lebar 7 – 10 cm. Mahoni dapat tumbuh dengan baik di tempat-tempat terbuka dan kena sinar matahari langsung, baik dataran rendah maupun di dataran tinggi, yakni hingga ketinggian 1000 meter dpl (Suryowinoto, 2001).

d. Deskripsi *Polyalthia longifolia* Bent. & Hook. F. var *Pendula*

Klasifikasi:

Regnum : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotylodeneae

Sub Kelas : Dialypetalae

Ordo : Ranales

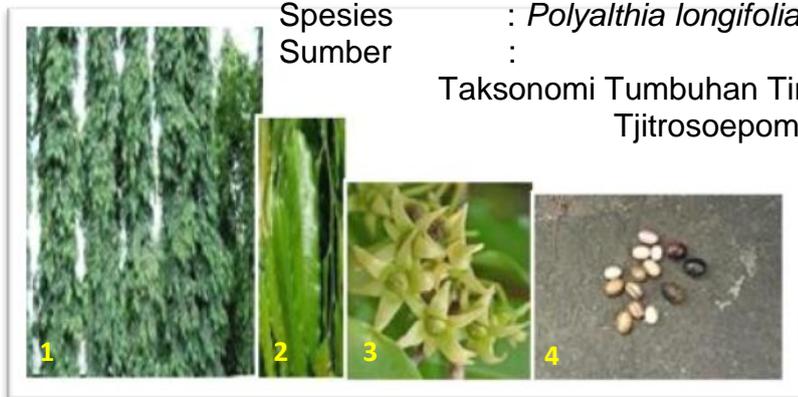
Famili : Annonaceae

Genus : *Polyalthia*

Spesies : *Polyalthia longifolia* Bent. & Hook. F. var *Pendula*

Sumber :

Taksonomi Tumbuhan Tinggi Spermatophyta
Tjitrosoepomo, 2004



Gambar 4. Glodogan tiang (*Polyalthia longifolia* Bent. & Hook. F. var *Pendula*),
1: Habitus (Pohon), 2: Daun (Folium), 3: Bunga (Flos), 4: Biji
(Sperma)

Glodogan tiang termasuk jenis tanaman tinggi, tingginya dapat mencapai 10-25 meter. Tanaman mempunyai percabangan banyak dan menjuntai. Daunnya termasuk daun tunggal, berseling, daun berbentuk

lanset memanjang, ujungnya makin menyempit, tepi daun berombak berwarna hijau mengkilat, panjangnya 12,5-20 cm, lebar 2,5-5 cm. Glodogan tiang memiliki bentuk tajuk silindris. Glodogan dapat hidup dengan baik pada tempat-tempat yang terbuka dan kena sinar matahari langsung baik di dataran rendah maupun dataran tinggi. Glodogan tiang termasuk tanaman pendatang baru yang menambah koleksi jenis glodogan di Indonesia (Suryowinoto, 2001).

e. Deskripsi *Polyalthia celebica* Miq.



Klasifikasi:

Regnum : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Kelas : Dicotylodeneae
Sub Kelas : Dialypetalae
Ordo : Ranales
Famili : Annonaceae
Genus : *Polyalthia*
Spesies : *Polyalthia celebica* Miq.

Sumber :
Taksonomi Tumbuhan Tinggi Spermatophyta
Tjitrosoepomo, 2004

Gambar 5. Glodogan Piramid (*Polyalthia celebica* Miq.), 1: Habitus (Pohon), 2: Daun (Folium).

Glodogan piramid termasuk jenis tanaman pohon tinggi, tingginya dapat mencapai kira-kira 10 – 25 m. Tanaman ini mempunyai percabangan banyak. Daunnya termasuk daun tunggal, berseling, daun berbentuk lanset memanjang, ujungnya makin menyempit, tepi daun berombak, berwarna hijau mengkilat, panjang 12,5 – 20 cm, lebar 2,5 – 5

cm. bunga glodokan termasuk bunga majemuk payung, tidak bertangkai atau bertangkai pendek sekali, muncul dari ketiak dan atau dari ranting-ranting yang tidak berdaun, berwarna kuning kehijau-hijauan. Panjang mahkota bunga 1,2 – 1,5 cm, lebar 0,3 – 0,5 cm.

Buah berbentuk bulat memanjang, panjang 2 – 2,5 cm garis tengah 1 – 1,5 cm, dengan tangkai yang panjangnya lebih kurang 1, 5 cm. perbanyak tanaman glodokan dapat di lakukan dengan bijinya yang sudah tua atau dengan cara pencangkakan. Glodokan piramid dapat hidup dengan baik di tempat-tempat yang terbuka dan kena sinar matahari langsung baik di dataran rendah maupun dataran tinggi. Glodogan piramid (*Polyalthia celebica* Miq.) penyebaran banyak di Sulawesi (Suryowinoto, 2001).

f. Deskripsi *Mimusops elengi* L.

Klasifikasi:

Regnum : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Kelas : Dicotylodeneae
Sub Kelas : Sympetalae
Ordo : Ebenales
Famili : Sapotaceae
Genus : *Mimusiops*
Spesies : *Mimusops elengi* L.

Sumber :
Taksonomi Tumbuhan Tinggi Spermatophyta
Tjitrosoepomo, 2004



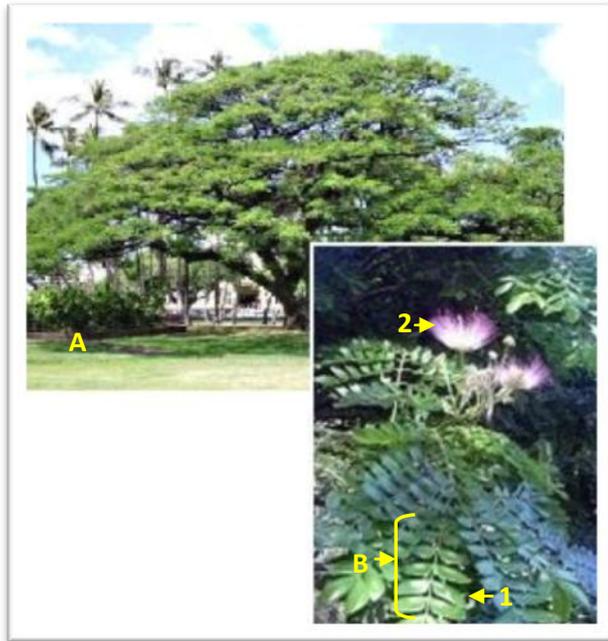
Gambar 6. Tanjung (*Mimusops elengi* L.), 1: Habitus (Pohon),
2: Daun (Folium), 3: Bunga (Flos), 4: Buah (Fructus)

Keistimewaan dari tanaman ini adalah bentuk tajuknya yang indah, perpaduan bentuk dan warna daunnya yang hijau mengkilat dan buahnya yang masak berwarna merah atau merah jingga sehingga jenis tanaman ini sangat bagus untuk komponen tanaman sekaligus untuk tanaman peneduh. Pohon tanjung termasuk jenis tanaman pohon yang bergetah, ketinggiannya dapat mencapai 15 meter. Daun tunggal bertangkai. Duduk daun tersebar, bertepi rata, bertulang menyirip. Helaian daun berbentuk bulat memanjang atau bulat telur memanjang, panjang 9 – 16 cm. Daun yang muda berwarna coklat, bila sudah tua hijau. Bunganya adalah bunga tunggal atau dua-dua, muncul dari ketiak daun, menggantung, berkelamin dua, berbau wangi. Daun kelopak bunga terletak dalam dua karangan 4,

perlahan-lahan menyempit, panjang lebih kurang 1 cm, tangkai bunga berambut, warnanya coklat muda (Suryowinoto, 2001).

Mahkota bunga dan kelopak bunga memiliki panjang yang sama, berwarna putih kotor, bertabung lebar dan pendek, terletak dalam 2 karangan; tajuk bunga berbentuk lanset. Benang sari berjumlah 8, tertancap pada leher bunga yang berambut, berseling dengan staminodial yang ujungnya bergigi, pipih. Buahnya berbentuk bulat telur, panjang 2-3 cm, lebar 1–1,2 cm, berwarna merah atau merah jingga; kelopak buah tidak rontok. Buah tanjung berbiji satu dan bentuknya pipih, panjang 1-1,5 cm, lebar 0,7 – 1 cm, berwarna coklat atau coklat kehitam-hitaman, daging buah berwarna kuning atau kuning jingga. Tanjung dapat hidup dengan baik di tempat-tempat yang terbuka dan kena sinar matahari langsung, baik di dataran rendah maupun dataran tinggi, yakni pada ketinggian 1.000 m dpl (Suryowinoto, 2001).

g. Deskripsi *Samanea saman* Jacq. Merr.



Klasifikasi:

Regnum : Plantae
 Divisi : Spermatophyta
 Kelas : Dicotylodeneae
 Sub Kelas : Dialypetalae
 Ordo : Rosales
 Famili : Mimosaceae
 Genus : *Samanea*
 Spesies : *Samanea saman*
 (Jacq.) Merr.

Sumber :
 Taksonomi Tumbuhan Tinggi
 Spermatophyta
 Tjitrosoepomo, 2004

Gambar 7. Ki Hujan (*Samanea saman* Jacq. Merr), A: Habitus (Pohon), B: Daun Majemuk, 1: Anak Daun, 2: Bunga

Keistimewaan tanaman ini adalah adanya bentuk tajuk yang bagus, daunnya yang rimbun, dan bungannya yang berwarna merah putih. Ki hujan termasuk tanaman pohon tinggi, ketinggiannya dapat mencapai kira-kira 10 – 25 m, percabangannya pendek. Kayunya agak rapuh. Daunnya menyirip rangkap, panjangnya 30 cm. Poros daun berkelenjar. Sirip daun berjumlah 3 – 9 pasang. Jumlah anak daun persirip 2 – 10, kearah ujung sirip lebih besar, anak daun oval atau bulat telur terbalik, panjang 1,5 – 6 cm, lebar 1 – 4 cm (Suryowinoto, 2001).

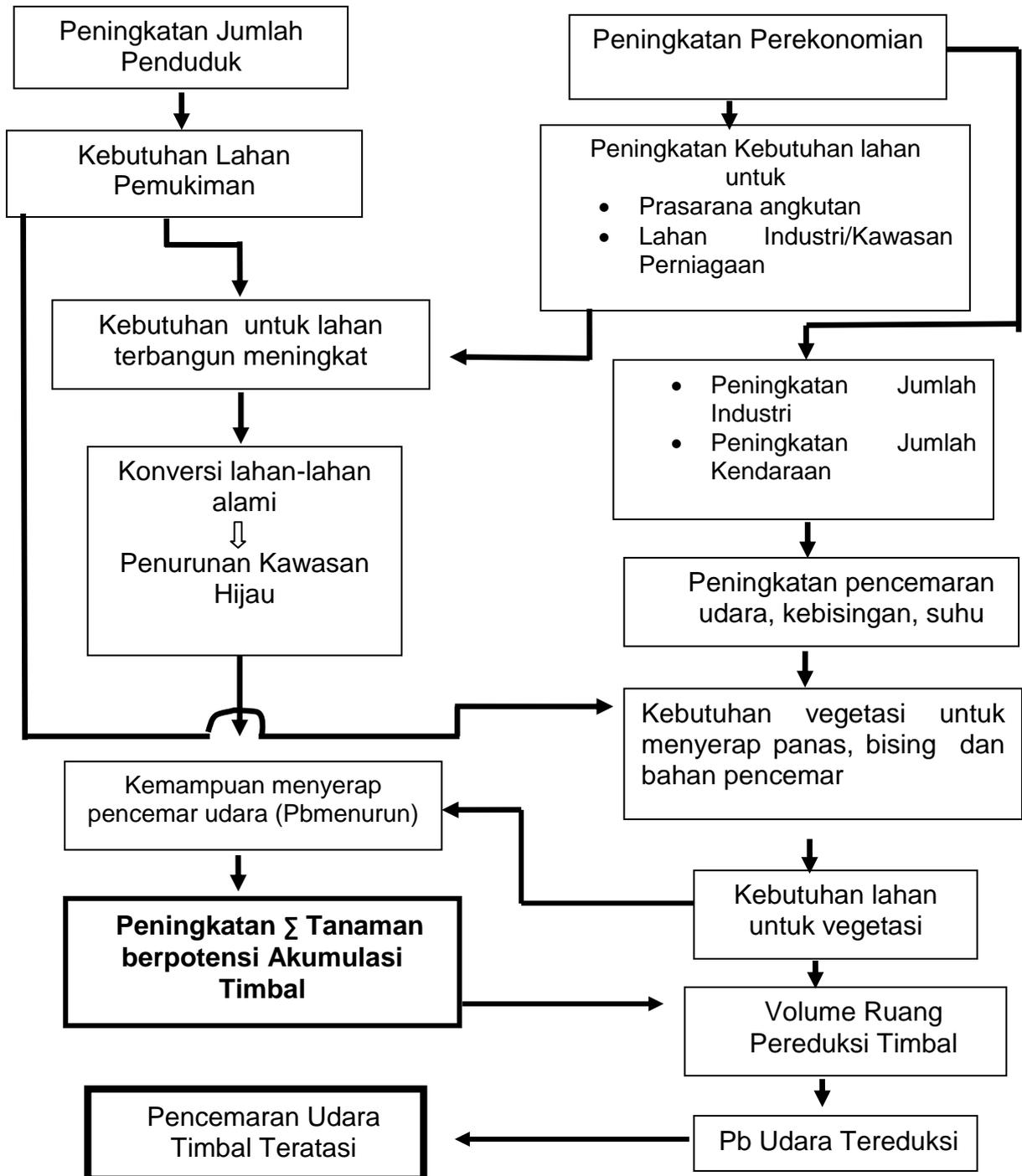
Bunga ki hujan majemuk malai yang menggerombol, muncul dari ketiak daun, antara 2 – 5 malai terkumpul menjadi 1, panjang tangkai bunga 5 – 10 cm. Bunga bertangkai, beraturan, berbilangan 5. Kelopak bunga berbentuk tabung, bertajuk 5, panjangnya 7 mm, berwarna hijau

dan pada pangkalnya berwarna kemerah-merahan. Tabung mahkota bunga berbentuk corong, panjangnya 1 cm. Benang sari berjumlah 20 – 30, tangkai benang sari berwarna merah ungu, pada pangkalnya bersatu membentuk tabung. Bakal buah berambut, tangkai putik panjangnya lebih kurang 4 cm. Buahnya termasuk buah polongan, tebal berdaging seperti lemak, berbentuk lurus atau bengkok sedikit, tidak bertangkai, tidak membuka, panjangnya 15 – 20 cm. Biji setiap polong berjumlah 15 – 20, terletak menumpang. Perbanyak tanaman ini dapat dilakukan dengan bijinya yang sudah tua atau jarang sekali dengan pencangkakan.

Ki hujan dapat tumbuh dengan baik ditempat-tempat yang terbuka, atau sedikit terlindung dari sinar matahari, baik di dataran rendah maupun di dataran tinggi, yakni hingga ketinggian 1 – 1800 meter dpl. Tanaman ini sangat menyukai sinar matahari, maka akan sangat cocok bila di tanam di tempat yang terbuka dan kena sinar matahari langsung (Suryowinoto, 2001).

Kerangka Konseptual

Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan kerangka pikir penelitian sebagai berikut:



Gambar 8. Kerangka Konseptual
BAB III