

**LAPORAN PENELITIAN HIBAH BERSAING  
TAHUN KEDUA**



**IDENTIFIKASI SUMBER PENCEMARAN  
DAN ALTERNATIF BIOREMEDIASI TIMBAL (Pb)  
DENGAN MENGGUNAKAN POTENSI TANAMAN MANGROVE  
DI TELUK JAKARTA**

Dr. Maman Rumanta, M.Si

Drs. Amril latif, M.Si

Dra. Ucu Rahayu, M.Sc

Drs. Gusti Nurdin, M.Pd

Dra. Anna Ratnaningsih, M.Si

**UNIVERSITAS TERBUKA**

**DESEMBER 2007**

1. Judul Penelitian : Identifikasi Sumber Pencemaran dan Alternatif Bioremediasi Timbal (Pb) dengan Menggunakan Potensi Tanaman Mangrove di Teluk Jakarta

2. Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap : Dr. Maman Rumanta, M.Si  
 b. Jenis Kelamin : Laki-laki  
 c. NIP : 131 859 770 pertama dari Dikti  
 d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala  
 e. Bidang Keahlian : Sumber Daya Alam dan Lingkungan  
 f. Fakultas/Jurusan : FKIP/ Pendidikan Biologi  
 g. Perguruan Tinggi : Universitas Terbuka  
 h. Tim Peneliti

No	Nama Dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Fakultas/Jurusan	Perguruan Tinggi
1.	Drs. Amril Latif, M.Si	Kimia Analitik	FKIP/PMIPA	UT
2.	Dra. Ucu Rahayu, M.Si	Toksikologi Lingkungan	FKIP/PMIPA	UT
3.	Drs. G. Nurdin, M.Pd	Biologi	FKIP/PMIPA	UT
4.	Dra. Anna Ratnaningsih, M.Si	Toksikologi Makanan	FKIP/PMIPA	UT

3. Pendanaan dan Jangka waktu penelitian : 3 tahun

- a. Jangka waktu penelitian yang diusulkan: 3 tahun  
 b. Biaya total yang diusulkan : Rp. 120.890.000,-  
 c. Biaya yang disetujui tahun kedua : Rp 38.000.000,-

Mengetahui,  
 Dekan FKIP-UT

Drs. Rastam, M.Pd  
 NIP. 131 925 717

Tangerang, Desember 2007  
 Ketua Peneliti

Dr. Maman Rumanta, M.Si  
 NIP. 131 859 770

Menyetujui,  
 Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat

Drs. Agus Joko Purwanto, M.Si  
 NIP. 132 002 049

## RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis tanaman mangrove yang dominan di Hutan Mangrove Pantai Kapuk, jenis-jenis tanaman mangrove tergenang yang memiliki kemampuan mengakumulasi Pb cukup tinggi, bagian-bagian tanaman mangrove yang mengakumulasi Pb paling banyak, serta kadar Pb pada air dan sedimen tempat tumbuhnya tanaman mangrove. Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan dalam dua periode musim yaitu musim angin barat (penghujan) dan musim angin timur (kemarau). Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan melalui 2 tahap, yaitu (1) mengidentifikasi tanaman mangrove yang dominan di Pantai Kapuk, dan (2) menentukan kandungan Pb pada tanaman mangrove tergenang berdasarkan pertimbangan (*purposive sampling*), dimana setiap sampel tanaman mangrove diambil bagian tubuhnya (akar, batang, dan daun). Selanjutnya, sampel bagian tubuh tanaman dikeringkan pada cawan porselen bersih, yang telah diketahui beratnya, di dalam oven selama 3 hari. Sampel dalam cawan sekitar 5 gram ditambahkan campuran HNO<sub>3</sub>: HClO<sub>4</sub> dengan perbandingan 4:1 sekitar 10 ml, selanjutnya dipanaskan dalam *hot plate* dengan suhu 115 °C. Setelah kering sempurna, dengan warna abu-abu, ditambahkan HNO<sub>3</sub> 10% dan dibilas dengan aquabides. Disaring dengan kertas Whatman 42 kemudian dimasukkan ke dalam labu takar sampai larutan menjadi 50 ml. Sediaan siap dibaca kandungan Pb-nya dalam *flame* - AAS. Data yang terkumpul diolah dengan menggunakan statistik dekriptif dan uji beda dengan menggunakan Anova untuk menentukan perbedaan kandungan Pb pada setiap jenis tanaman mangrove yang diuji. Soft ware yang digunakan adalah SPSS versi 11.5.

Hasil penelitian ini menunjukkan (1) tanaman mangrove utama yang ada di hutan mangrove pantai kapuk didominasi oleh 5 genus, yaitu *Bruguiera*, *Rhizophora*, *Sonneratia*, *Nypa*, dan *Avicenia*, (2) Kelima genus tanaman mangrove yang dijadikan sampel berpotensi mengakumulasi Pb baik pada akar, batang, maupun daun, (3) ada kecenderungan bahwa tanaman *Bruguiera* merupakan akumulator Pb yang baik pada bagian akar dan batang, sedangkan akumulator terbaik Pb pada bagian daun adalah *Nypa* dan *Avicenia*, (4) bagian tanaman mangrove yang paling banyak mengakumulasi Pb adalah bagian daun. Hal ini karena daun merupakan terminal transportasi Pb melalui akar dan batang. Selain itu daun banyak terdedah Pb di udara, dan (5) kadar Pb sedimen semakin rendah pada lokasi yang padat dengan tanaman, selain itu semakin dekat ke bibir pantai Pb sedimen cenderung menurun.

## SUMMARY

This study is intended to get information which kinds of mangrove plants are dominant at Mangrove Jungle of Kapuk Sea, which kinds of mangrove having capability to uptake Pb, which parts of mangrove having the highest capability of Pb uptake, and the level of Pb *in situ*. Sampling was taken twice at rainy and dry season. Data were collected through 2 steps, (1) identifying mangrove plants which are dominant in Kapuk Sea, and (2) determine Pb level at parts of mangrove plants (roots, stems, and leaves) based on purposive sampling. The Pb level of sample was examined by *flame* – AAS. Data was collected and analysed by SPSS versi 11.5.

The result of this study showed that (1) the mangrove plants which are dominant at Kapuk sea are *Bruguiera*, *Rhizophora*, *Sonneratia*, *Nypa*, dan *Avicenia*, (2) Roots, stems and leaves of those mangrove plants have a potency to accumulate Pb, (3) Both roots and stems of *Bruguiera*, and the leaves of *Nypa* dan *Avicenia* tended to be Pb accumulator, (4) Parts of mangrove plants having the highest capability in accumulating Pb were leaves, (5) level of Pb in sediment surrounding dense plants was the lowest.

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun Kedua ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini adalah pencemaran lingkungan dengan judul "Identifikasi Sumber Pencemaran dan Alternatif Bioremediasi Timbal (Pb) dengan Menggunakan Potensi Tanaman Mangrove di Teluk Jakarta".

Laporan penelitian ini dapat terwujud atas bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dalam kesempatan yang berbahagia ini, perkenankanlah penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ditjen Dikti yang telah memberikan dana Hibah Bersaing;
2. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat yang telah membantu kami dalam penyelesaian administrasi penelitian, sehingga penelitian ini berjalan sebagaimana biasanya;
3. Dekan FKIP UT, yang telah memberikan bantuan baik moral maupun material sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.
4. Balai Penelitian Tanah Bogor, yang telah membantu dalam pemeriksaan Pb dengan biaya terjangkau dan dengan hasil yang cukup baik.
5. Semua pihak yang telah membantu kami selama penelitian ini berlangsung.

Akhir kata, semoga laporan amal baik Bapak/Ibu mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT dan semoga laporan ini bermanfaat bagi kita semua. Amien.

Jakarta, Desember 2007,

Penulis,

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
Halaman Pengesahan .....	ii
Ringkasan dan Summary .....	iii
Prakata .....	v
Daftar Isi .....	vi
Daftar Tabel .....	vii
Daftar Gambar .....	viii
Daftar Lampiran .....	ix
BAB I Pendahuluan .....	1
Bab II Tinjauan Pustaka .....	3
Bab III Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	9
Bab IV Metode Penelitian .....	10
Bab V Hasil dan Pembahasan .....	12
Bab VI Kesimpulan dan Saran .....	26
Daftar Pustaka .....	27
Lampiran .....	29

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
1. Perbandingan kadar logam berat dalam sediman di Teluk Jakarta, Cilacap dan Teluk Banten.....	4
2. Kadar logam berat di perairan Teluk Jakarta.....	4
3. Jenis tanaman mangrove di hutan lindung Kapuk, Muara Angke.....	12
4. Perbandingan kandungan Pb air dan sedimen ( $\mu\text{g/g}$ ) antar lokasi pengambilan sampel di hutan Mangrove Pantai Kapuk Muara Angke Jakarta Utara.....	13
5. Perbedaan kandungan Pb ( $\mu\text{g/g}$ ) antar bagian tubuh tanaman pedada ( <i>Sonneratia sp</i> ) pada musim barat dan musim timur .....	15
6. Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh pada tanaman bakau ( <i>Rhizophora sp</i> ) di musim barat dan musim timur.....	16
7. Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman lindur ( <i>Bruguiera gymnorhiza</i> ) pada musim barat dan musim timur.....	17
8. Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh pada tanaman nipah ( <i>Nypa fracticans</i> ) pada musim barat dan musim timur.....	19
9. Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh pada tanaman api-api ( <i>Avicenia marina</i> ) pada musim barat dan musim timur .....	20
10. Kandungan Pb pada akar antar jenis tanaman mangrove pada musim barat dan musim timur.....	22
11. Kandungan Pb pada batang antar jenis tanaman mangrove pada musim barat dan musim timur.....	23
12. Kandungan Pb pada daun antar jenis tanaman mangrove pada musim barat dan musim timur.....	24

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
1. Tumbuhan <i>Avicenia sp</i> .....	8
2. Tumbuhan <i>Rhizophora sp</i> .....	8
3. Kandungan Pb pada sedimen di setiap lokasi pengambilan sampel.....	14
4. Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman pedada ( <i>Sonneratia sp</i> ).....	16
5. Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman bakau ( <i>Rhizophora sp</i> ). .....	17
6. Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman lindur ( <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> ).....	18
7. Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman nipah ( <i>Nypa fracticans</i> ).....	20
8. Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman api-api ( <i>Avicenia marina</i> ).....	21
9. Kandungan Pb pada bagian akar tanaman mangrove.....	23
10. Kandungan Pb pada bagian batang tanaman mangrove.....	24
11. Kandungan Pb pada bagian daun tanaman mangrove.....	25

Universitas Terbuka

**DAFTAR LAMPIRAN**

	<b>Halaman</b>
1. Foto pengambilan sampel penelitian .....	30
2. Daftar riwayat hidup peneliti.....	32
3. Artikel ilmiah .....	39

Universitas Terbuka

## BAB I PENDAHULUAN

Teluk Jakarta merupakan suatu wilayah yang berada di sebelah Utara Kota Jakarta. Wilayah ini mengalami beban pencemar yang cukup berat karena daerah ini menjadi muara dari sungai-sungai yang ada di daerah Jawa Barat dan Banten. Sungai yang bermuara di Teluk Jakarta tersebut terdapat sekitar 13 sungai yang telah melalui daerah pemukiman dan industri yang cukup padat di sekitar Jabodetabek.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa logam berat dengan posisi tertinggi yang mencemari Teluk Jakarta adalah timbal (Hutagalung, 1994; Nurjanah dan Widiastuti, 1997, dan Rumanta, 2005). Rumanta (2005) juga mengemukakan bahwa pencemaran Pb terhadap makrozoobentos hasil tangkapan nelayan di Teluk Jakarta mengandung Pb cukup tinggi dan telah melewati ambang batas yang ditetapkan CCFAC (1999). Selain itu, ada kecenderungan kandungan Pb pada hasil perikanan laut ini mempengaruhi kesehatan masyarakat konsumen.

Tingginya kandungan Pb di teluk Jakarta ini cukup mengkhawatirkan, karena sebenarnya Pemda DKI telah menghentikan penggunaan bensin bertimbal sejak bulan Juli 2001 dengan harapan mampu mengurangi pencemaran Pb di wilayah Jakarta. Masih tingginya kadar Pb di Teluk Jakarta ini terjadi karena Pb di perairan sangat stabil dan tidak dapat diuraikan oleh organisme manapun. Sedangkan efek toksik logam ini sangat berbahaya dan dapat bersifat akut atau kronis yang sangat mempengaruhi kesehatan masyarakat, terutama kecerdasan anak-anak yang akan menentukan masa depan bangsa.

Oleh karena itu, didorong rasa kepedulian, peneliti ingin membantu pemerintah, dalam hal ini Pemda DKI, tentang bagaimana merehabilitasi Kawasan Teluk Jakarta dari pencemar logam berat khususnya timbal (Pb). Hasil penelitian tahun pertama terdeteksi bahwa semua sungai yang bermuara di Teluk Jakarta berkontribusi positif terhadap pencemaran Pb di kawasan Teluk Jakarta dan Sungai Ciliwung merupakan sungai tertinggi penyumbang Pb ke Teluk Jakarta. Hal ini menunjukkan pentingnya Pemda DKI untuk menindaklanjuti hasil penelitian ini dengan cara mengkaji apa penyebab dan sumber permasalahan tersebut, sehingga Pemda DKI dapat menentukan kebijakan tentang

pemukiman dan industri di sekitar sungai tersebut. Dengan demikian, hal tersebut diharapkan dapat menekan laju pencemar khususnya Pb di Teluk Jakarta.

Selain menekan sumber-sumber pencemar di lingkungan sekitar Teluk Jakarta, ternyata Pb di perairan sangat stabil. Sekali perairan tercemar Pb, maka akan sulit mengalami perbaikan apalagi jika sumber-sumber pencemarnya belum diketahui dan dihentikan. Pb merupakan pencemar yang selain berbahaya juga sangat stabil dan akan mengalami siklus biogeologi. Hal ini karena tidak ada satu organisme manapun yang mampu menguraikan Pb. Namun demikian menurut penelitian terdahulu beberapa jenis tanaman mangrove dapat menyerap logam berat. Untuk itulah, kami melakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui: jenis-jenis tanaman mangrove apa saja yang ada di Hutan Mangrove Pantai Kapuk; jenis-jenis tanaman mangrove tergenang apa saja yang memiliki kemampuan mengakumulasi Pb cukup tinggi; bagian-bagian mana pada tanaman mangrove yang mengakumulasi Pb paling banyak; dan untuk mengetahui kadar Pb pada air dan tanah tempat tumbuhnya tanaman mangrove.

Universitas Terbuka

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### **Pencemaran Logam Berat di Teluk Jakarta**

Teluk ini merupakan tempat bermuaranya sekitar 13 sungai yang umumnya sudah melalui pemukiman yang padat penduduk dan daerah industri. Di antara sungai tersebut terdapat beberapa sungai yang besar, yaitu Sungai Cisadane di bagian barat, Sungai Ciliwung di bagian tengah, serta Sungai Citarum dan Sungai Bekasi di bagian timur. Dari dasar perairan Teluk Jakarta tumbuh pulau-pulau karang yang sebagian besar berada di bagian barat, membujur dengan arah utara selatan, misalnya Pulau Bidadari, Pulau Damar, Pulau Ayer, dan Pulau Lancang.

Teluk Jakarta banyak menerima limbah industri maupun domestik melalui 13 buah sungai yang dijadikan tempat pembuangan limbah dari berbagai industri dan pemukiman padat di Jabotabek, ataupun kegiatan industri dan pemukiman yang berkembang di sepanjang pantai, serta kegiatan di pelabuhan-pelabuhan nelayan tradisional maupun pelabuhan kapal-kapal komersial di Tanjung Priok. Keadaan ini menyebabkan pencemaran perairan Teluk Jakarta dari tahun ke tahun semakin parah. Berdasarkan penelitian Puslitbang pengairan, dalam rangka PROKASIH, terungkap bahwa Sungai Cisadane, Sungai Ciliwung, dan Kali Sunter telah mengalami pencemaran dengan kondisi sangat mengkhawatirkan, bahkan pada beberapa lokasi badan sungai, sudah terjadi pencemaran yang sangat berat. Pencemaran Logam berat di Teluk Jakarta ini telah banyak diteliti baik secara perorangan, maupun lembaga (misalnya Oseanologi-LIPI, Batan, IPB, dan KLH) yang umumnya mengungkapkan bahwa perairan tersebut telah tercemar oleh logam berat dengan tingkat yang sangat mengkhawatirkan. Hutagalung (1999) yang meneliti kandungan logam berat pada sedimen di Kolam Pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta, mengungkapkan bahwa kadar logam berat (Cd, Pb, Cr, Cu, dan Ni) di Kolam Pelabuhan Minyak Pertamina menunjukkan kadar tertinggi. Terungkap pula bahwa kadar logam berat pada sedimen di kolam pelabuhan lebih tinggi daripada kadar logam berat pada sedimen di luar kolam pelabuhan. Kejadian ini dikarenakan adanya masukan bahan pencemar dari kali Sunter dan aktivitas pelabuhan.

Hasil penelitian Martin *et al* (1985 dalam Hutagalung 1994), terungkap bahwa kadar logam berat dalam sedimen di Teluk Jakarta sudah sangat tinggi, jauh lebih tinggi

daripada kadar logam berat di perairan Cilacap dan Teluk Banten (Tabel 1). Pada tabel tersebut tampak jelas bahwa kadar Pb dalam sedimen Teluk Jakarta 10 kali lebih tinggi daripada kadar Pb pada sedimen Teluk Banten. Kandungan Pb pada sedimen Teluk Jakarta juga jauh lebih tinggi daripada kandungan Pb di Perairan Cilacap, yaitu mencapai lebih kurang 7 kalinya.

Tabel 1 Perbandingan kadar logam berat dalam sedimen Teluk Jakarta, Cilacap dan Teluk Banten

Parameter	Teluk Jakarta	Perairan Cilacap	Teluk Banten
Hg ( $\mu\text{g/g}$ )	0,544-0,427	0,196-0,132	0,056-0,028
Pb ( $\mu\text{g/g}$ )	104,9-27,8	15,2-3,0	10,4-3,2
Cd ( $\mu\text{g/g}$ )	1,72-0,52	< 0,53	< 0,5
Cu ( $\mu\text{g/g}$ )	27,4-13,4	8,7-1,8	4,2-1,3
Cr ( $\mu\text{g/g}$ )	17,1-3,7	7,3-2,8	5,9-3,9

(Sumber : Martin *et al.* 1985 dalam Hutagalung 1994)

Hasil penelitian Diniah (1995) terungkap bahwa kadar logam berat, khususnya Pb dan Cd air laut, secara berurutan berkisar antara 1,57 sampai dengan 1,75  $\mu\text{g/ml}$  dan 0,014 sampai dengan 0,096  $\mu\text{g/ml}$ , padahal kadar maksimum yang diperbolehkan untuk baku mutu air laut untuk budidaya perikanan adalah  $\leq 0,01$   $\mu\text{g/ml}$ , baik untuk Cd maupun Pb (Kep Men LH no 02 tahun 1988). Kadar Hg pada perairan tersebut masih sangat rendah dengan rentangan tidak terdeteksi sampai 0,0008  $\mu\text{g/ml}$ , sedangkan batas maksimum yang diperbolehkan  $\leq 0,003$   $\mu\text{g/ml}$  (Tabel 2).

Tabel 2 Kadar logam berat di Perairan Teluk Jakarta

Parameter	Contoh air dari permukaan sedimen	Contoh air dari kolom perairan	Baku mutu air laut untuk budidaya perikanan (Kep-02/MENKLH/I/1988)	
			Diperbolehkan	diinginkan
Hg ( $\mu\text{g/ml}$ )	Ttd* - 0,00216	Ttd* - 0,00088	$\leq 0,00300$	0,00010
Cd ( $\mu\text{g/ml}$ )	0,09000 - 0,10400	0,08400 - 0,09600	$\leq 0,01000$	0,00002
Pb ( $\mu\text{g/ml}$ )	1,32000 - 1,63000	1,57000 - 1,75000	$\leq 0,01000$	0,00002

(Sumber: modifikasi dari Diniah, 1995) ttd\* = tidak terdeteksi

Dengan demikian jelaslah bahwa saat ini perairan Teluk Jakarta sudah tercemar logam berat dengan tarap yang cukup mengkhawatirkan terutama Pb dan Cd. Pencemaran Pb berdasarkan penelitian tersebut merupakan yang paling parah sehingga sangat merisaukan banyak kalangan yang peduli lingkungan, karena Pb merupakan salah satu jenis logam berbahaya bagi kesehatan masyarakat. Pendedahan Pb pada tubuh manusia dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, seperti penurunan kecerdasan anak, gangguan pertumbuhan, gangguan fungsi hati dan ginjal, gangguan hematologis, gangguan fungsi saraf pusat dan tepi, dan menyebabkan kematian pada ambang batas tertentu (Tuormaa 1995; Juberg *et al.* 1997; Hu 2002).

Pencemaran Pb di perairan teluk Jakarta telah menyebabkan hasil laut dari teluk Jakarta tercemar logam berat. Seperti terungkap dari hasil penelitian YLKI bekerjasama dengan Fakultas Perikanan IPB (1997, dalam Nurjanah dan Widiastuti 1997) yang mengungkapkan bahwa sebagian besar (84%) sampel ikan telah tercemar logam berat khususnya Pb yang telah melampaui ambang batas yang ditentukan FAO. Hasil penelitian Rumanta (2005) juga terungkap tingginya kandungan Pb pada hasil perikanan laut, di mana kandungan Pb pada ikan dan Crustacea telah melebihi batas maksimum yang ditentukan CCFAC, sedangkan pada Mollusca pada umumnya masih lebih rendah dari batas maksimum yang ditentukan CCFAC. Dalam penelitian ini juga terungkap cukup tingginya kandungan Pb darah masyarakat konsumen (20% responden anak-anak dan 10% responden dewasa telah melampaui LOAEL yang ditentukan CDC/WHO).

### **Timbal (Pb)**

Timbal merupakan logam berat yang berwarna putih kebiruan dan berkilau seperti perak, tidak berasa, tidak berbau, bertekstur lunak, mudah dibentuk, dan bersifat sebagai penghantar arus listrik (Irwin 1997; Kelafant 1988; Winter 2002, Chemsoc 2003). Logam ini mempunyai berat molekul 207,19; berat jenis 11,34 pada suhu 20/4 °C; titik didih 1740 °C; dan titik lebur 327 °C (Kelafant 1988; Wagenet & Lemley 1993).

Timbal sangat populer dan banyak dikenal orang awam. Hal ini tidak mengherankan, karena Pb banyak digunakan dalam berbagai industri dari sejak zaman dahulu hingga sekarang. Diperkirakan sejak ribuan tahun yang lalu manusia telah menggunakan Pb dalam kehidupannya. Pada zaman Romawi Pb digunakan sebagai komponen pemanis dan

pengawet makanan. Mereka juga menggunakannya untuk peralatan makan, pipa air, dan wadah untuk menyimpan anggur. Orang Romawi merupakan penemu pipa air dari Pb. Pada tahun 370 sebelum masehi, Hipokrates telah menemukan adanya penderita kolik akut pada seseorang yang bekerja mengekstrak logam. Pada abad itu tampaknya pengaruh keracunan Pb terhadap para pekerja diabaikan, karena kebanyakan pekerja yang terkena efek racun Pb adalah para budak (Tuormaa 1995; Chetboddy 1995).

Kini penggunaan Pb semakin besar dengan semakin berkembangnya industri dunia. Penggunaan Pb, antara lain dalam industri cat, barang-barang dari keramik, baterai, pelapis logam, alat-alat listrik, bahan pematri kaleng makanan dan penyambung pipa ledeng, kosmetik dan pewarna rambut, crayon, pestisida, plastik, dan bahan pencampur bensin yang berfungsi sebagai anti letup (Manahan 1994; Darmono, 1995; Saeni 1997; Cheminfo 2001; Hu 2002; Chudler 2003).

Produksi Pb dunia akhir-akhir ini setiap tahunnya mencapai 5,4 juta ton dan cenderung terus meningkat dari tahun ke tahun. Sekitar 60% Pb digunakan dalam industri baterai khususnya aki, sisanya digunakan untuk produksi pigmen, plastik, pelapis logam, amunisi, pencampur bensin, dan berbagai produk lainnya (Hu 2002). Dengan demikian jelaslah bahwa Pb digunakan dalam berbagai industri. Luasnya penggunaan Pb ini, telah menyebabkan pencemaran lingkungan (tanah, air, dan udara) dengan sebaran yang juga luas.

Timbal merupakan polutan yang secara alami maupun akibat aktivitas manusia (antropogenik) banyak mencemari lingkungan. Pencemaran secara alami jumlahnya jauh lebih rendah, yaitu sekitar 19.000 ton/tahun dibandingkan dengan pencemaran antropogenik yang dapat mencapai 126.000 ton/tahun (WHO 2003). Umumnya pencemaran Pb secara alami terjadi akibat adanya pelapukan batuan dan letusan gunung berapi; sedangkan pencemaran antropogenik dapat terjadi pada saat penambangan, peleburan, dan pemakaian dalam berbagai industri.

Pada umumnya Pb yang dideposisikan ke lingkungan (udara, tanah, dan air) baik secara alami maupun antropogenik tidak akan jauh dari sumber pencemarnya, tetapi partikel Pb yang ada di udara dengan diameter kurang dari 2 mm, dapat terdistribusi jauh dari sumber pencemarnya. Partikel Pb yang ada di udara pada akhirnya akan turun ke permukaan bumi dan mencemari tanah dan air. Timbal yang masuk ke dalam perairan terutama berasal dari udara, limpasan dari permukaan tanah, atau buangan industri.

Timbal selanjutnya akan diendapkan dalam sedimen perairan atau tetap di dalam kolom air, tergantung dari pH, kadar garam, keberadaan agen pengkelat Pb, kondisi redoks, komposisi partikulat terlarut dan sedimen, konsentrasi Pb, dan mikroorganisme yang dapat memetilasi Pb (Irwin 1997).

Timbal yang mencemari udara, tanah, dan perairan tawar pada akhirnya akan mencemari perairan laut baik secara langsung ataupun tidak langsung. Di lautan Pb juga akan diendapkan dalam sedimen. Biometilasi Pb oleh mikroorganisme benthik dapat meremobilisasi Pb ke dalam kolom air, bahkan Pb-tetrametil yang terbentuk dari proses biometilasi Pb oleh organisme anaerob dalam sedimen perairan bersifat relatif volatil dan dapat menguap ke udara (Kelafant 1988; Irwin 1997).

### **Mangrove**

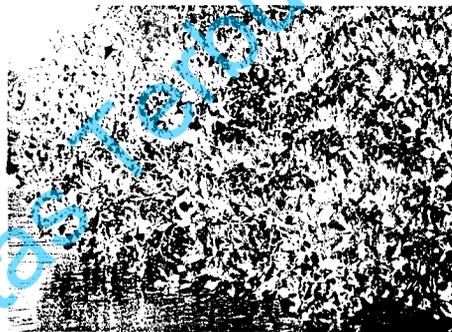
Mangrove merupakan tumbuhan yang terdapat di pesisir laut, hidup di daerah perairan yang terpengaruh pasang surut dan tahan terhadap kandungan garam yang tinggi. Mangrove dapat hidup dalam kondisi lingkungan yang spesifik. Tumbuhan ini membentuk hutan pasang surut yang terdapat pada daerah antara pasang surut laut rata-rata dan pasang surut tertinggi air laut. Mekanisme tumbuhan mangrove untuk mengatasi kandungan garam yang tinggi pada tubuhnya yaitu dengan menyerap garam melalui akarnya dan mengeluarkannya melalui kelenjar yang terdapat pada daun sehingga membentuk kristal pada permukaan daunnya, contohnya *Avicennia* (Gambar 1). Beberapa jenis dari mangrove memiliki bunga berkelamin satu dan poligami sehingga peran serta vektor selain angin untuk penyerbukan sangatlah penting. Contohnya pada marga *Bruguiera* dan *Rhizophora* (Gambar 2), penyerbukan dilakukan dengan bantuan lebah.



Gambar 1: Foto tumbuh-tumbuhan *Avicennia* sp.



A



B

A: Akar tunggang dari *Rhizophora* B: Tumbuhan *Rhizophora* dapat berupa pohon

Gambar 2: Foto tumbuh-tumbuhan *Rhizophora* sp.

## **BAB III**

### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **3.1 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian tahun kedua ini adalah untuk mengetahui :

- a. jenis-jenis tanaman mangrove apa saja yang ada di Hutan Mangrove Pantai Kapuk;
- b. jenis-jenis tanaman mangrove tergenang apa saja yang memiliki kemampuan mengakumulasi Pb cukup tinggi;
- c. bagian-bagian mana pada tanaman mangrove yang mengakumulasi Pb paling banyak;
- d. kadar Pb pada air dan tanah/sedimen tempat tumbuhnya tanaman mangrove.

#### **3.2 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menemukan jenis tanaman mangrove apa saja yang ada di hutan Mangrove Pantai Kapuk Muara Angke, dan daya akumulasinya terhadap Pb. Dengan demikian diharapkan penelitian ini akan memberikan gambaran awal mengenai daya serap tanaman mangrove terhadap Pb dan efisiensinya guna bioremediasi logam berat khususnya Pb di Teluk Jakarta. Hal ini sangat penting guna penelitian lanjutan tentang daya serap tanaman mangrove terhadap Pb yang dikontrol menggunakan model skala laboratorium. Dengan berhasilnya penelitian ini maka dapat disarankan jenis tanaman mangrove apa saja yang sebaiknya dibudidayakan di Teluk Jakarta untuk bioremediasi logam berat.

## BAB IV METODE PENELITIAN

### A. Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian tahap kedua ini dilakukan di hutan mangrove Pantai Kapuk. Uji timbal pada tanaman mangrove dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Tanah Bogor. Rencana pengambilan sampel dilakukan dalam 2 tahap berdasarkan angin musim, yaitu angin musim Barat dan angin musim Timur:

### B. Bahan dan Alat

#### 1. Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman mangrove. Dalam penelitian ini juga diperlukan bahan-bahan kimia, yaitu  $\text{HNO}_3$  pekat (65%); sedangkan bahan yang diperlukan untuk analisis Pb di laboratorium dengan menggunakan AAS, antara lain:  $\text{HNO}_3$  pekat (65%),  $\text{HClO}_4$ , aquabides, kertas saring Whatman ukuran 42, dan standar larutan Pb.

#### 2. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain kantung plastik dan label, gunting tanaman dan pisau untuk mengambil sampel bagian tubuh mangrove (akar, batang, dan daun). Peralatan yang diperlukan untuk analisis Pb di laboratorium dengan menggunakan AAS, antara lain: timbangan analitik, oven, pipet volumetrik, labu takar, gelas Erlenmeyer, gelas arloji, *hotplate*, dan *flame* AAS, alat pengukur (pH meter, salinitas)

### C. Prosedur Pengambilan Data

Pengambilan data dalam penelitian tahap II ini dilakukan dengan cara sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi tanaman mangrove yang dominan di Pantai Kapuk

Identifikasi tanaman mangrove dilakukan dengan studi dokumentasi dan survey lapangan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jenis-jenis tanaman mangrove yang ada di Pantai Kapuk dan selalu tergenang oleh perairan pantai.

## 2. Menentukan kandungan Pb pada tanaman mangrove tergenang

### a. Pengambilan sampel

Dari hasil identifikasi tanaman mangrove tergenang, ditentukan jenis tanaman apa saja yang akan dijadikan sampel berdasarkan pertimbangan (*purposive sampling*), selanjutnya setiap sampel tanaman mangrove diambil bagian tubuhnya (akar, batang, dan daun). Sampel diambil tiga ulangan (triplo) dengan dua periode pengambilan sampel (musim Barat dan musim Timur).

### b. Analisis sampel

Sampel bagian tubuh tanaman (akar, batang, dan daun) dikeringkan pada cawan porselen bersih, yang telah diketahui beratnya, di dalam oven selama 3 hari. Sampel dalam cawan sekitar 5 gram ditambahkan campuran  $\text{HNO}_3$ :  $\text{HClO}_4$  dengan perbandingan 4:1 sekitar 10 ml, selanjutnya dipanaskan dalam *hot plate* dengan suhu  $115^\circ\text{C}$ . Setelah kering sempurna, dengan warna abu-abu, ditambahkan  $\text{HNO}_3$  10% dan dibilas dengan aquabides. Disaring dengan kertas Whatman 42 kemudian dimasukkan ke dalam labu takar sampai larutan menjadi 50 ml. Sediaan siap dibaca kandungan Pb-nya dalam *flame* - AAS.

## D. Analisis Data

Data hasil penelitian ini diolah dengan menggunakan statistik dekriptif dan uji beda dengan menggunakan Anova untuk menentukan perbedaan kandungan Pb pada setiap jenis tanaman mangrove yang diuji. Soft ware yang digunakan adalah SPSS versi 11.5.

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Jenis-jenis Tanaman Mangrove di Kawasan hutan lindung Kapuk Muara Angke

Kawasan ini ditumbuhi oleh berbagai tanaman mangrove yang kondisinya cukup terpelihara walaupun sering terjadi gangguan dari penduduk sekitar. Di kawasan ini tanaman mangrove tergenang lebih kurang ada 5 jenis, yaitu *Bruguiera* (lindur), *Rhizophora* (bakau), *Sonneratia* (pedada), *Nypa* (nipah), dan *Avicenia* (api-api). Untuk lebih jelasnya perhatikan Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Jenis tanaman mangrove di hutan lindung Kapuk, Muara Angke

No	Genus	Spesies	Nama daerah
1	<i>Bruguiera</i>	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Lindur, tanjang merah, salak-salak, totongkek, tanjang.
2	<i>Rhizophora</i>	<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau, gandul, bakao, bakau-bakau, wako, bangko.
		<i>Rhizophora stylosa</i>	Bako kurap, bakau, bako, tongke besar, bangko.
		<i>Rhizophora apiculata</i>	Bakao lentik, bakau-bakau, bako parai.
3	<i>Sonneratia</i>	<i>Sonneratia alba</i>	Padada bogem, pupat, prapat, barapak, muntu, sopo.
		<i>Sonneratia caseolaris</i>	Pedada, dadap, bidara, mangle-mangle, whahat merah.
4	<i>Nypa</i>	<i>Nypa fraticans</i>	Nipah, buyuk, niu, nipa
5	<i>Avicenia</i>	<i>Avicenia marina</i>	Api-api, sia-sia putih, hajusa, pai

Pada Tabel 3 tampak jelas bahwa tanaman mangrove tergenang yang ada di kawasan tersebut lebih kurang terdiri dari 5 jenis, yaitu *Bruguiera* (lindur), *Rhizophora* (bakau), *Sonneratia* (pedada), *Nypa* (nipah), dan *Avicenia* (api-api).

Berdasarkan pengamatan kami, tanaman *Avicenia* merupakan tanaman yang paling tahan terhadap air laut, dan cenderung dominan di mulut pantai. Hal ini terjadi karena tanaman *Avicenia* ini mampu beradaptasi dengan baik terhadap lingkungan yang berkadar garam tinggi. Seperti diungkapkan oleh Pinto (1986). Mekanisme tumbuhan mangrove untuk mengatasi kandungan garam yang tinggi pada tubuhnya yaitu dengan menyerap

garam melalui akarnya dan mengeluarkannya melalui kelenjar yang terdapat pada daun sehingga membentuk kristal pada permukaan daunnya, contohnya *Avicennia*, *Acanthus* dan *Aegiceras*. *Rhizophora*, *Bruguiera*, dan *Nypa* lebih dominan di bagian yang lebih luar dari bibir pantai, namun dapat hidup dalam perairan tergenang, sedangkan *Sonneratia* lebih dominan di daerah pasang surut.

## B. Kandungan Pb air dan sedimen antar lokasi pengambilan sampel

Perbandingan kandungan Pb air dan sedimen pada setiap lokasi pengambilan sampel di musim barat dan musim timur dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perbandingan kandungan Pb air dan sediment ( $\mu\text{g/g}$ ) antar lokasi pengambilan sampel di hutan Mangrove Pantai Kapuk Muara Angke Jakarta Utara

No	Lokasi pengambilan sampel	Kandungan Pb air ( $\bar{X} \pm \text{SD}$ )		Kandungan Pb sedimen ( $\bar{X} \pm \text{SD}$ )	
		Musim Barat	Musim Timur	Musim Barat	Musim Timur
1	Lokasi 1, sekitar tanaman nipah	ttd	ttd	66,43 $\pm$ 16,48A	29,73 $\pm$ 0,32AB
2	Lokasi 2, sekitar tanaman api-api	ttd	ttd	71,80 $\pm$ 11,57A	32,97 $\pm$ 1,19A
3	Lokasi 3, sekitar tanaman bakau	ttd	ttd	91,00 $\pm$ 5,85B	28,67 $\pm$ 3,40B
4	Lokasi 4, sekitar tanaman pedada	ttd	ttd	81,90 $\pm$ 4,59AB	28,17 $\pm$ 1,43B
5	Lokas 5, sekitar tanaman lindur	ttd	ttd	120,70 $\pm$ 4,84C	39,27 $\pm$ 2,38C

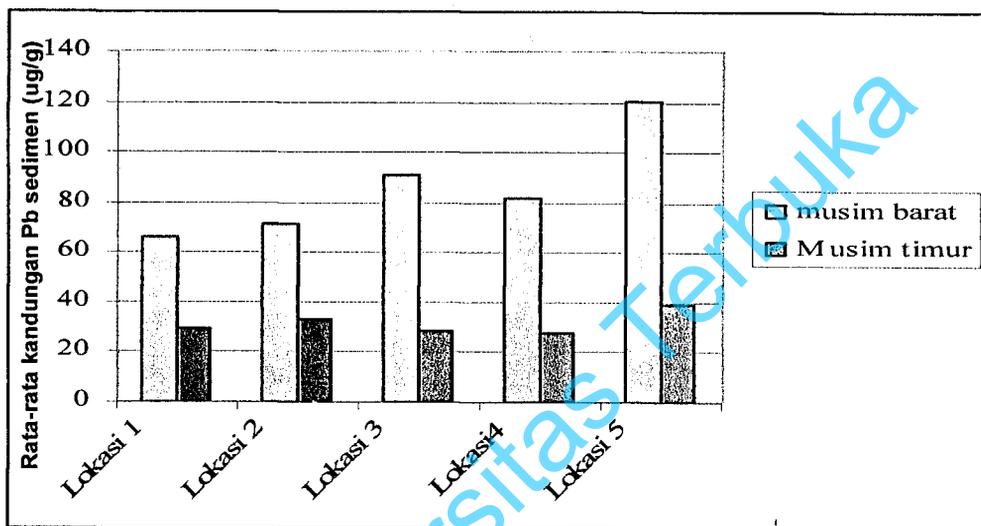
*One way Anova*: Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 4 tampak bahwa kandungan Pb pada air musim barat (penghujan) maupun musim timur (kemarau) sangat rendah sehingga dengan menggunakan *flame AAS* tidak terdeteksi. Hal ini terjadi karena pada saat pengambilan sampel, kondisi air di hutan mangrove umumnya dalam keadaan tenang tergenang. Disamping itu kondisi air yang cukup netral dengan pH rata-rata 7 di setiap lokasi penelitian baik pada musim barat maupun musim timur, menyebabkan Pb mengendap dan terakumulasi dalam sedimen. Hal ini tampak dari tingginya kandungan Pb dalam sedimen di sekitar lokasi pengambilan

sampel (66,43 sampai dengan 120,7  $\mu\text{g/g}$  pada musim barat dan 28,17  $\mu\text{g/g}$  sampai dengan 39,27 pada musim timur).

Kandungan Pb sedimen pada setiap lokasi pengambilan sampel nampak sedikit bervariasi. Keadaan ini dapat disebabkan oleh beberapa hal diantaranya kerapatan tanaman di sekitar tempat pengambilan sampel sedimen. Hal ditunjukkan dengan rendahnya kandungan Pb sedimen di lokasi kumpulan tanaman nipah (66,73  $\mu\text{g/g}$  musim barat dan 29,73  $\mu\text{g/g}$  musim timur).

Untuk lebih mudah memahami perbandingan kandungan Pb pada sedimen di setiap lokasi pengambilan sampel, dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 6. Kandungan Pb pada sedimen di setiap lokasi pengambilan sampel

Pada Gambar 3 tampak jelas bahwa rata-rata kandungan Pb sedimen musim barat lebih tinggi dibanding musim timur. Hal ini dapat terjadi karena pada musim barat umumnya curah hujan cukup tinggi dan kemungkinan adanya pencemaran limbah industri dari industri-industri maupun pemukiman yang terkena banjir baik disengaja ataupun tidak. Pada musim timur, kandungan Pb sedimen turun cukup tajam hal ini dapat terjadi karena pada musim timur umumnya curah hujan cukup rendah dan pembuangan limbah industri dan domestik ke perairan lebih rendah dibanding musim barat yang umumnya disertai curah hujan yang tinggi.

### C. Kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman mangrove

#### 1. Kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman pedada (*Sonneratia sp*)

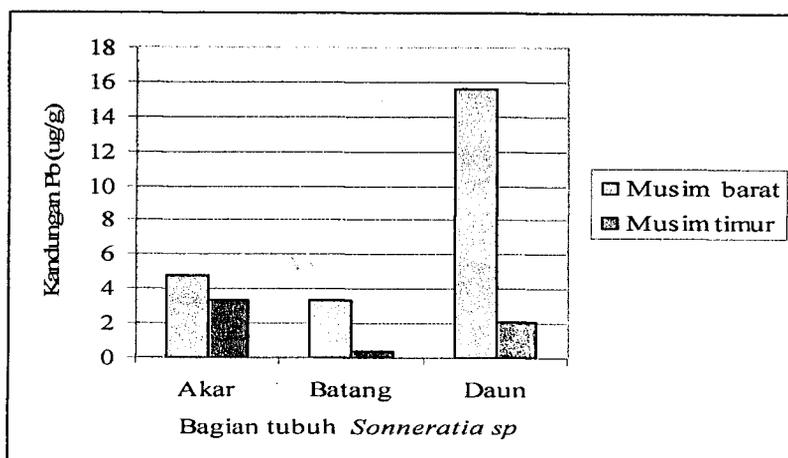
Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman pedada dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Perbedaan kandungan Pb ( $\mu\text{g/g}$ ) antar bagian tubuh tanaman pedada (*Sonneratia sp*) pada musim barat dan timur

No	Bagian tubuh tanaman	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm \text{SD}$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Akar	4,83 $\pm$ 1,55 A	3,34 $\pm$ 2,18 A
2	Batang	3,37 $\pm$ 0,95 A	0,43 $\pm$ 0,32 B
3	Daun	15,57 $\pm$ 4,93 B	2,11 $\pm$ 1,72 AB

*One way Anova:* Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 5 tampak bahwa kadar Pb pada bagian tubuh tanaman pedada rata-rata cukup tinggi dan yang tertinggi pada bagian daun (15,57 $\mu\text{g/g}$  musim barat dan 2,11  $\mu\text{g/g}$  musim timur) dan terendah pada bagian batang (3,37  $\mu\text{g/g}$  musim barat dan 0,43  $\mu\text{g/g}$  musim timur). Hal ini mungkin terjadi karena air yang mengandung Pb pada tumbuhan berkayu, akan bergerak mulai dari buluh akar menuju pembuluh kayu (*xylem*) pada akar. Di akar kemungkinan terjadi lokalisasi Pb (Arisandi.P,2002). Selanjutnya air yang mengandung Pb akan bergerak sesuai aliran air melewati batang menuju permukaan daun. Pada permukaan daun air menguap, sedangkan Pb akan tertahan pada sel-sel daun dan terakumulasi. Selain itu tingginya kandungan Pb pada daun, dapat disebabkan akibat Pb di udara yang akan menempel pada permukaan daun yang cukup luas dibandingkan permukaan organ tubuh lainnya, sehingga tampak bahwa kandungan Pb pada daun umumnya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pada batang dan akar. Untuk lebih jelasnya tentang perbandingan kandungan Pb pada akar, batang, dan daun pedada dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman pedada (*Sonneratia sp*)

Pada Gambar 4 dan Tabel 5 tampak jelas bahwa kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman pada musim barat pada umumnya jauh lebih tinggi dibanding pada musim timur. Hal ini sejalan dengan kandungan Pb pada lingkungan tempat hidupnya (sedimen) yang mengalami kecenderungan yang serupa.

## 2. Kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman bakau (*Rhizophora sp*)

Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman bakau dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

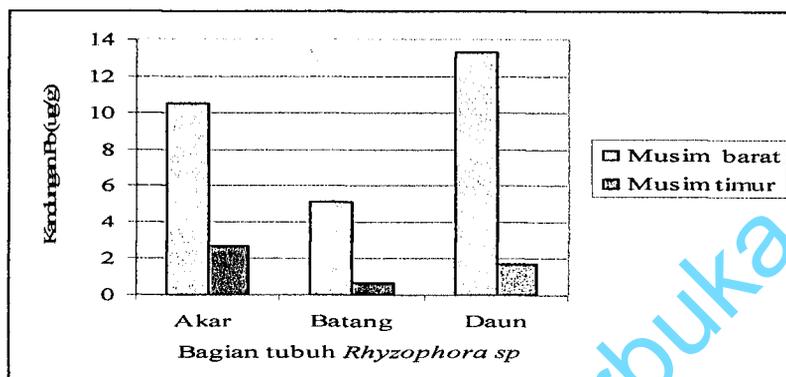
Tabel 6. Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh pada tanaman bakau (*Rhizophora sp*) di musim Barat dan musim Timur

No	Bagian tubuh tanaman	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim barat	Musim timur
1	Akar	10,50 $\pm$ 1,70 AB	2,65 $\pm$ 0,87 A
2	Batang	5,13 $\pm$ 4,05 A	0,71 $\pm$ 0,15B
3	Daun	13,33 $\pm$ 3,30 B	1,72 $\pm$ 0,44 A

*One way Anova:* Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 6 tampak bahwa rata-rata kadar Pb pada bagian tubuh tanaman bakau memiliki kecenderungan yang sama dengan pada tanaman pedada, di mana kandungan Pb tertinggi pada daun (13,33  $\mu$ g/g pada musim barat dan 1,72  $\mu$ g/g pada musim timur) dan terendah pada batang (5,13  $\mu$ g/g pada musim barat dan 0,71 pada musim timur). Sedangkan pada akar kandungan Pb (10,50  $\mu$ g/g musim barat dan 2,65  $\mu$ g/g musim timur) tampak cukup tinggi dibanding kandungan Pb pada batang. Seperti pada tubuhan pedada,

air akan bergerak dari akar menuju daun dan seiring dengan pergerakan air tersebut, Pb juga bergerak dari akar ke daun. Selain itu, adanya pengendapan Pb dari udara ke permukaan daun memungkinkan terjadinya akumulasi Pb pada bagian daun yang jauh lebih tinggi dibandingkan pada bagian tubuh lainnya. Untuk lebih jelasnya tentang perbandingan kandungan Pb pada akar, batang, dan daun bakau dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman bakau (*Rhizophora sp*)

Pada Gambar 5 tampak juga adanya kecenderungan kadar Pb musim barat jauh lebih tinggi dari musim timur, seperti kecenderungan yang ada, pada lingkungan tempat hidupnya.

### 3. Kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*)

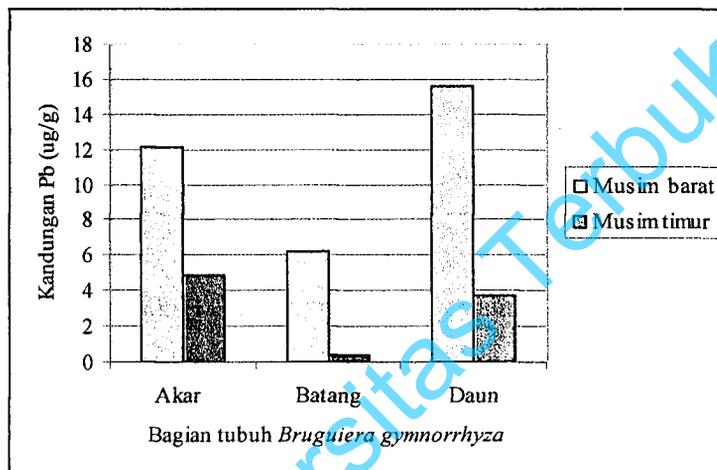
Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman lindur dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh pada tanaman lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) di musim Barat dan musim Timur

No	Bagian tubuh tanaman	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Akar	12,17 $\pm$ 1,67 AB	4,88 $\pm$ 2,18 A
2	Batang	6,27 $\pm$ 4,97 A	0,41 $\pm$ 0,23 B
3	Daun	15,57 $\pm$ 4,94 B	3,78 $\pm$ 1,47 A

*One way Anova*: Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 7 seperti pada tanaman pedada dan bakau, kandungan Pb pada bagian tanaman lindur memiliki kecenderungan yang sama, yaitu tertinggi pada bagian daun (15,57  $\mu\text{g/g}$  pada musim barat dan 3,78  $\mu\text{g/g}$  pada musim timur) dan terendah pada bagian batang (6,72  $\mu\text{g/g}$  pada musim barat dan 0,41  $\mu\text{g/g}$  pada musim timur). Seperti pada tubuhan tanaman mangrove lainnya, air akan bergerak dari akar menuju daun dan seiring dengan pergerakan air tersebut Pb juga bergerak dari akar ke daun, serta adanya pengendapan Pb dari udara memungkinkan terjadinya akumulasi Pb pada daun yang jauh lebih tinggi dibandingkan pada bagian tubuh lainnya. Untuk lebih jelasnya perbandingan kandungan Pb pada akar, batang, dan daun tanaman lindur dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*)

Seperti kandungan Pb pada lingkungan dan tanaman mangrove lainnya, kecenderungan kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman lindur musim barat jauh lebih tinggi dibandingkan pada musim timur. Hal ini tampaknya dipengaruhi oleh rendahnya kandungan Pb pada musim timur dibanding musim barat.

#### 4. Kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman nipah (*Nypa fraticans*)

Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman nipah dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

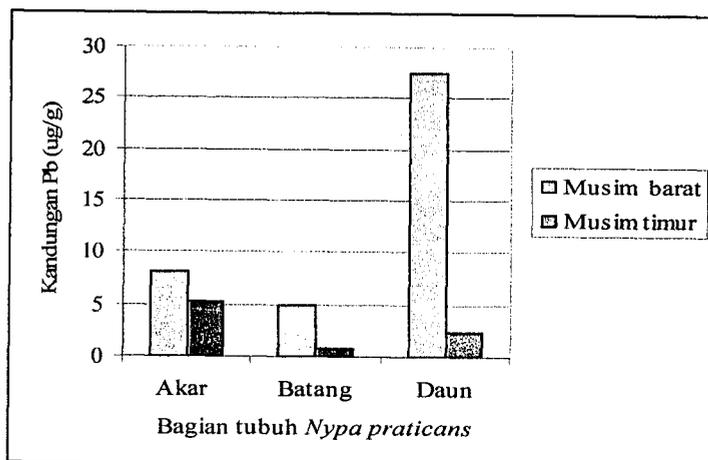
Tabel 8. Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh pada tanaman nipah (*Nypa fraticans*) di musim Barat dan musim Timur

No	Bagian tubuh tanaman	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Akar	8,10 $\pm$ 0,36 A	5,30 $\pm$ 3,52 A
2	Batang	5,00 $\pm$ 0,40 B	0,86 $\pm$ 0,42B
3	Daun	27,50 $\pm$ 0,69 C	2,42 $\pm$ 1,13AB

*One way Anova:* Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 8 tampak bahwa rata-rata kadar Pb pada bagian tubuh tanaman nipah juga cukup tinggi dan yang tertinggi (27,50  $\mu$ g/g musim barat) terdapat pada bagian daun dan terendah pada bagian batang (5,00  $\mu$ g/g musim barat dan 0,86  $\mu$ g/g pada musim timur). Sedangkan pada kandungan Pb pada akar juga cukup tinggi (8,10  $\mu$ g/g musim barat dan 5,30 musim timur). Akumulasi pada akar dapat terjadi karena adanya kemungkinan terjadi lokalisasi Pb (Arisandi.P,2002). Sedangkan akumulasi Pb pada daun dapat terjadi dari akar melalui pergerakan air, dari udara tercemar melalui permukaan daun serta inaktivasi secara kimia (membuat polutan Pb menjadi non aktif) dan menyimpannya di dalam jaringan dalam bentuk yang kurang berbahaya (Arisandi.P,2002). Tampak jelas bahwa daun pada tanaman nipah banyak mengandung Pb dibandingkan dengan kandungan Pb pada daun pedada, bakau, dan lindur khususnya pada musim kemarau. Hal ini tak lain karena tanaman nipah berdaun lebat sehingga luas permukaan daun menjadi lebih besar sehingga penguapan air lebih besar yang memungkinkan pergerakan Pb bersania air juga lebih besar. Selain itu dengan luasnya permukaan daun, maka proses penyerapan Pb dari udara akan lebih banyak, dengan demikian akumulasi Pb di dalam daun juga akan lebih besar.

Untuk lebih jelasnya tentang perbandingan kandungan Pb pada akar, batang, dan daun nipah dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman nipah (*Nypa praticans*)

Pada Gambar 7 tampak pula bahwa kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman nipah musim barat cenderung lebih tinggi dibanding musim timur.

#### 5. Kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman api-api (*Avicenia marina*)

Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman api-api dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh pada tanaman api-api (*Avicenia marina*) di musim Barat dan musim Timur

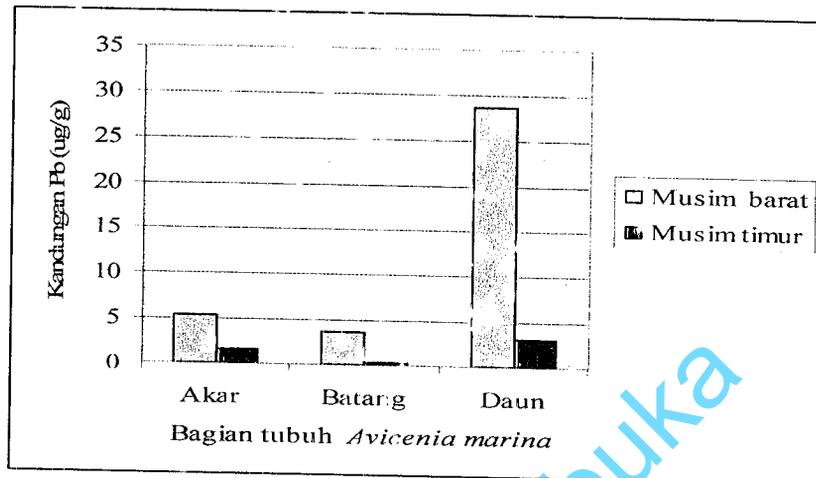
No	Bagian tubuh tanaman	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Akar	5,36 ± 2,11 A	1,64 ± 0,25 A
2	Batang	3,73 ± 1,44 A	0,33 ± 0,30 B
3	Daun	28,67 ± 7,47 B	3,18 ± 0,43 C

*One way Anova:* Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 9 terlihat jelas bahwa rata-rata kadar Pb pada bagian tubuh tanaman api-api juga cukup tinggi dan yang tertinggi terdapat pada bagian daun (28,67 µg/g pada musim darat dan 3.18 µg/g musim timur) dan terendah pada bagian batang (3,73 µg/g

musim barat dan 0,33  $\mu\text{g/g}$  musim timur). Sedangkan pada akar kandungan Pb (5,36  $\mu\text{g/g}$  musim barat dan 1.64  $\mu\text{g/g}$  musim timur),

Untuk lebih jelasnya tentang perbandingan kandungan Pb pada akar, batang, dan daun api-api dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman api-api (*Avicenia marina*)

Jadi secara umum kandungan Pb pada daun tanaman mangrove menempati urutan tertinggi, kedua pada akar, dan yang terendah terjadi pada batang. Hal ini dapat terjadi karena Pb yang terserap ke dalam tubuh tanaman akan melalui batang menuju permukaan daun sejalan dengan proses transpirasi. Pada bagian terdalam korteks akar terdapat selapis sel endodermis yang memiliki lapisan gabus pada bagian dinding transversal dan radial yang disebut pita kaspari, yang dapat menghambat pergerakan air dan zat-zat yang terkandung di dalamnya masuk ke dalam pembuluh xilem untuk kemudian diantarkan menuju daun. Sel endodermis juga berperan dalam menentukan jenis-jenis mineral apa saja yang dapat memasuki xilem (Anonim, 2007). Dengan demikian ada yang disebut sistem barrier yang mengatur agar tanaman tidak keracunan dan menyebabkan tubuh tanaman lebih tahan terhadap berbagai polutan dibandingkan hewan.

Tingginya kandungan Pb pada daun lebih disebabkan oleh adanya polutan di udara yang menempel pada permukaan daun dan meresap ke dalam melalui mulut daun. Selain itu tingginya kandungan Pb di daun, karena polutan ditranslokasikan dari akar ke bagian daun untuk segera diekskresikan atau diakumulasikan pada daun tua yang diikuti dengan absisi daun (Arisandi.P,2002).

## D. Kandungan Pb pada bagian tubuh antar jenis tanaman mangrove

### 1. Kandungan Pb pada akar antar jenis tanaman mangrove

Perbandingan kandungan Pb pada akar antar jenis tanaman mangrove dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Kandungan Pb pada akar antar jenis tanaman mangrove pada musim Barat dan musim Timur

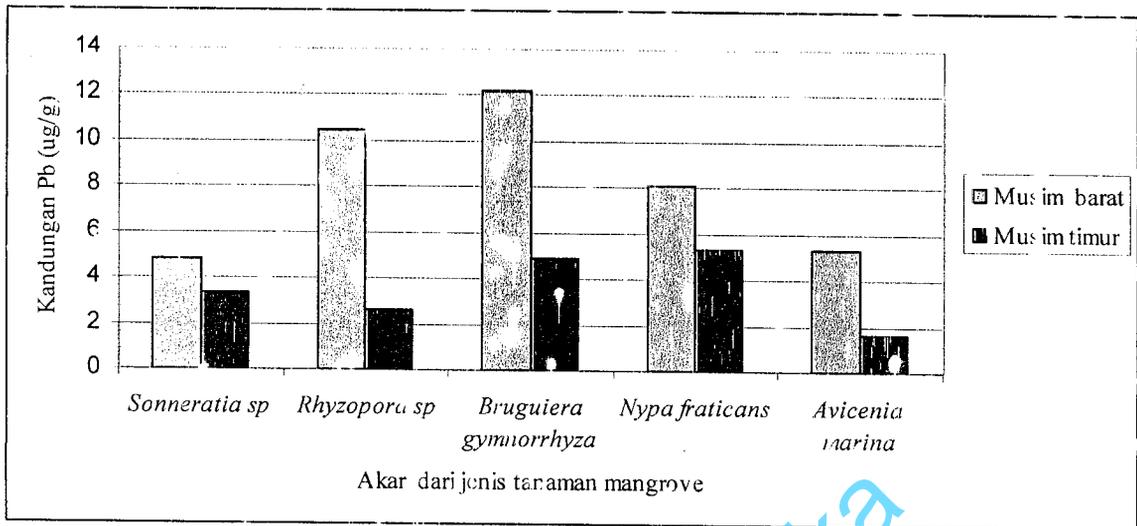
No	Jenis tanaman mangrove	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Pedada ( <i>Sonneratia sp</i> )	4,83 $\pm$ 1,55A	3,34 $\pm$ 2,18A
2	Bakau ( <i>Rhizophora sp</i> )	10,50 $\pm$ 1,71BC	2,65 $\pm$ 0,87A
3	Lindur ( <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> )	12,17 $\pm$ 1,67B	4,88 $\pm$ 2,18A
4	Nipah ( <i>Nypa fraticans</i> )	8,10 $\pm$ 0,40 C	5,30 $\pm$ 3,52A
5	Api-api ( <i>Avicenia marina</i> )	5,36 $\pm$ 2,11A	1,64 $\pm$ 0,25A

One way Anova: Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 10 tampak bahwa secara statistik kandungan Pb pada akar mangrove di musim barat lebih bervariasi dibanding musim timur. Pada musim barat kandungan Pb pada tanaman lindur secara nyata paling tinggi (12,17  $\pm$  1,67) dibanding kandungan Pb pada akar tanaman mangrove lainnya kecuali dengan tanaman bakau. Ada kecenderungan kandungan Pb pada tanaman pedada dan api-api paling rendah dibanding kandungan Pb pada tanaman lainnya. Berbeda dengan kandungan Pb akar mangrove musim barat, pada musim timur kandungan Pb akar tidak ada perbedaan yang nyata, namun demikian ada kecenderungan pada tanaman api-api paling rendah dan nipah serta lindur paling tinggi.

Secara umum kandungan Pb pada akar tanaman lindur paling tinggi dan hal ini disebabkan oleh kandungan Pb sedimen yang ada di sekitar tanaman lindur juga memang paling tinggi (Tabel 4). Dengan tingginya kandungan Pb pada sedimen maka kemungkinan besar akar tanaman mangrove tersebut lebih banyak akan menyerap Pb, sehingga tidak mengherankan jika kandungan Pb pada akar lindur paling tinggi dibanding pada tanaman lainnya. Selain itu bila dilihat dari arus pantai dan arus air, lokasi tanaman lindur berada di daerah pasang surut terluar, yang memungkinkan adanya akumulasi logam berat yang cukup tinggi di banding di daerah yang mendekati bibir pantai seperti lokasi tempat tumbuhnya api-api.

Untuk lebih jelasnya mengenai kandungan Pb pada akar antar jenis tanaman mangrove dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Kandungan Pb pada bagian akar tanaman mangrove

## 2. Kandungan Pb pada batang antar jenis tanaman mangrove

Perbandingan kandungan Pb pada batang antar jenis tanaman mangrove dapat dilihat pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Kandungan Pb pada batang antar jenis tanaman mangrove pada musim Barat dan musim Timur

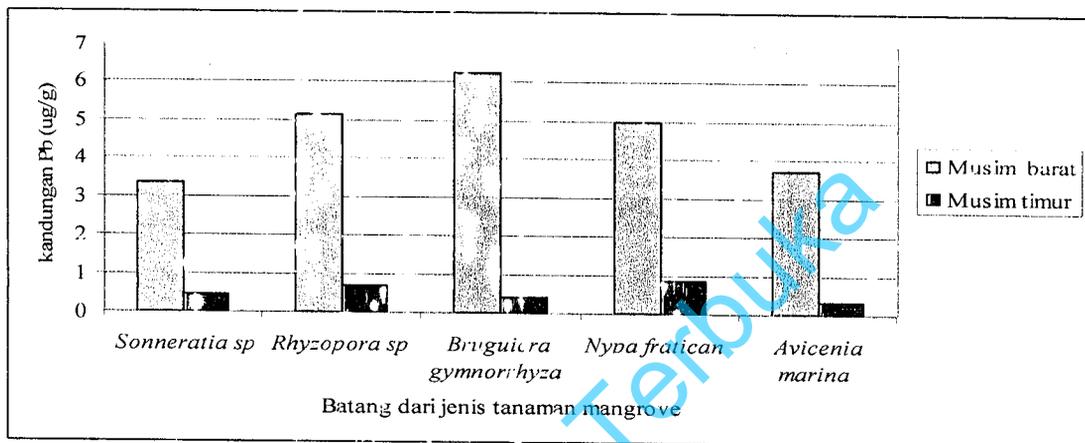
No	Jenis tanaman mangrove	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Pedada ( <i>Sonneratia sp</i> )	3,37 ± 0,95 A	0,43 ± 0,32 A
2	Bakau ( <i>Rhizophora sp</i> )	5,15 ± 4,05 A	0,71 ± 0,15 A
3	Lindur ( <i>Bruguiera gymnorhiza</i> )	6,27 ± 4,97 A	0,41 ± 0,23 A
4	Nipah ( <i>Nypa fraticans</i> )	5,00 ± 0,40 A	0,86 ± 0,42 A
5	Api-api ( <i>Avicenia marina</i> )	3,73 ± 1,44 A	0,33 ± 0,30 A

One way Anova: Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 11 tampak bahwa secara statistik kandungan Pb pada akar mangrove baik pada musim barat maupun musim timur tidak ada perbedaan yang nyata. Namun demikian ada kecenderungan kandungan Pb pada tanaman api-api paling rendah sedangkan pada lindur, bakau dan nipah paling tinggi.

Secara umum ada kecenderungan kandungan Pb pada tanaman lindur, nipah, dan bakau lebih tinggi dibanding kandungan Pb pada tanaman lainnya. Hal ini terjadi karena secara umum kecenderungan yang sama terlihat pada kandungan Pb akar mangrove (Tabel 10 Gambar 9). Dengan demikian ada hubungan yang cukup jelas antara kandungan Pb pada akar dan kandungan Pb pada batang tanaman mangrove.

Untuk lebih jelasnya mengenai perbandingan kandungan Pb pada batang antar jenis tanaman mangrove dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Kandungan Pb pada bagian batang tanaman mangrove

### 3. Kandungan Pb pada daun antar jenis tanaman mangrove

Perbandingan kandungan Pb pada daun antar jenis tanaman mangrove diperlihatkan pada Tabel 12 berikut.

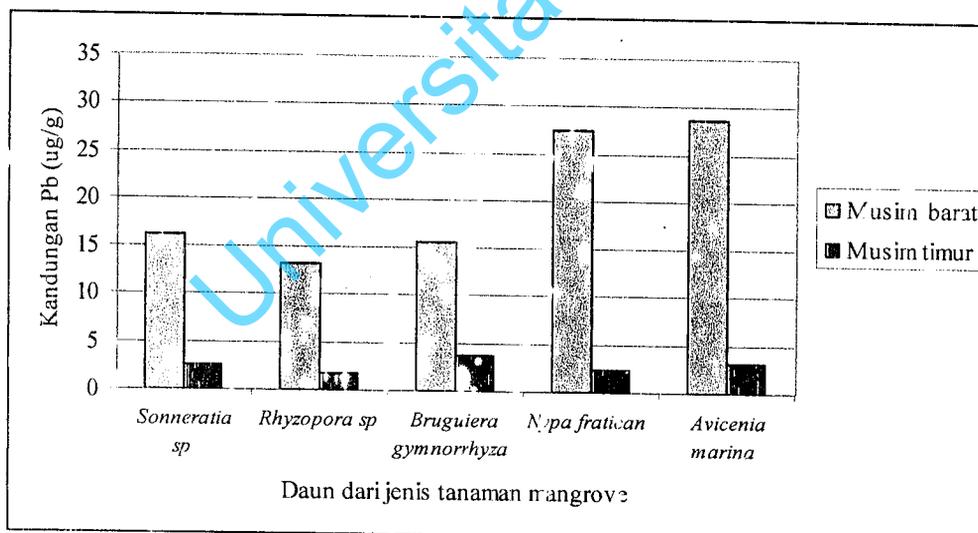
Tabel 12. Kandungan Pb pada daun antar jenis tanaman mangrove pada musim Barat dan musim Timur

No	Jenis tanaman mangrove	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Pedada ( <i>Sonneratia sp</i> )	16,13 $\pm$ 3,42A	2,58 $\pm$ 0,43AB
2	Bakau ( <i>Rhizophora sp</i> )	13,33 $\pm$ 3,30A	1,72 $\pm$ 0,44B
3	Lindur ( <i>Bruguiera gymnorhiza</i> )	15,57 $\pm$ 4,94A	3,78 $\pm$ 1,47A
4	Nipah ( <i>Nypa fraticans</i> )	27,50 $\pm$ 0,69 B	2,42 $\pm$ 1,13AB
5	Api-api ( <i>Avicenia marina</i> )	28,67 $\pm$ 7,47B	3,18 $\pm$ 0,43AB

One way Anova: Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 12 tampak bahwa akumulasi Pb pada bagian daun tanaman mangrove sedikit bervariasi, namun ada kecenderungan kandungan Pb paling tinggi terdapat pada tanaman api-api dan yang paling rendah pada tanaman bakau. Hal ini dapat terjadi karena tanaman api-api memiliki daun yang relatif kecil-kecil dibanding daun tanaman mangrove lainnya. Dengan lebih kecilnya daun, maka luas permukaan total daun akan lebih besar dibanding daun yang lebar-lebar. Sebaliknya daun tanaman bakau merupakan yang paling lebar dibandingkan daun tanaman mangrove lainnya sehingga luas permukaan daun secara keseluruhan lebih rendah dibanding daun tanaman yang berukuran kecil-kecil. Daun bakau termasuk sukulen (berdaging) yang mengandung banyak air yang dapat digunakan untuk mengencerkan konsentrasi logam yang terserap (Arisandi.P,2002). Dengan demikian pendedahan Pb pada daun api-api akan lebih tinggi dibanding pada daun tanaman bakau, sehingga tidak mengherankan jika kandungan Pb per gram pada daun tanaman api-api paling tinggi dan bakau paling rendah. Selain itu menurut beberapa sumber, daun tanaman api-api dapat mengkelat Pb dengan asam-asam poliamino-polikarboksilik dengan baik, sehingga akumulasi Pb pada daun juga lebih besar.

Untuk lebih jelasnya mengenai perbandingan kandungan Pb pada daun antar jenis tanaman mangrove dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Kandungan Pb pada bagian daun tanaman mangrove

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan

1. Tanaman mangrove utama yang ada di hutan mangrove pantai kapuk didominasi oleh 5 genus, yaitu *Bruguiera*, *Rhizophora*, *Sonneratia*, *Nypa*, dan *Avicenia*.
2. Kelima genus tanaman mangrove yang dijadikan sampel berpotensi mengakumulasi Pb baik pada akar, batang, maupun daun. Ada kecenderungan bahwa tanaman lindur merupakan akumulator Pb yang baik pada bagian akar dan batang, sedangkan akumulator terbaik Pb pada bagian daun adalah nipah dan api-api.
3. Bagian tanaman mangrove yang paling banyak mengakumulasi Pb adalah bagian daun. Hal ini karena daun merupakan terminal transportasi Pb melalui akar dan batang. Selain itu daun banyak terdedah Pb di udara.
4. Kadar Pb sedimen semakin rendah pada lokasi yang padat dengan tanaman, selain itu semakin dekat ke bibir pantai Pb sedimen cenderung menurun.

#### Saran

1. Pemda DKI perlu memperhatikan dan memperluas hutan mangrove, karena tanaman mangrove dapat menyerap polutan logam berat khususnya Pb dari perairan.
2. Mengingat bahwa akumulasi Pb pada tanaman sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan di mana tanaman tersebut hidup, maka perlu dilakukan uji laboratorium mengenai daya serap Pb setiap tanaman yang dijadikan penelitian untuk menentukan jenis tanaman mangrove mana yang paling efisien menyerap dan mengakumulasi logam berat khususnya Pb.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. *Limbah B3 di Jakarta tidak dikelola dengan baik*. <http://www.mediaindo.co.id/cetak/berita.asp?id=20020815034410xx>. [28 Pebruari 2003].
- Anonim. 2007. *Struktur Tumbuhan Angiospermae*. [http://icl.ipb.ac.id/sac/hibah/2003/sf\\_tumbuhan/struktur.html](http://icl.ipb.ac.id/sac/hibah/2003/sf_tumbuhan/struktur.html) [13 Desember 2007]
- Arisandi, P. 2002. *Ecological Observation and Wetlands Conservation*. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Basah.
- CDC. 2002. *Childhood lead poisoning associated with tamarind candy and folk remedies-California*. MMWR. 52(31) [serial online]. <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5131a3.htm>. [23 April 2003].
- Cheminfo. 2001. *Lead. Canadian centre for occupational health and safety*. <http://www.gov.calgary.ab.ca/fire/about/division/hazardousmaterials/news/lead.pdf>. [17 April 2003].
- Chemsoc. 2003. *Lead*. <http://www.chemsoc.org/viselements/pages/lead.html>. [23 April 2003].
- Chet Boddy. 2002. *Lead hazards in your home*. <http://www.chetboddy.com/Page/leadhazards.html>. [16 April 2003].
- Darmono. 1995. *Logam berat dalam sistem biologi makhluk hidup*. Jakarta: UI-Press. 140 hlm.
- CCFAC. 1999. *Maximum level for lead. Joint FAO/WHO food standards programme codex committee on food additives or contaminants*. The Hague-The Netherlands [serial online]. [http://www.who.int/fsf/chemicalcontaminants/lead99\\_19e.pdf](http://www.who.int/fsf/chemicalcontaminants/lead99_19e.pdf). [23 April 2003].
- Diniyah. 1995. *Korelasi antara kandungan logam berat Hg, Cd, dan Pb pada beberapa ikan konsumsi dengan tingkat pencemaran di Teluk Jakarta*. Bogor: PPs IPB.
- Hu H. 2002. *Life Support: the environment and human health*. MIT press. Hlm 1-12. <http://www.Med.Harvard.edu/chgc/course/toxic/heavy/Mccally.pdf>. [28 Maret 2003].
- Hund A. 2003. *Heavy metals*. <http://www.amap.no/assess/soarc7.htm>. [2 Pebruari 2003].
- Hutagalung HP. 1994. *Kandungan logam berat dan sedimen di perairan Teluk Jakarta*. Dalam prosiding seminar Pemantauan pencemaran laut. Jakarta, 7-9 Pebruari 1994. Jakarta : Puslitbang Oseanologi-Lipi. Hlm 1-6.
- , 1999. *Kandungan logam berat dalam sedimen di kolam pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta*. Dalam prosiding seminar Oseanologi dan Ilmu Lingkungan

- Laut dalam rangka penghargaan kepada Prof. Dr. Aprilani Soegiarto, M.Sc. APU. Jakarta: Puslitbang Oseanologi-Lipi. Hlm 9-14.
- Irwin RJ. 1997. *Environmental contaminants encyclopedia lead entry*. Colorado: National Park Service, Water Resources Divisions, water operations Branch. Irwin RJ. 1997. *Environmental contaminants encyclopedia lead entry*. Colorado: National Park Service, Water Resources Divisions, water operations Branch. 117 hlm.
- Juberg DR, Kleiman CF, Kwan SC. 1997. *Lead and human health*. <http://www.acsh.org/publications/booklets/lead.pdf>. [23 April 2003].
- Kelafant G. 1988. *Lead*. SRP. <http://www.occenvmed.net/eshsg/leadh3db.htm>. [17 April 2003].
- Manahan, S.E. 1994. *Environmental chemistry*. 6<sup>th</sup> ed. London: Lewis Publ. Hlm 183-184.
- Nurjanah, Widiastuti R. 1997. *Lagi-lagi tercemar logam berat*. Dalam warta Konsumen. Nopember 1997.
- Rahde AF. 1991. *Lead, inorganic*. IPCS INCHEM. <http://www.inchem.org/documents/chemical/inorgloa.htm>. [17 April 2003].
- Rumanta, M. 2005. *Kandungan Pb pada makrozoobentos (Mollusca dan Crustacea) dan pengaruhnya terhadap kesehatan konsumen: (studi kasus di perkampungan nelayan Muara Angke, Jakarta)*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Saeni MS. 1997. *Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat Dengan Analisis Rambut*. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Kimia Lingkungan. Bogor: FMIPA IPB. 45 hlm.
- Suyarso. 1995. *Atlas Oseanologi Teluk Jakarta*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPi. Hlm 1-35.
- Tuormaa TE. 1995. *The Adverse Effects Of Lead*. <http://www.foresightpreconception.org.uk/summaries/frames/lead-inf.htm>!. [20 April 2003].
- Wagenet L, Lemley A. 1993. *Lead In Drinking Water*. Water treatment notes. <http://www.Cce.cornell.edu/factsheets/wq-fact-sheets/fatc2.htm>. [23 April 2003].
- WHO. 2003. *Lead Poisoning Overview*. <http://www.leadpoison.net/treat/overview.htm>. [2 Mei 2003].
- Winter M. 2002. *Lead*. <http://www.webelements.com>. (25 Februari 2003).
- Yun. 2002. *Pencemaran Teluk Jakarta Lampaui Ambang Batas*. Kompas cyber media.

# LAMPIRAN

Universitas Terbuka

Lampiran 1

PENGAMBILAN SAMPEL MUSIM BARAT



## PENGAMBILAN SAMPEL PADA MUSIM TIMUR



## Lampiran 2

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENELITI  
PENEUTITI UTAMA**

Dr. Maman Rumanta, M.Si.      Tempat/tanggal lahir: Majalengka, 9 Mei 1963

**Pendidikan**

Universitas/Institut dan Lokasi	Gelar	Tahun selesai	Bidang studi
IKIP Bandung	Doktorandus	1988	Pendidikan Biologi
Insttut Teknologi Bandung (ITB)	Magister Sains	1994	Biologi
Institut Pertanian Bogor (IPB)	Doktor	2005	Pengelolaan Sumber daya Alam dan Lingkungan

**Pengalaman Penelitian**

Institusi	Jabatan	Periode Kerja
IPB	Peneliti utama: Kandungan Timbal (Pb) pada Makrozoo-bentos (Molusca dan Crustacea) hasil tangkapan nelayan Teluk Jakarta dan pengaruhnya terhadap kesehatan konsumen studi kasus di Perkampungan Nelayan Muara Angke Jakarta.	2005
Pemda DKI	Anggota Tim: "Studi Pencemaran Limbah di Kali Mockervaart" Pemda DKI.	2002
ITB	Peneliti utama: Pengaruh Asam metoksiasetat terhadap organ reproduksi dan fertilitas mencit ( <i>Mus musculus</i> ) Swiss Webster Jantan	1994

### Daftar Publikasi

- (1) Maman Rumanta, M Sri Saeni, Sri Budiarti, D. Djokosetiyanto. 2005. Kandungan Timbal (Pb) pada perairan dan hasil perikanan laut nelayan tradisional Muara Angke dari wilayah Teluk Jakarta. *Jurnal Geografi GEA*. Volume 5 nomor 9. Universitas Pendidikan Indonesia
- (2) Maman Rumanta. (2005). Kandungan timbal pada makrozoobentos (Mollusca dan Crustacea) dan pengaruhnya terhadap kesehatan masyarakat konsumen di Perkampungan Nelayan Muara Angke. *Jurnal Studi Indonesia*. Institut Pertanian Bogor.
- (3) Maman Rumanta. (2005). Kandungan Timbal (Pb) pada Crustacea hasil tangkapan Nelayan Muara Angke di Sekitar Teluk Jakarta. *Jurnal Sain dan Teknologi*. Volume 6 nomor 2. Universitas Terbuka.
- (4) Maman Rumanta, Tien W. Surjono, dan Sri Sudarwati (2001). Pengaruh asam metoksi-asetat terhadap organ reproduksi mencit albino (*Mus musculus*) Swiss Webster Jantan. *Proceeding Institut Teknologi Bandung, Jurnal Ilmiah ITB*. Volume 33 nomor 2. Institut Teknologi Bandung.
- (5) Maman Rumanta. (2000). *Pemahaman Konsep IPA murid Sekolah Dasar di Jawa Barat*. Disampaikan dalam **Seminar Nasional** dalam rangka Wisuda Universitas Terbuka Periode II tahun 2000.
- (6) Maman Rumanta. (2000). *Pendidikan Sains dan Permasalahannya*. Disampaikan dalam **Seminar Nasional** di UPBJJ UT Yogyakarta

Pondok Cabe, 10 Desember 2007

Dr. Maman Rumanta, M.Si  
NIP 131 859 770

**PENELITI ANGGOTA (1)**

Drs. Amril Latif, M.Si

Tempat/tanggal lahir: Silungkang, 01-01-1963

**Pendidikan**

Universitas/Institut dan Lokasi	Gelar	Tahun selesai	Bidang studi
IKIP Jakarta	Doktorandus/Drs.	1988	Kimia
IPB Bogor	Magister Sains	2004	Kimia Pangan/Ilmu Pangan

**Riwayat Pekerjaan**

Institusi	Jabatan	Periode Kerja
IKIP Jakarta	Asisten Dosen MKDU	1988 - 1990
MAN I Jakarta	Guru Kimia	1985 - 1991
FKIP-UT	Staf akademik	1991 - 2005

**Pengalaman Penelitian**

Institusi	Jabatan	Periode Kerja
UT	<b>Peneliti :</b> Kualitas Air Dilingkungan Universitas Terbuka	1998
IPB	<b>Peneliti :</b> Ekstraksi Enzimatis Santan untuk Menghasilkan Medium Chain Triglycerides Tinggi	2003
UT	<b>Peneliti :</b> Kesulitan-Kesulitan yang Dihadapi Mahasiswa Saat Menghadapi UKT Kimia.	2000

**Daftar Publikasi**

- a. Amril Latif (2000) "Reaksi Inti". Dalam BMP Radiokimia, Penerbit Universitas Terbuka

- b. Amril Latif (2000) “ Metabolisme Karbohidrat” Dalam BMP Biokimia, Penerbit Universitas Terbuka
- c. Amril Latif (2000) “ Asam Nukleat” Dalam BMP Biokimia, Penerbit Universitas Terbuka
- d. Amril Latif (2004) “ Aplikasi dan Pengelolaan Limbah Radioaktif” Dalam BMP Radiokimia Penerbit Universitas Terbuka

Pondok Cabe, 10 Desember 2007

Drs. Amril Latif, M.Si

131 965 824

Universitas Terbuka

**PENELITI ANGGOTA (2)**

Dra. Ucu Rahayu, M.Sc

Tempat/tanggal lahir: Cirebon, 10 Nopember 1967

**Pendidikan**

Universitas/Institut dan Lokasi	Gelar	Tahun selesai	Bidang studi
IKIP Bandung	Sarjana Pendidikan	1991	Pendidikan Biologi
Univ. Of Ottawa, Ottawa, Kanada	Master Science	2000	Environmental toxicology and chemistry

**Riwayat Pekerjaan**

Institusi	Jabatan	Periode Kerja
FKIP-UT	Staf akademik	1991 - 2002
	Ka.prog. pend. Biologi, FKIP-UT	2002- sekarang

**Daftar Publikasi**

- a. The Influence of Dissolved Organic Carbon (DOC) and calcium on the toxicity of copper and nickel on zooplankter *Daphnia magna* and Alga *Selenastrum capricornutum*. Thesis. 2001.
- b. The role of ethylene diaminetet. acetic acid (EDTA) on the toxicity of copper and nickel on Alga *S. Capricornutum*. Thesis. 2001
- c. Alteration of DOC on the toxicity of copper and nickel on alga *S. Capricornutum*. Thesis. 2001

Pondok Cabe, 10 Desember 2007

Dra. Ucu Rahayu, M.Sc.

NIP. 131 993 845

**PENELITI ANGGOTA (3)**

Dra. Anna Ratnaningsih, M.Si

Tempat/tanggal lahir: Tasikmalaya, 9 Agustus 1958

**Riwayat Pendidikan**

Universitas/Institut dan Lokasi	Gelar	Tahun selesai	Bidang studi
ITB	Sarjana Biologi	1984	Biologi
IPB Bogor	Magister Sains	2000	Ilmu Gizi Masyarakat dan Sumberdaya Keluarga

**Riwayat Pekerjaan**

Institusi	Jabatan	Periode Kerja
FKIP- UT	Staf Akademik	1987-sekarang

**Daftar Publikasi**

- a. Pengaruh Kadmium Terhadap Gangguan Patologik pada Hati Tikus Percobaan.  
2003
- b. Gangguan Patologik pada Ginjal Tikus Percobaan Akibat Pengaruh Kadmium,  
2004

Pondok Cabe, 10 Desember 2007

Dra. Anna Ratnaningsih, M.Si.

NIP. 131 682 356

**PENELITI ANGGOTA (4)**

Drs. Gusti Nurdin, M.Pd.

Tempat/tanggal lahir: Banjarmasin, 1 Maret 1962

**Riwayat Pendidikan**

<b>Universitas/Institut dan Lokasi</b>	<b>Gelar</b>	<b>Tahun selesai</b>	<b>Bidang studi</b>
UNLAM Banjarmasin	Doktorandus/Drs.	1987	Pendidikan Biologi
UNS Surakarta	Magister PKLH	2002	Lingkungan

**Riwayat Pekerjaan**

<b>Institusi</b>	<b>Jabatan</b>	<b>Periode Kerja</b>
UPBJJ-UT Banjarmasin	Staf Akademik	1992-1995
Unit PSDM-UT	Staf akademik	1995-1999
FKIP-UT	Staf akademik	2002-sekarang

**Daftar Publikasi**

- a. Gusti Nurdin (2005) Hubungan Penggunaan Air Bersih Tindakan Pencegahan Diare dengan Daire, Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi Universitas Terbuka.

Pondok Cabe, 10 Desember 2007

Gusti Nurdin

## Artikel

**DAYA SERAP TANAMAN MANGROVE TERHADAP LOGAM Pb**

(Studi Kasus di Hutan Mangrove Pantai Kapuk, Teluk Jakarta)

**Maman Rumanta, Amril Latief, Ucu Rahayu, Anna Ratna ningsih, dan Gusti Nurdin**  
 e-mail: [mamanr@mail.ut.ac.id](mailto:mamanr@mail.ut.ac.id), [amril@mail.ut.ac.id](mailto:amril@mail.ut.ac.id), [ucu@mail.ut.ac.id](mailto:ucu@mail.ut.ac.id),  
[annar@mail.ut.ac.id](mailto:annar@mail.ut.ac.id), [gnur@mail.ut.ac.id](mailto:gnur@mail.ut.ac.id)

**ABSTRACT**

This study is intended to get information which kinds of mangrove plants are dominant at Mangrove Jungle of Kapuk Sea, which kinds of mangrove having capability to uptake Pb, which parts of mangrove having the highest capability of Pb uptake, and the level of Pb *in situ*. Sampling was taken twice at rainy and dry season. Data were collected through 2 steps, (1) identifying mangrove plants which are dominant in Kapuk Sea, and (2) determine Pb level at parts of mangrove plants (roots, stems, and leaves) based on purposive sampling. The Pb level of sample was examined by *flame* – AAS. Data was collected and analysed by SPSS versi 11.5.

The result of this study showed that (1) the mangrove plants which are dominant at Kapuk sea are *Bruguiera*, *Rhizophora*, *Sonneratia*, *Nypa*, dan *Avicenia*, (2) Roots, stems and leaves of those mangrove plants have a potency to accumulate Pb. (3) Both roots and stems of *Bruguiera*, and the leaves of *Nypa* dan *Avicenia* tended to be Pb accumulator, (4) Parts of mangrove plants having the highest capability in accumulating Pb were leaves, (5) level of Pb in sediment surrounding dense plants was the lowest.

Kata kunci: accumulation, Pb, Mangrove, Kapuk Sea

**Pendahuluan**

Teluk Jakarta merupakan suatu wilayah yang berada di sebelah Utara Kota Jakarta. Wilayah ini mengalami beban pencemar yang cukup berat karena daerah ini menjadi muara dari sungai-sungai yang ada di daerah Jawa Barat dan Banten. Sungai yang bermuara di Teluk Jakarta tersebut terdapat sekitar 13 sungai yang telah melalui daerah pemukiman dan industri yang cukup padat di sekitar Jabodetabek.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa logam berat dengan posisi tertinggi yang mencemari Teluk Jakarta adalah timbal (Hutagalung, 1994; Nurjanah dan Wic iastuti, 1997, dan Rumanta, 2005). Rumanta (2005) juga mengemukakan bahwa pencemaran Pb

terhadap makrozoobentos hasil tangkapan nelayan di Teluk Jakarta mengandung Pb cukup tinggi dan telah melewati ambang batas yang ditetapkan CCFAC (1999). Selain itu, ada kecenderungan kandungan Pb pada hasil perikanan laut ini mempengaruhi kesehatan masyarakat konsumen.

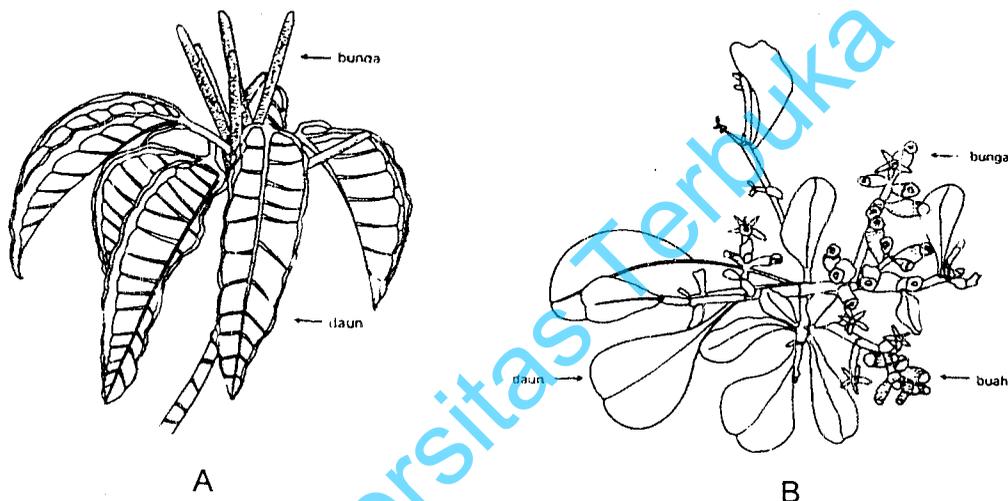
Tingginya kandungan Pb di teluk Jakarta ini cukup mengkhawatirkan, karena sebenarnya Pemda DKI telah menghentikan penggunaan bensin bertimbal sejak bulan Juli 2001 dengan harapan mampu mengurangi pencemaran Pb di wilayah Jakarta. Masih tingginya kadar Pb di Teluk Jakarta ini terjadi karena Pb di perairan sangat stabil dan tidak dapat diuraikan oleh organisme manapun. Sedangkan efek toksik logam ini sangat berbahaya dan dapat bersifat akut atau kronis yang sangat mempengaruhi kesehatan masyarakat, terutama kecerdasan anak-anak yang akan menentukan masa depan bangsa. Timbal merupakan polutan yang secara alami maupun akibat aktivitas manusia (antropogenik) banyak mencemari lingkungan. Pencemaran secara alami jumlahnya jauh lebih rendah, yaitu sekitar 19.000 ton/tahun dibandingkan dengan pencemaran antropogenik yang dapat mencapai 126.000 ton/tahun (WHO 2003). Umumnya pencemaran Pb secara alami terjadi akibat adanya pelapukan batuan dan letusan gunung berapi; sedangkan pencemaran antropogenik dapat terjadi pada saat penambangan, peleburan, dan pemakaian dalam berbagai industri.

Didorong rasa kepedulian, peneliti ingin membantu pemerintah, dalam hal ini Pemda DKI, tertang bagaimana merehabilitasi Kawasan Teluk Jakarta dari pencemar logam berat khususnya timbal (Pb). Selain menekan sumber-sumber pencemar di lingkungan sekitar Teluk Jakarta, ternyata Pb di perairan sangat stabil. Sekali perairan tercemar Pb, maka akan sulit mengalami perbaikan apalagi jika sumber-sumber pencemarnya belum diketahui dan dihentikan. Pb merupakan pencemar yang selain berbahaya juga sangat stabil dan akan mengalami siklus biogeologi. Hal ini karena tidak ada satu organisme manapun yang mampu menguraikan Pb. Namun demikian menurut penelitian terdahulu beberapa jenis tanaman mangrove dapat menyerap logam berat

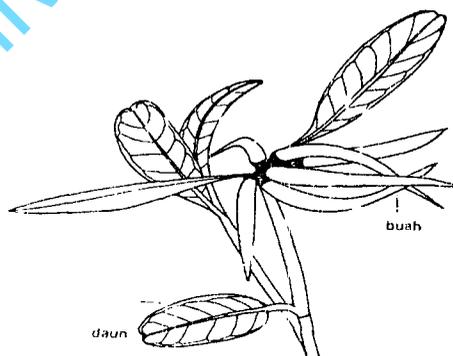
### **Mangrove**

Mangrove merupakan tumbuhan yang terdapat di pesisir laut, hidup di daerah perairan yang terpengaruh pasang surut dan tahan terhadap kandungan garam yang tinggi. Mangrove dapat hidup dalam kondisi lingkungan yang spesifik. Tumbuhan ini membentuk

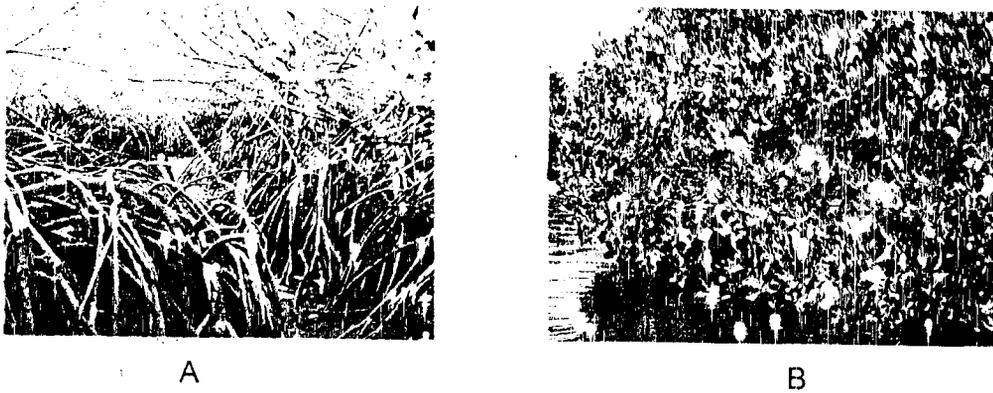
hutan pasang surut yang terdapat pada daerah antara pasang surut laut rata-rata dan pasang surut tertinggi air laut. Beberapa marga seperti *Excoecaria* (Gambar 1A) dan *Lumnitzera* (Gambar 1B) dapat menyimpan garam dalam jaringan tubuhnya seperti kulit pohon atau daun tua. Mekanisme tumbuhan mangrove untuk mengatasi kandungan garam yang tinggi pada tubuhnya yaitu dengan menyerap garam melalui akarnya dan mengeluarkannya melalui kelenjar yang terdapat pada daun sehingga membentuk kristal pada permukaan daunnya, contohnya *Avicennia* (Gambar 4), *Acanthus* dan *Aegiceras* (Gambar 2). Beberapa marga dari mangrove memiliki bunga berkelamin satu dan poligami sehingga peran serta vektor selain angin untuk penyerbukan sangatlah penting. Contohnya pada marga *Bruguiera* dan *Rhizophora* (Gambar 3), penyerbukan dilakukan dengan bantuan lebah.



Gambar 1: (A) Daun dan bunga jantan *Excoecaria* (B) Daun, bunga dan buah *Lumnitzera*



Gambar 2: Daun dan buah *Aegiceras* (Pinto, 1986)



A: Akar tunggang dari *Rhizophora* B: Tumbuhan *Rhizophora* dapat berupa pohon

Gambar 3: Foto tumbuh-tumbuhan *Rhizophora* sp.



Gambar 4 Foto tumbuh-tumbuhan *Avicennia* sp.

Tanaman Mangrove memiliki mekanisme untuk membuat polutan menjadi non aktif dan menyimpannya di dalam jaringan dalam bentuk yang kurang berbahaya. Akumulasi polutan secara terus-menerus dapat merangsang kemampuannya untuk bertahan pada tingkat yang lebih tinggi. Mekanisme yang dikembangkan adalah sebagai berikut.

1. **Ameliorasi**, penanggulangan untuk meminimumkan pengaruh toksin. Terdapat empat pendekatan :

- a. *Lokalisasi*, intra atau ekstra seluler, biasanya terjadi pada akar
- b. *Ekskresi*, secara aktif melalui kelenjar pada tajuk, atau secara pasif dengan akumulasi pada daun-daun tua yang diikuti dengan absisi daun. Secara fisiologis jenis mangrove telah mengembangkan adaptasi terhadap lingkungan yang kaya akan garam, sehingga organ-organ tubuhnya seperti daun telah dilengkapi dengan kelenjar-kelenjar ekskresi.

- c. *Dilusi* (melemahkan) dengan pengenceran, mekanisme ini terjadi di dalam daun. Sifat daun *Rhizophora mucronata* adalah sukulen (berdaging) yang mengandung banyak air yang digunakan untuk mengencerkan konsentrasi logam yang terserap.
- d. *Inaktivasi* secara kimia, membentuk kompleks yang stable untuk mengurangi efek toksik logam di dalam jaringan, biasanya mengalami translokasi pembentukan kelat dengan asam-asam poliamino-polikarbosilik.

2. **Toleransi**, Mengembangkan sistem metabolisme yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik. Kemampuan hutan bakau menyerap logam berat tersebut, menjadikan kawasan ini penyaring limbah yang alamiah mampu menyerap logam berat pencemar.

Dengan mempertimbangkan referensi dan beberapa hasil penelitian terdahulu, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui: (1) jenis-jenis tanaman mangrove yang dominan di Hutan Mangrove Pantai Kapuk; (2) kadar Pb pada air dan sedimen tempat tumbuhnya tanaman mangrove pada angin musim barat dan timur, dan (3) bagian-bagian mana pada tanaman mangrove yang mengakumulasi Pb paling banyak pada angin musim barat (penghujan) dan timur (kemarau).

## **METODE PENELITIAN**

### **Lokasi dan waktu penelitian**

Penelitian tahap kedua ini dilakukan di hutan mangrove Pantai Kapuk. Uji tirbal pada tanaman mangrove dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Tanah Bogor. Pengambilan sampel dilakukan dalam 2 tahap berdasarkan angin musim, yaitu angin musim Barat dan angin musim Timur:

### **Bahan dan Alat**

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman mangrove. Dalam penelitian ini juga diperlukan bahan-bahan kimia, yaitu  $\text{HNO}_3$  pekat (65%); sedangkan bahan yang diperlukan untuk analisis Pb di laboratorium dengan menggunakan AAS, antara lain:  $\text{HNO}_3$  pekat (65%),  $\text{HClO}_4$ , aquabides, kertas saring Whatman ukuran 42, dan standar larutan Pb.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain kantong plastik dan label, gunting tanaman dan pisau untuk mengambil sampel bagian tubuh mangrove (akar, batang, dan daun). Peralatan yang diperlukan untuk analisis Pb di laboratorium dengan

menggunakan AAS, antara lain: timbangan analitik, oven, pipet volumetrik, labu takar, gelas Erlenmeyer, gelas arloji, *hotplate*, dan *flame* AAS, alat pengukur (pH meter, salinitas)

### Prosedur Pengambilan Data

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara sebagai berikut.

#### 1. Mengidentifikasi tanaman mangrove yang dominan di Pantai Kapuk

Identifikasi tanaman mangrove dilakukan dengan studi dokumentasi dan survey lapangan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jenis-jenis tanaman mangrove yang ada di Pantai Kapuk dan selalu tergenang oleh perairan pantai.

#### 2. Menentukan kandungan Pb pada tanaman mangrove tergenang

##### a. Pengambilan sampel

Dari hasil identifikasi tanaman mangrove tergenang, ditentukan jenis tanaman apa saja yang akan dijadikan sampel berdasarkan pertimbangan (*purposive sampling*), selanjutnya setiap sampel tanaman mangrove diambil bagian tubuhnya (akar, batang, dan daun). Sampel diambil tiga ulangan (triplo) dengan dua periode pengambilan sampel (musim Barat dan musim Timur).

##### b. Analisis sampel

Sampel bagian tubuh tanaman (akar, batang, dan daun) dikeringkan pada cawan porselen bersih, yang telah diketahui beratnya, di dalam oven selama 3 hari. Sampel dalam cawan sekitar 5 gram ditambahkan campuran  $\text{HNO}_3$ :  $\text{HClO}_4$  dengan perbandingan 4:1 sekitar 10 ml, selanjutnya dipanaskan dalam *hot plate* dengan suhu  $115\text{ }^\circ\text{C}$ . Setelah kering sempurna, dengan warna abu-abu, ditambahkan  $\text{HNO}_3$  10% dan dibilas dengan aquabides. Disaring dengan kertas Whatman 42 kemudian dimasukkan ke dalam labu takar sampai larutan menjadi 50 ml. Sediaan siap dibaca kandungan Pb-nya dalam *flame* – AAS.

### Analisis Data

Data hasil penelitian ini diolah dengan menggunakan statistik dekriptif dan uji beda dengan menggunakan Anova untuk menentukan perbedaan kandungan Pb pada setiap jenis tanaman mangrove yang diuji. Soft ware yang digunakan adalah SPSS versi 11.5.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Jenis-jenis Tanaman Mangrove di Kawasan hutan lindung Kapuk Muara Angke

Kawasan ini ditumbuhi oleh berbagai tanaman mangrove yang kondisinya cukup terpelihara walaupun sering terjadi gangguan dari penduduk sekitar. Di kawasan ini tanaman mangrove tergenang lebih kurang ada 5 jenis, yaitu *Bruguiera* (lindur), *Rhizophora* (bakau), *Sonneratia* (pedada), *Nypa* (nipah), dan *Avicenia* (api-api). Untuk lebih jelasnya perhatikan tabel 1 berikut.

Tabel 1. Jenis tanaman mangrove di hutan lindung Kapuk, Muara Angke

No	Genus	Spesies	Nama daerah
1	<i>Bruguiera</i>	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Lindur, tanjang merah, salak-salak, totongkek, tanjang.
2	<i>Rhizophora</i>	<i>Rhizophora mucronata</i>	Bakau, gandum, bakao, bakau-bakau, wako, bangko.
		<i>Rhizophora stylosa</i>	Bako kurap, bakau, bako, tongke besar, bangko.
		<i>Rhizophora apiculata</i>	Bakao lentik, bakau-bakau, bako parai.
3	<i>Sonneratia</i>	<i>Sonneratia alba</i>	Padada bogem, pupat, prapat, barapak, muntu, sopo.
		<i>Sonneratia caseolaris</i>	Pedada, dadap, bidara, mangle-mangle, wiahah merah.
4	<i>Nypa</i>	<i>Nypa fraticans</i>	Nipah, buyuk, niu, nipa
5	<i>Avicenia</i>	<i>Avicenia marina</i>	Api-api, sia-sia putih, hajusa, pai

Pada Tabel 1 tampak jelas bahwa tanaman mangrove tergenang yang ada di kawasan tersebut lebih kurang terdiri dari 5 jenis, yaitu *Bruguiera* (lindur), *Rhizophora* (bakau), *Sonneratia* (pedada), *Nypa* (nipah), dan *Avicenia* (api-api).

Berdasarkan pengamatan kami, tanaman *Avicenia* merupakan tanaman yang paling tahan terhadap air laut, dan cenderung dominan di mulut pantai. Hal ini terjadi karena tanaman *Avicenia* ini mampu beradaptasi dengan baik terhadap lingkungan yang berkadar garam tinggi. Seperti diungkapkan oleh Pinto (1986). Mekanisme tumbuhan mangrove untuk mengatasi kandungan garam yang tinggi pada tubuhnya yaitu dengan menyerap garam melalui akarnya dan mengeluarkannya melalui kelenjar yang terdapat pada daun sehingga membentuk kristal pada permukaan daunnya, contohnya *Avicennia*, *Acanthus* dan *Aegiceras*. *Rhizophora*, *Bruguiera*, dan *Nypa* lebih dominan di bagian yang lebih luar dari

bibir pantai, namun dapat hidup dalam perairan tergenang, sedangkan *Sonneratia* lebih dominan di daerah pasang surut.

### B. Kandungan Pb air dan sedimen antar lokasi pengambilan sampel

Perbandingan kandungan Pb air dan sedimen pada setiap lokasi pengambilan sampel di musim barat dan musim timur dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Perbandingan kandungan Pb air dan sediment ( $\mu\text{g/g}$ ) antar lokasi pengambilan sampel di hutan Mangrove Pantai Kapuk Muara Angke Jakarta Utara

No	Lokasi pengambilan sampel	Kandungan Pb air ( $\bar{X} \pm \text{SD}$ )		Kandungan Pb sedimen ( $\bar{X} \pm \text{SD}$ )	
		Musim Barat	Musim Timur	Musim Barat	Musim Timur
1	Lokasi 1, sekitar tanaman nipah	ttd	ttd	66,43 $\pm$ 16,48A	29,73 $\pm$ 0,32AB
2	Lokasi 2, sekitar tanaman api-api	ttd	ttd	71,80 $\pm$ 11,57A	32,97 $\pm$ 1,19A
3	Lokasi 3, sekitar tanaman bakau	ttd	ttd	91,00 $\pm$ 5,85B	28,67 $\pm$ 3,40B
4	Lokasi 4, sekitar tanaman pedada	ttd	ttd	81,90 $\pm$ 4,59AB	28,17 $\pm$ 1,43B
5	Lokasi 5, sekitar tanaman lindur	ttd	ttd	120,70 $\pm$ 4,84C	39,27 $\pm$ 2,38C

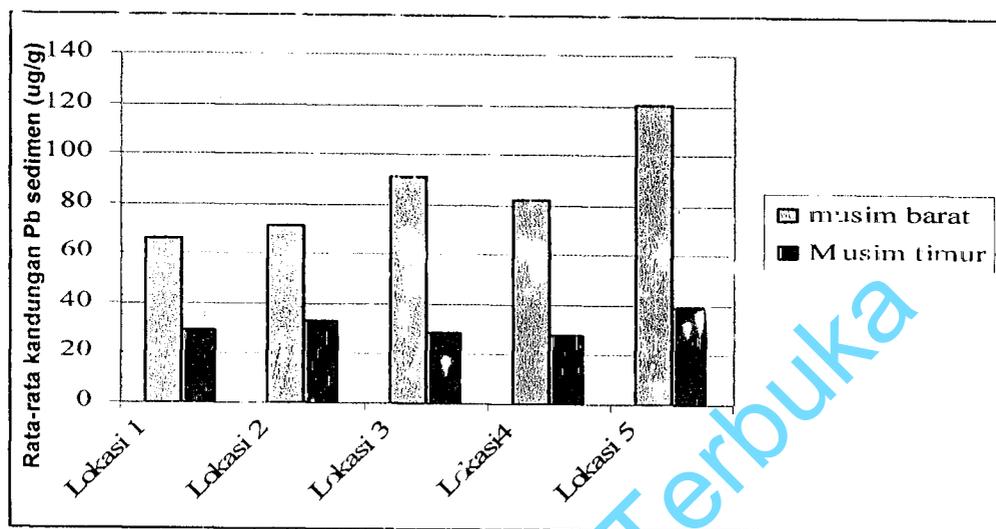
*One way Anova:* Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada tabel 2 tampak bahwa kandungan Pb pada air musim barat (penghujan) maupun musim timur (kemarau) sangat rendah sehingga dengan menggunakan *flame AAS* tidak terdeteksi. Hal ini terjadi karena pada saat pengambilan sampel, kondisi air di hutan mangrove umumnya dalam keadaan tenang tergenang. Disamping itu kondisi air yang cukup netral dengan pH rata-rata 7 di setiap lokasi penelitian baik pada musim barat maupun musim timur, menyebabkan Pb mengendap dan terakumulasi dalam sedimen. Hal ini tampak dari tingginya kandungan Pb dalam sedimen di sekitar lokasi pengambilan sampel (66,43 sampai dengan 120,7  $\mu\text{g/g}$  pada musim barat) dan 28,17  $\mu\text{g/g}$  sampai dengan 39,27 pada musim timur.

Kandungan Pb sedimen pada setiap lokasi pengambilan sampel nampak sedikit bervariasi. Keadaan ini dapat disebabkan oleh beberapa hal diantaranya kerapatan tanaman

di sekitar tempat pengambilan sampel sedimen. Hal ditunjukkan dengan rendahnya kandungan Pb sedimen di lokasi kumpulan tanaman nipah ( $66,73 \mu\text{g/g}$  musim barat dan  $29,73 \mu\text{g/g}$  musim timur).

Untuk lebih mudah memahami perbandingan kandungan Pb pada sedimen di setiap lokasi pengambilan sampel, dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Kandungan Pb pada sedimen di setiap lokasi pengambilan sampel

Pada Gambar 5 tampak jelas bahwa rata-rata kandungan Pb sedimen musim barat lebih tinggi dibanding musim timur. Hal ini dapat terjadi karena pada musim barat umumnya curah hujan cukup tinggi dan kemungkinan adanya pencemaran limbah industri dari industri-industri maupun penukiman yang terkena banjir baik disengaja ataupun tidak. Pada musim timur, kandungan Pb sedimen turun cukup tajam hal ini dapat terjadi karena pada musim timur umumnya curah hujan cukup rendah dan pembuangan limbah industri dan domestik ke perairan lebih rendah dibanding musim barat yang umumnya disertai curah hujan yang tinggi.

### C. Kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman mangrove

#### 1. Kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman pedada (*Sonneratia sp*)

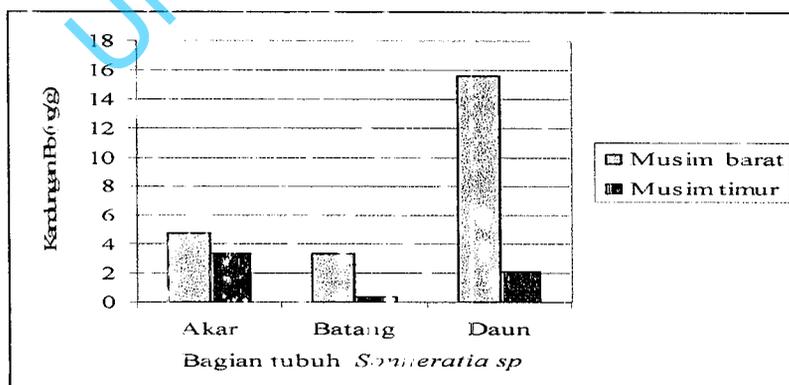
Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman pedada dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Perbedaan kandungan Pb ( $\mu\text{g/g}$ ) antar bagian tubuh tanaman pedada (*Sonneratia sp*) pada musim barat dan timur

No	Bagian tubuh tanaman	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm \text{SD}$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Akar	$4,83 \pm 1,55$ A	$3,34 \pm 2,18$ A
2	Batang	$3,37 \pm 0,95$ A	$0,43 \pm 0,32$ B
3	Daun	$15,57 \pm 4,93$ B	$2,11 \pm 1,72$ AB

*One way Anova:* Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 3 tampak bahwa kadar Pb pada bagian tubuh tanaman pedada rata-rata cukup tinggi dan yang tertinggi pada bagian daun ( $15,57\mu\text{g/g}$  musim barat dan  $2,11\mu\text{g/g}$  musim timur) dan terendah pada bagian batang ( $3,37\mu\text{g/g}$  musim barat dan  $0,43\mu\text{g/g}$  pada musim timur). Hal ini mungkin terjadi karena air yang mengandung Pb pada tumbuhan berkayu, akan bergerak mulai dari buluh akar menuju pembuluh kayu (*xylem*) pada akar. Di akar kemungkinan terjadi lokalisasi Pb (Arisandi.P,2002) Selanjutnya air yang mengandung Pb akan bergerak sesuai aliran air melewati batang menuju permukaan daun. Pada permukaan daun air menguap, sedangkan Pb akan tertahan pada sel-sel daun dan terakumulasi. Selain itu tingginya kandungan Pb pada daun, dapat disebabkan akibat Pb di udara yang akan menempel pada permukaan daun yang cukup luas dibandingkan permukaan organ tubuh lainnya, sehingga tampak bahwa kandungan Pb pada daun umumnya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pada batang dan akar. Untuk lebih jelasnya tentang perbandingan kandungan Pb pada akar, batang, dan daun pedada dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6 Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman pedada (*Sonneratia sp*)

Pada Gambar 6 dan Tabel 3 tampak jelas bahwa kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman pada musim barat pada umumnya jauh lebih tinggi dibanding pada musim timur. Hal ini sejalan dengan kandungan Pb pada lingkungan tempat hidupnya (sedimen) yang mengalami kecenderungan yang serupa.

## 2. Kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman bakau (*Rhizophora sp*)

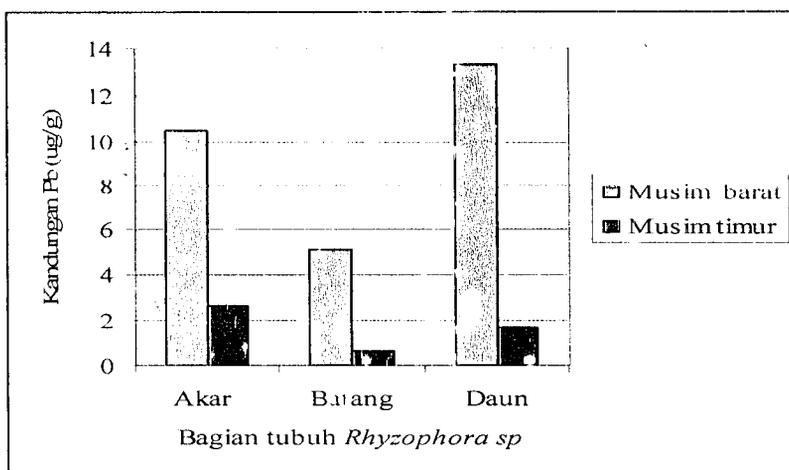
Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman bakau dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh pada tanaman bakau (*Rhizophora sp*) di musim penghujan

No	Bagian tubuh tanaman	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim barat	Musim timur
1	Akar	10,50 $\pm$ 1,70 AB	2,65 $\pm$ 0,87 A
2	Batang	5,13 $\pm$ 4,05 A	0,71 $\pm$ 0,15B
3	Daun	13,33 $\pm$ 5,30 B	1,72 $\pm$ 0,44 A

*One way Anova:* Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 4 tampak bahwa rata-rata kadar Pb pada bagian tubuh tanaman bakau memiliki kecenderungan yang sama dengan pada tanaman pedada, di mana kandungan Pb tertinggi pada daun (13,33  $\mu$ g/g pada musim barat dan 1,72  $\mu$ g/g pada musim timur) dan terendah pada batang (5,13  $\mu$ g/g pada musim barat dan 0,71 pada musim timur). Sedangkan pada akar kandungan Pb (10,50  $\mu$ g/g musim barat dan 2,65  $\mu$ g/g musim timur) tampak cukup tinggi dibanding kandungan Pb pada batang. Seperti pada tubuhan pedada, air akan bergerak dari akar menuju daun dan seiring dengan pergerakan air tersebut, Pb juga bergerak dari akar ke daun. Selain itu, adanya pengendapan Pb dari udara ke permukaan daun memungkinkan terjadinya akumulasi Pb pada bagian daun yang jauh lebih tinggi dibandingkan pada bagian tubuh lainnya. Untuk lebih jelasnya tentang perbandingan kandungan Pb pada akar, batang, dan daun bakau dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7 Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman bakau (*Rhizophora sp.*)

Pada Gambar 7 tampak juga adanya kecenderungan kadar Pb musim barat jauh lebih tinggi dari musim timur, seperti kecenderungan yang ada pada lingkungan tempat hidupnya.

### 3. Kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*)

Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman lindur dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

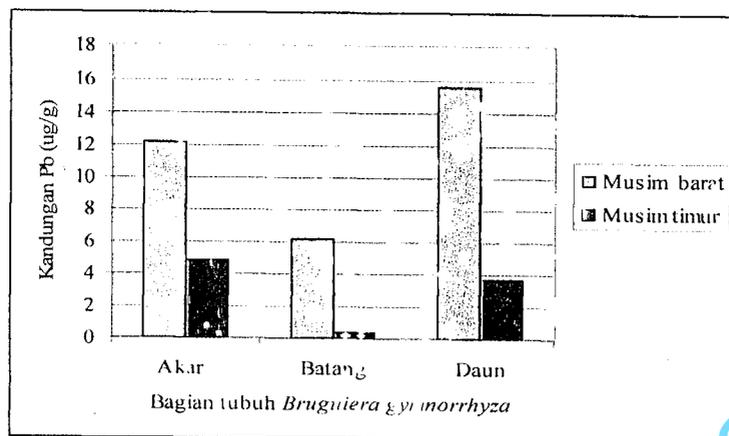
Tabel 5. Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh pada tanaman lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*) di musim penghujan (µg/g)

No	Bagian tubuh tanaman	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Akar	12,17 ± 1,67 AB	4,88 ± 2,18 A
2	Batang	6,27 ± 4,97 A	0,41 ± 0,23 B
3	Daun	15,57 ± 4,94 B	3,78 ± 1,47 A

*One way Anova:* Huruf berbeda pada koion yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 5, seperti pada tanaman pedada dan bakau, kandungan Pb pada bagian tanaman lindur memiliki kecenderungan yang sama, yaitu tertinggi pada bagian daun (15,57 µg/g pada musim barat dan 3,78 µg/g pada musim timur) dan terendah pada bagian batang (6,27 µg/g pada musim barat dan 0,41 µg/g pada musim timur). Seperti pada tubuhan tanaman mangrove lainnya, air akan bergerak dari akar menuju daun dan seiring dengan pergerakan air tersebut Pb juga bergerak dari akar ke daun, serta adanya pengendapan Pb dari udara memungkinkan terjadinya akumulasi Pb pada daun yang jauh

lebih tinggi dibandingkan pada bagian tubuh lainnya. Untuk lebih jelasnya perbandingan kandungan Pb pada akar, batang, dan daun tanaman lindur dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman lindur (*Bruguiera gymnorhiza*)

Seperti kandungan Pb pada lingkungan dan tanaman mangrove lainnya, kecenderungan kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman lindur musim barat jauh lebih tinggi dibandingkan pada musim timur. Hal ini tampaknya dipengaruhi oleh rendahnya kandungan Pb pada musim timur dibanding musim barat.

#### 4. Kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman nipah

Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman nipah dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh pada tanaman nipah (*Nypa fraticans*) di musim penghujan

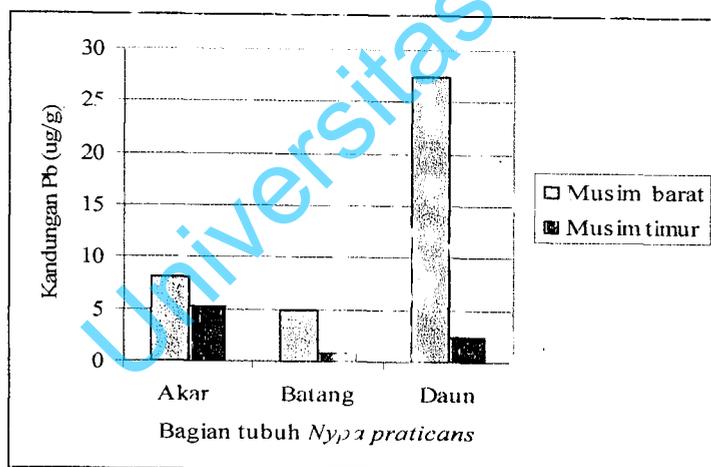
No	Bagian tubuh tanaman	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Akar	8,10 $\pm$ 0,36 A	5,30 $\pm$ 3,52 A
2	Batang	5,00 $\pm$ 0,40 B	0,86 $\pm$ 0,42B
3	Daun	27,50 $\pm$ 0,69 C	2,42 $\pm$ 1,13AB

*One way Anova:* Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 6 tampak bahwa rata-rata kadar Pb pada bagian tubuh tanaman nipah juga cukup tinggi dan yang tertinggi (27,50)µg/g musim barat) terdapat pada bagian daun

dan terendah pada bagian batang (5,00  $\mu\text{g/g}$  musim barat dan 0,86 $\mu\text{g/g}$  pada musim timur). Sedangkan pada kandungan Pb pada akar juga cukup tinggi (8,10  $\mu\text{g/g}$  musim barat dan 5,30 musim timur). Akumulasi pada akar dapat terjadi karena adanya kemungkinan terjadi lokalisasi Pb (Arisandi.P,2002). Sedangkan akumulasi Pb pada daun dapat terjadi dari akar melalui pergerakan air, dari udara tercemar melalui permukaan daun serta inaktivasi secara kimia (membuat polutan Pb menjadi non aktif) dan menyimpannya di dalam jaringan dalam bentuk yang kurang berbahaya (Arisandi.P,2002). Tampak jelas bahwa daun pada tanaman nipah banyak mengandung Pb dibandingkan dengan kandungan Pb pada daun pedada, bakau, dan lindur khususnya pada musim kemarau. Hal ini tak lain karena tanaman nipah berdaun lebat sehingga luas permukaan daun menjadi lebih besar sehingga penguapan air lebih besar yang memungkinkan pergerakan Pb bersama air juga lebih besar. Selain itu dengan luasnya permukaan daun, maka proses penyerapan Pb dari udara akan lebih banyak, dengan demikian akumulasi Pb di dalam daun juga akan lebih besar lesar.

Untuk lebih jelasnya tentang perbandingan kandungan Pb pada akar, batang, dan daun nipah dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman nipah (*Nypa praticans*)

Pada Gambar 9 tampak pula bahwa kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman nipah pada musim barat cenderung lebih tinggi dibanding musim timur.

### 5. Kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman api-api (*Avicenia marina*)

Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh tanaman api-api dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

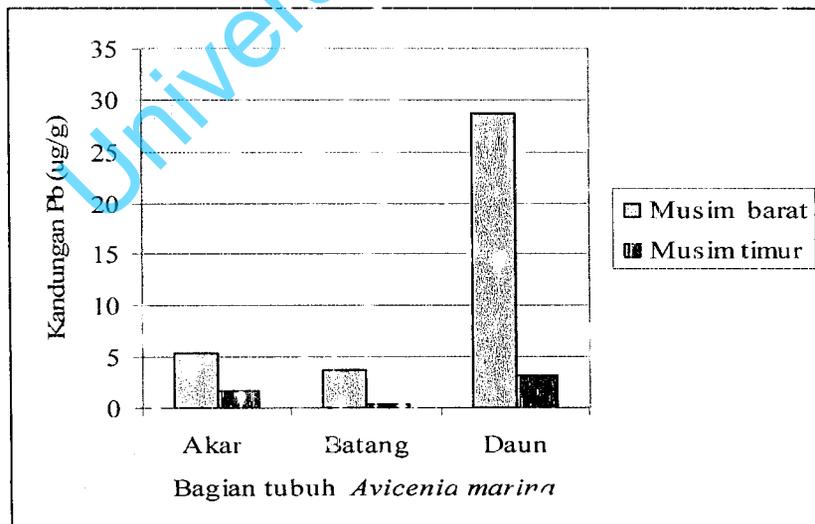
Tabel 7. Perbandingan kandungan Pb antar bagian tubuh pada tanaman api-api (*Avicenia marina*) di musim penghujan

No	Bagian tubuh tanaman	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Akar	5,36 $\pm$ 2,11 A	1,64 $\pm$ 0,25 A
2	Batang	3,73 $\pm$ 1,44 A	0,33 $\pm$ 0,30 B
3	Daun	28,67 $\pm$ 7,47 B	3,18 $\pm$ 0,43 C

*One way Anova:* Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 7 terlihat jelas bahwa rata-rata kadar Pb pada bagian tubuh tanaman api-api juga cukup tinggi dan yang tertinggi terdapat pada bagian daun (28,67  $\mu$ g/g pada musim barat dan 3,18  $\mu$ g/g musim timur) dan terendah pada bagian batang (3,73  $\mu$ g/g musim barat dan 0,33  $\mu$ g/g musim timur). Sedangkan pada akar kandungan Pb (5,36  $\mu$ g/g musim barat dan 1,64  $\mu$ g/g musim timur),

Untuk lebih jelasnya tentang perbandingan kandungan Pb pada akar, batang, dan daun api-api dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Kandungan Pb pada bagian tubuh tanaman api-api (*Avicenia marina*)

Jadi secara umum kandungan Pb pada daun tanaman mangrove menempati urutan tertinggi, kedua pada akar, dan yang terendah terjadi pada batang. Hal ini dapat terjadi karena Pb yang terserap ke dalam tubuh tanaman akan melalui batang menuju permukaan daun sejalan dengan proses transpirasi. Pada bagian terdalam korteks akar terdapat selapis sel endodermis yang memiliki lapisan gabus pada bagian dinding transversal dan radial yang disebut pita kaspari, yang dapat menghambat pergerakan air dan zat-zat yang terkandung di dalamnya masuk ke dalam pembuluh xilem untuk kemudian dihatarkan menuju daun. Sel endodermis juga berperan dalam menentukan jenis-jenis mineral apa saja yang dapat memasuki xilem (Anonim, 2007). Dengan demikian ada yang disebut sistem barrier yang mengatur agar tanaman tidak keracunan dan menyebabkan tubuh tanaman lebih tahan terhadap berbagai polutan dibanding hewan.

Tingginya kandungan Pb pada daun lebih disebabkan oleh adanya polutan di udara yang menempel pada permukaan daun dan meresap ke dalam melalui mulut daun. Selain itu polutan ditranslokasikan dari akar ke bagian daun untuk segera diekskresikan atau diakumulasikan pada daun tua yang diikuti dengan absisi daun (Arisandi.P,2002).

#### D. Kandungan Pb pada bagian tubuh antar jenis tanaman mangrove

##### 1. Kandungan Pb pada akar antar jenis tanaman mangrove

Perbandingan kandungan Pb pada akar antar jenis tanaman mangrove dapat dilihat pada tabel 8 berikut.

Tabel 8. Kandungan Pb pada akar antar jenis tanaman mangrove pada musim Barat dan Timur

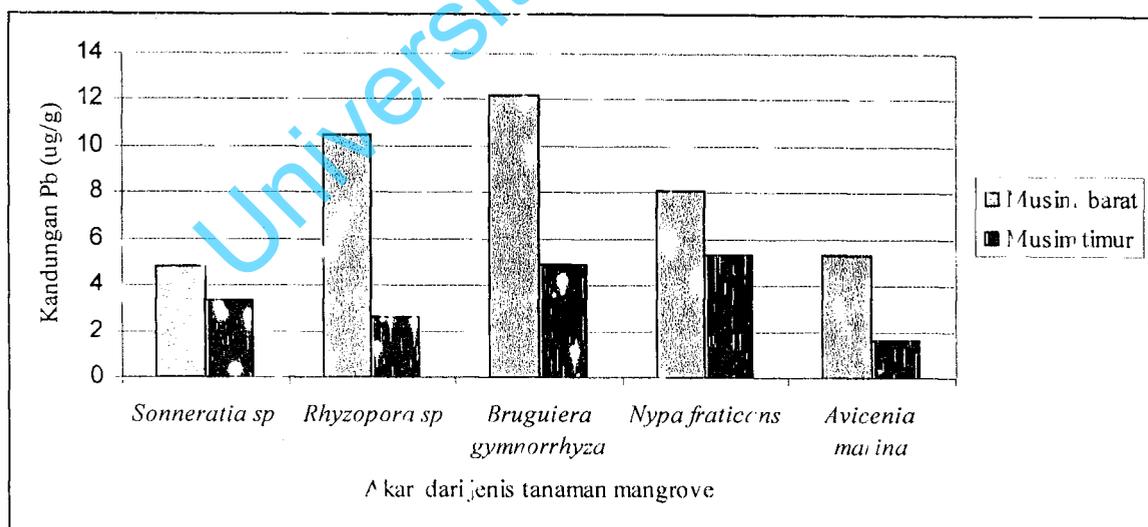
No	Jenis tanaman mangrove	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Pedada ( <i>Sonneratia sp</i> )	4,83 $\pm$ 1,55A	3,34 $\pm$ 2,18A
2	Bakau ( <i>Rhizophora sp</i> )	10,50 $\pm$ 1,71BC	2,65 $\pm$ 0,87A
3	Lincaur ( <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> )	12,17 $\pm$ 1,67B	4,88 $\pm$ 2,18A
4	Nipah ( <i>Nypa fraticans</i> )	8,10 $\pm$ 0,40 C	5,30 $\pm$ 3,52A
5	Api-api ( <i>Avicennia marina</i> )	5,36 $\pm$ 2,11A	1,64 $\pm$ 0,25A

*One way Anova:* Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 8 tampak bahwa secara statistik kandungan Pb pada akar mangrove di musim barat lebih bervariasi dibanding musim timur. Pada musim barat kandungan Pb pada tanaman lindur secara nyata paling tinggi ( $12,17 \pm 1,67$ ) dibanding kandungan Pb pada akar tanaman mangrove lainnya kecuali dengan tanaman bakau. Ada kecenderungan kandungan Pb pada tanaman pedada dan api-api paling rendah dibanding kandungan Pb pada tanaman lainnya. Berbeda dengan kandungan Pb akar mangrove musim barat, pada musim timur kandungan Pb akar tidak ada perbedaan yang nyata, namun demikian ada kecenderungan pada tanaman api-api paling rendah dan nipah serta Lindur paling tinggi.

Secara umum kandungan Pb pada akar tanaman lindur paling tinggi dan hal ini disebabkan oleh kandungan Pb sedimen yang ada di sekitar tanaman lindur juga memang paling tinggi. Dengan tingginya kandungan Pb pada sedimen maka kemungkinan besar akar tanaman mangrove tersebut lebih banyak akan menyerap Pb, sehingga tidak mengherankan jika kandungan Pb pada akar lindur paling tinggi dibanding pada tanaman lainnya. Selain itu bila dilihat dari arus pantai dan arus air, lokasi tanaman lindur berada di daerah pasang surut terluar, yang memungkinkan adanya akumulasi logam berat yang cukup tinggi di banding di daerah yang mendekati bibir pantai seperti lokasi tempat tumbuhnya api-api.

Untuk lebih jelasnya mengenai kandungan Pb pada akar antar jenis tanaman mangrove dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Kandungan Pb pada bagian akar tanaman mangrove

## 2. Kandungan Pb pada batang antar jenis tanaman mangrove

Perbandingan kandungan Pb pada batang antar jenis tanaman mangrove dapat dilihat pada tabel 9 berikut.

Tabel 9. Kandungan Pb pada batang antar jenis tanaman mangrove pada musim Barat dan Timur

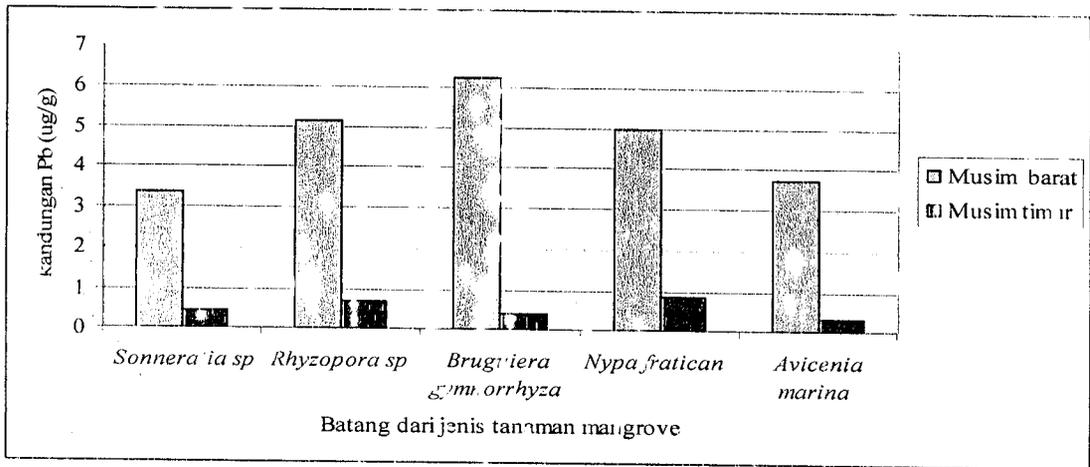
No	Jenis tanaman mangrove	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Pedada ( <i>Sonneratia sp</i> )	3,37 $\pm$ 0,95A	0,43 $\pm$ 0,32A
2	Bakau ( <i>Rhizophora sp</i> )	5,15 $\pm$ 4,05A	0,71 $\pm$ 0,15A
3	Lindur ( <i>Bruguiera gyn.norrhiza</i> )	6,27 $\pm$ 4,97 A	0,41 $\pm$ 0,23A
4	Nipah ( <i>Nypa fraticans</i> )	5,00 $\pm$ 0,40A	0,86 $\pm$ 0,42A
5	Api-api ( <i>Avicennia marina</i> )	3,73 $\pm$ 1,44 A	0,33 $\pm$ 0,30A

*One way Anova:* Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 9 tampak bahwa secara statistik kandungan Pb pada akar mangrove baik pada musim barat maupun musim timur tidak ada perbedaan yang nyata. Namun demikian ada kecenderungan kandungan Pb pada tanaman api-api paling rendah sedangkan pada lindur, bakau dan nipah paling tinggi.

Secara umum ada kecenderungan kandungan Pb pada tanaman lindur, nipah, dan bakau lebih tinggi dibanding kandungan Pb pada tanaman lainnya. Hal ini terjadi karena secara umum kecenderungan yang sama terlihat pada kandungan Pb akar mangrove. Dengan demikian ada hubungan yang cukup jelas antara kandungan Pb pada akar dan kandungan Pb pada batang tanaman mangrove.

Untuk lebih jelasnya mengenai perbandingan kandungan Pb pada batang antar jenis tanaman mangrove dapat dilihat pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Kandungan Pb pada bagian batang tanaman mangrove

### 3. Kandungan Pb pada daun antar jenis tanaman mangrove

Perbandingan kandungan Pb pada daun antar jenis tanaman mangrove diperhatikan pada tabel 10 berikut.

Tabel 10. Kandungan Pb pada daun antar jenis tanaman mangrove pada musim Barat dan Timur

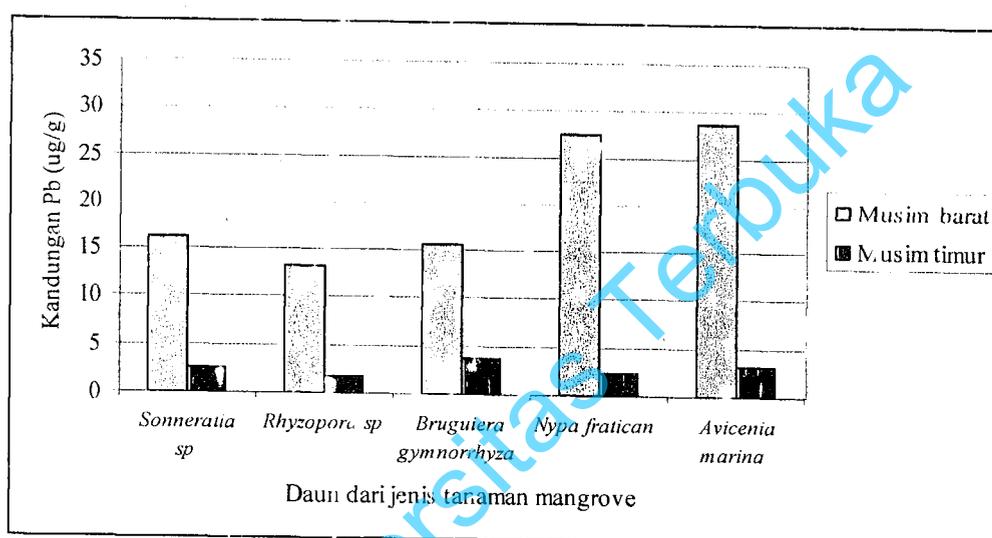
No	Jenis tanaman mangrove	Kandungan Pb ( $\bar{X} \pm SD$ )	
		Musim Barat	Musim Timur
1	Pedada ( <i>Sonneratia sp</i> )	16,13 $\pm$ 3,42A	2,58 $\pm$ 0,43AB
2	Bakau ( <i>Rhizophora sp</i> )	13,33 $\pm$ 3,30A	1,72 $\pm$ 0,44B
3	Lindur ( <i>Bruguiera gymnorhiza</i> )	15,57 $\pm$ 4,94A	3,78 $\pm$ 1,47A
4	Nipah ( <i>Nypa fraticans</i> )	27,50 $\pm$ 0,69 B	2,42 $\pm$ 1,13AB
5	Api-api ( <i>Avicenia marina</i> )	28,67 $\pm$ 7,47B	3,18 $\pm$ 0,43AB

*One way Anova:* Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan

Pada Tabel 10 tampak bahwa akumulasi Pb pada bagian daun tanaman mangrove sedikit bervariasi, namun ada kecenderungan kandungan Pb paling tinggi terdapat pada tanaman api-api dan yang paling rendah pada tanaman bakau. Hal ini dapat terjadi karena tanaman api-api memiliki daun yang relatif kecil-kecil dibanding daun tanaman mangrove lainnya. Dengan lebih kecilnya daun, maka luas permukaan total daun akan lebih besar dibanding daun yang lebar-lebar. Sebaliknya daun tanaman bakau merupakan yang paling lebar dibandingkan daun tanaman mangrove lainnya sehingga luas permukaan daun secara keseluruhan lebih rendah dibanding daun tanaman yang berukuran kecil-kecil. Daun bakau

termasuk sukulen (berdaging) yang mengandung banyak air yang dapat digunakan untuk mengencerkan konsentrasi logam yang terserap (Arisandi.P,2002). Dengan demikian pendedahan Pb pada daun api-api akan lebih tinggi dibanding pada daun tanaman bakau, sehingga tidak mengherankan jika kandungan Pb per gram pada daun tanaman api-api paling tinggi dan bakau paling rendah. Selain itu menurut beberapa sumber, daun tanaman api-api dapat mengkelat Pb dengan asam-asam poliamino-polikarboksilik dengan baik, sehingga akumulasi Pb pada daun juga lebih besar.

Untuk lebih jelasnya mengenai perbandingan kandungan Pb pada daun antar jenis tanaman mangrove dapat dilihat pada Gambar 13 berikut.



Gambar 13. Kandungan Pb pada bagian daun tanaman mangrove

## KESIMPULAN DAN SARAN

Tanaman mangrove utama yang ada di hutan mangrove pantai kapuk didominasi oleh 5 genus, yaitu *Bruguiera*, *Rhizophora*, *Sonneratia*, *Nypa*, dan *Avicenia*. Kelima genus tanaman mangrove yang dijadikan sampel berpotensi mengakumulasi Pb baik pada akar, batang, maupun daun. Ada kecenderungan bahwa tanaman lindur (*Bruguiera*) merupakan akumulator Pb yang baik pada bagian akar dan batang, sedangkan akumulator terbaik Pb pada bagian daun adalah nipah dan api-api. Sementara, bagian tanaman mangrove yang paling banyak mengakumulasi Pb adalah bagian daun. Hal ini karena daun merupakan terminal transportasi Pb melalui akar dan batang. Selain itu daun banyak terdedah Pb di

udara. Kadar Pb sedimen semakin rendah pada lokasi yang padat dengan tanaman, selain itu semakin dekat ke bibir pantai Pb sedimen cenderung menurun.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut disarankan agar Pemda DKI perlu memelihara dan memperluas hutan mangrove, karena tanaman mangrove dapat menyerap polutan logam berat khususnya Pb dari perairan. Mengingat bahwa akumulasi Pb pada tanaman sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan di mana tanaman tersebut hidup, maka perlu dilakukan uji laboratorium mengenai daya serap Pb setiap tanaman yang dijadikan penelitian untuk menentukan jenis tanaman mangrove mana yang paling efisien menyerap dan mengakumulasi logam berat khususnya Pb.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. *Limbah B3 di Jakarta tidak dikelola dengan baik*. <http://www.mediaindo.co.id/cetak/berita.asp?id=20020815034410xx>. [28 Februari 2003]
- Anonim. 2007. *Struktur Tumbuhan Angiospermae*. [http://iel.ipb.ac.id/sac/hibah/2003/sf\\_tumbuhan/struktur.html](http://iel.ipb.ac.id/sac/hibah/2003/sf_tumbuhan/struktur.html) [13 Desember 2007]
- Arisandi, P. 2002. *Ecological Observation and Wetlands Conservation*. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Basah.
- CDC. 2002. *Childhood lead poisoning associated with tamarind candy and folk remedies-California*. MMWR. 52(31) [serial online]. <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5131a3.htm>. [23 April 2003].
- Chemintó. 2001. *Lead. Canadian centre for occupational health and safety*. <http://www.gov.calgary.ab.ca/fire/about/division/hazardous.materials/news/lead.pdf>. [17 April 2003].
- Chemsoc. 2003. *Lead*. <http://www.chemsoc.org/viselements/pages/lead.html>. [23 April 2003].
- Chet Boddy. 2002. *Lead hazards in your home*. <http://www.chetboddy.com/Page/leadhazards.html>. [16 April 2003].
- Darmonó. 1995. *Logam berat dalam sistem biologi makhluk hidup*. Jakarta: UI-Press. 140 hlm.
- CCFAC. 1999. *Maximum level for lead. Joint FAO/WHO food standards programme codex committee on food additives and contaminants*. The Hague-The Netherlands [serial online]. [http://www.who.int/fsf/chemicalcontaminants/lead99\\_19e.pdf](http://www.who.int/fsf/chemicalcontaminants/lead99_19e.pdf). [23 April 2003].

- Diniyah. 1995. *Korelasi antara kandungan logam berat Hg, Cd, dan Pb pada beberapa ikan konsumsi dengan tingkat pencemaran di Teluk Jakarta*. Bogor: PPs IPB.
- Hu H. 2002. *Life Support: the environment and human health*. MIT pres. Hlm 1-12. <http://www.Med.Harvard.edu/chge/course/toxic/heavy/Mccally.rtf>. [28 Maret 2003].
- Hund A. 2003. *Heavy metals*. <http://www.amap.no/assess/soarer7.htm>. [2 Pebruari 2003].
- Hutagalung HP. 1994. *Kandungan logam berat dan sedimen di perairan Teluk Jakarta*. Dalam prosiding seminar Pemantauan pencemaran laut. Jakarta, 7-9 Pebruari 1994. Jakarta : Puslitbang Oseanologi-Lipi. Hlm 1-6.
- , 1999. *Kandungan logam berat dalam sedimen di kolam perabuhari Tanjung Priok, Jakarta*. Dalam prosiding seminar Oseanologi dan Ilmu Lingkungan Laut dalam rangka penghargaan kepada Prof. Dr. Aprilani Soegiarto, M.Sc, APU. Jakarta: Puslitbang Oseanologi-Lipi. Hlm 9-14.
- Irwin RJ. 1997. *Environmental contaminants encyclopedia lead entry*. Colorado: National Park Service, Water Resources Divisions, water operations Brach. Irwin RJ. 1997. *Environmental contaminants encyclopedia lead entry*. Colorado: National Park Service, Water Resources Divisions, water operations Brach. 117 hlm.
- Juberg DR, Kleiman CF, Kwan SC. 1997. *Lead and human health*. <http://www.acsh.org/publications/booklets/lead.pdf>. [23 April 2003].
- Kelafant G. 1988. *Lead*. SRP. <http://www.occenvmed.net/eshsg/leadhsdb.htm>. [17 April 2003].
- Manahan, S.E. 1994. *Environmental chemistry*. 6<sup>th</sup> ed. London: Lewis Publ. Hlm 183-184.
- Nurjanah, Widiastuti R. 1997. *Lagi-lagi tercemar logam berat*. Dalam warta Konsumen. Nopember 1997.
- Rahde AF. 1991. *Lead, inorganic*. IPCS INCHEM. <http://www.inchem.org/documents/chemical/inorgloa.htm>. [17 April 2003].
- Rumanta, M. 2005. *Kandungan Pb pada makrozoobentos (Mollusca dan Crustacea) dan pengaruhnya terhadap kesehatan konsumen (studi kasus di perkampungan nelayan Muara Angke, Jakarta)*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Saeni MS. 1997. *Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat Dengan Analisis Rambut Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Ilmu Kimia Lingkungan*. Bogor. FMIPA IPB. 45 hlm.
- Suyarso. 1995. *Atlas Oseanologi Teluk Jakarta*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI. Hlm 1-35.
- Tuormaa TE. 1995. *The Adverse Effects Of Lead*. <http://www.foresightpreconception.org.uk/summaries/frames/lead-inf.html>. [20 April 2003].

Wagenet L, Lemley A. 1993. *Lead In Drinking Water*. Water treatment notes. <http://www.Cse.cornell.edu.factsheets/wq-fact-sheets/fatc2.htm>. [23 April 2003].

WHO. 2003. *Lead Poisoning Overview*. <http://www.leadpoison.net/treat/overview.Htm> [2 Mei 2003].

Winter M. 2002. *Lead*. <http://www.webelements.com>. (25 Pebruari 2003).

Yun. 2002. *Pencemaran Teluk Jakarta Lampaui Ambang Batas*. Kompas cyber

Universitas Terbuka