

*Skripsi*

**FITOAKUMULASI LOGAM Cd DAN Pb DALAM TUMBUHAN NIPAH**

**(*Nypa fruticans*) DI SUNGAI TALLO MAKASSAR**

**MUHAMMAD AL MUSTAWA**

**H311 14 009**



**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2019**

**FITOAKUMULASI LOGAM Cd DAN Pb DALAM TUMBUHAN NIPAH  
(*Nypa fruticans*) DI SUNGAI TALLO MAKASSAR**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana*

**MUHAMMAD AL MUSTAWA**

**H311 14 009**



**MAKASSAR  
2019**

*SKRIPSI*

**FITOAKUMULASI LOGAM Cd DAN Pb DALAM TUMBUHAN NIPAH  
(*Nypa fruticans*) DI SUNGAI TALLO MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUHAMMAD AL MUSTAWA**

**H311 14 009**

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:

**Pembimbing Utama**



**Dr. Nursiah La Nafie, M.Sc**  
NIP. 19580523 198710 2 001

**Pembimbing Pertama**



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



## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Shalawat beserta salam semoga senantiasa terlimpah kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, hingga kepada umatnya hingga akhir zaman.

Berhasilnya penyusunan skripsi dengan judul, “**Fitoakumulasi Logam Cd dan Pb dalam Tumbuhan Nipah (*Nypa fruticans*) di Sungai Tallo Makassar**” menandakan berakhirnya salah satu dimensi perjuangan syarat dalam memperoleh gelar sarjana di Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, semangat, dan doa dari orang-orang hebat yang penulis miliki, dengan setulus hati penulis menyampaikan terima kasih dan rasa cinta kepada orang tua penulis, Ayahanda **Drs. Marsuni Mappasessu** dan Ibunda **Dra. Nur Alam Beddu** yang tiada hentinya memberikan kasih sayang, perhatian, pengorbanan, kesabaran, dorongan materi, ketulusan doa, dan wejangan-wejangan untuk menyelesaikan jenjang perkuliahan ini, semoga Allah swt membalas pengorbanan beliau dengan Surga-Nya. Terima kasih pula untuk saudaraku tercinta, **Muhammad Ra’yan, Kusumawardhany, Amd.AK., Nurul Raqiyah, S.Pd.,** dan **Muhammad Al Furqan** yang selalu mengompori penulis untuk

selesaikan pendidikan strata satu ini secepatnya, terima kasih atas motivasi semoga penulis dapat diberikan kesempatan untuk membahagiakan semua.



Ucapan terima kasih dan penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini, terutama kepada Ibu **Dr. Nursiah La Nafie, M.Sc** selaku pembimbing utama dan Bapak **Dr. Syarifuddin Liong, M.Si** selaku pembimbing peratama yang selalu mengarahkan, meluangkan waktu serta mendidik penulis selama menyelesaikan pendidikan, utamanya dalam penelitian ini. Penulis memohon maaf atas segala kesalahan selama persiapan penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai. Demikian pula kepada Bapak **Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si** sebagai penasehat akademik yang senantiasa memberi semangat serta nasehat kepada penulis dari tahun ajaran pertama hingga penulis dapat menyelesaikan masa studi.

Pengerjaan penelitian, penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dosen penguji ujian sarjana kimia, yaitu Ibu **Prof. Dr. Nunuk Hariani S, MS** selaku Ketua Tim Penguji, dan Ibu **Dr. Seniwati Dali, M.Si** selaku Sekretaris Tim Penguji.
2. Ketua Departemen Kimia Bapak **Dr. Abd. Karim, M.Si** dan Sekretaris Departemen Kimia Ibu **Dr. Fauziah, M.Si**, beserta dosen dan staf Departemen Kimia yang telah membantu penulis dalam perjalanan menyelesaikan pendidikan ini.
3. Seluruh **Analisis Laboratorium** di Departemen Kimia, terkhusus untuk **Kak Fiby** selaku analis Laboratorium Kimia Analitik atas bantuan serta

nya selama penelitian berlangsung.

Nipah **Novitasari S, Rizda Arifin, Zulfikar**, dan rekan penelitian kimia  
k **Elfa, Dani, Rani, Ainun, Fahri, Endah, Vitra, Wahyuni, dan Mila**



Terima kasih atas kerja sama dan bantuannya selama ini.

5. Sahabat-sahabatku **Tenri, Willy, Kak Syamsul, Kak Nanda, Vikram, Nunu, Iqbal, Anjani, Syarah, Kak Sarah, Ifah, Fajri, Nita, dan Mul** Terima kasih telah hadir sebagai penghibur dalam kepenatan, dan penyemangat dalam kemalasan untuk berangkat kuliah dan mengerjakan skripsi ini.
6. Saudara **KKN Kebangsaan UNHAS 2017 (Ina, Jhon, Icha, Nisa, Ika, Uqi, Sahar, Ismah, Firhan, Dayat, Intan, dan Galang)**, dan Saudara **KKN Kebangsaan di Desa Meranti** terkasih (**Gohan, Sandra, Nopi, Amel, Rizki, dan Diki**) Terima kasih atas motivasi kalian!
7. Seluruh sahabatku **Kimia 2014** yang tidak dapat saya sebutkan satu-satu, terima kasih atas sindiran yang membangun, candaan yang memotivasi, serta bantuan-bantuan yang berupa fisik maupun non-fisik, terima kasih atas kerjasamanya hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
8. **Semua Pihak** yang tidak sempat penulis sebutkan satu-satu, terima kasih telah memberikan dukungan, bantuan, dan doa kepada penulis.

Penulis tidak luput dari kekhilafan, maka dari itu segala kerendahan hati penulis memohon maaf kepada semua pihak atas kesalahan dan kekeliruan yang disengaja ataupun tak disengaja selama ini. Semoga apa yang dikerjakan penulis ini dapat bernilai ibadah di sisi Allah swt dan memberikan manfaat bagi kita semua.

Penulis

2019

vi



## ABSTRAK

Salah satu zat pencemar yang berbahaya di perairan Sungai Tallo Makassar ialah adanya logam berat Cd dan Pb yang menjadi hasil kegiatan industri di Kota Makassar, sehingga diperlukan kemampuan fitoakumulasi oleh Tumbuhan Nipah (*Nypa fruticans*) di Sungai Tallo Makassar. Pengambilan sampel dilakukan pada lima stasiun yang mewakili titik-titik pencemaran sesuai situasi dan kondisi yang ada di Sungai Tallo. Sampel diambil pada air sungai, sedimen, akar, pelepah, dan daun, lalu dianalisis menggunakan ICP-EOS. Konsentrasi Cd pada air sungai berkisar antara 12,67 - 32,51 mg/kg. Sedangkan untuk konsentrasi Pb, berkisar antara 14,63 - 47,56 mg/kg. Konsentrasi Cd pada sedimen di lima titik, berkisar antara 65,42 - 1.241,53 mg/kg. Sedangkan konsentrasi Pb, berkisar antara 3.685,05 - 11.113,24 mg/kg. Konsentrasi total logam Cd pada bagian Tumbuhan Nipah berkisar antara 3.259,38 - 4.937,49 mg/kg. Sedangkan, konsentrasi total logam Pb berkisar antara 23.259,49 - 34.815,28 mg/kg. Hasil analisis menunjukkan bahwa Tumbuhan Nipah (*Nypa fruticans*) tergolong sebagai hiperakumulator terhadap logam Cd dan Pb, karena mampu mengakumulasi Cd lebih besar dari 100 mg/kg dan Pb lebih besar dari 1.000 mg/kg berat kering. Berdasarkan hasil perhitungan BCF dan TF, maka mekanisme fitoakumulasi Tumbuhan Nipah (*Nypa fruticans*) terhadap Cd dan Pb adalah fitostabilisasi.

Kata Kunci: Cd, Pb, Fitoakumulasi, Sungai Tallo Makassar, Tumbuhan Nipah (*Nypa fruticans*).



## ABSTRACT

One of the hazardous water pollutants in Tallo River Makassar is the presence of heavy metals Cd and Pb which are the result of industrial activities in Makassar City, so that phytoaccumulation is needed by Nipah Plants (*Nypa fruticans*) in Tallo River Makassar. Sampling was carried out at five stations representing pollution points according to the situation and conditions in the Tallo River. Samples were taken from river water, sediments, roots, midribs, and leaves, and then it was analyzed using ICP-EOS. Cd concentration in river water, have range between 12,67 - 32,51 mg/kg. Whereas for Pb concentration have range between 14,63 - 47,56 mg/kg. The concentration of Cd in sediments was at five points, with range between 65,42 - 1.241,53 mg/kg. While the concentration of Pb, have range between 3.685,05 - 11.113,24 mg/kg. The total concentration of Cd metal in part of the Nipah plant, have range between 3.259,38 - 4.937,49 mg/kg. Whereas, the total concentration of Pb respectively is between 23.259,49 - 34.815,28 mg/kg. The result of the analysis show that the Nipah Plant (*Nypa fruticans*) belongs to the hyperaccumulator of Cd and Pb metals, because it is able to accumulate Cd greater than 100 mg/kg and Pb greater than 1.000 mg/kg dry weight. Based on the calculation of BCF and TF, the phytoaccumulation mechanism of Nipah Plant (*Nypa fruticans*) against Cd and Pb is phytostabilization.

Keyword: Cd, Pb, Phytoaccumulation, The Tallo River Makassar, Nipah Plant (*Nypa fruticans*)



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Maksud Penelitian.....	5
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sungai Tallo dan Pencemaran Logam Berat.....	6
2.2 Logam Berat.....	9
2.2.1 Logam Kadmium dan Aspek Pencemarannya.....	10
2.2.2 Logam Timbal dan Aspek Pencemarannya.....	13
2.3 Tumbuhan Nipah ( <i>Nypa fruticans</i> ).....	16
2.4 Mekanisme Akumulasi Logam.....	21
	ix



2.5 Tumbuhan Hiperakumulator .....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1 Bahan Penelitian .....	27
3.2 Alat Penelitian.....	27
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
3.4 Prosedur Penelitian .....	27
3.4.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel .....	27
3.4.2 Pengambilan Sampel.....	29
3.4.2.1 Sampel Air Sungai .....	29
3.4.2.2 Sampel Sedimen .....	29
3.4.2.3 Sampel Tumbuhan Nipah .....	29
3.4.3 Perlakuan Sampel.....	30
3.4.4 Destruksi dan Analisis Sampel.....	30
3.4.5 Penentuan Kadar Logam.....	32
3.4.5.1 Pembuatan Deret Standar Larutan Cd dan Pb.....	32
3.4.5.2 Penentuan Konsentrasi Logam.....	32
3.5 Mekanisme Fitoakumulasi Logam Berat .....	32
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1 Konsentrasi Logam Berat dalam Air Sungai .....	34
4.1.1 Konsentrasi Cd dalam Air Sungai.....	34
4.1.2 Konsentrasi Pb dalam Air Sungai .....	35
4.2 Konsentrasi Logam Berat dalam Sedimen .....	36
4.2.1 Konsentrasi Cd dalam Sedimen .....	36
4.2.2 Konsentrasi Pb dalam Sedimen.....	37



4.3	Konsentrasi Logam Berat dalam Bagian Tumbuhan Nipah.....	38
4.3.1	Konsentrasi Cd dalam Bagian Tumbuhan Nipah.....	38
4.3.2	Konsentrasi Pb dalam Bagian Tumbuhan Nipah .....	40
4.4	Penentuan Tumbuhan Nipah ( <i>Nypa fruticans</i> ) Sebagai Hiperakumulator Cd dan Pb.....	42
4.5	Mekanisme Fitoakumulasi Cd dalam Tumbuhan Nipah ( <i>Nypa fruticans</i> ).....	43
4.6	Mekanisme Fitoakumulasi Pb dalam Tumbuhan Nipah ( <i>Nypa fruticans</i> ).....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		46
5.1	Kesimpulan .....	46
5.2	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA .....		47
LAMPIRAN .....		53



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Peta Sungai Tallo Makassar .....	7
2. Pola Zonasi Mangrove .....	18
3. Tumbuhan Nipah .....	20
4. Lokasi Pengambilan Sampel .....	28
5. Reaksi Fitokelatin dengan Cd .....	40
6. Reaksi Fitokelatin dengan Pb .....	42



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>halaman</b>
1. Konsentrasi Cd dalam air di Sungai Tallo .....	34
2. Konsentrasi Pb dalam air di Sungai Tallo .....	35
3. Konsentrasi Cd dalam Sedimen .....	36
4. Konsentrasi Pb dalam Sedimen.....	37
5. Konsentrasi Cd dalam Bagian Tumbuhan Nipah .....	39
6. Konsentrasi Pb dalam Bagian Tumbuhan Nipah .....	40
7. Nilai BCF dan TF Logam Cd .....	44
8. Nilai BCF dan TF Logam Pb .....	45



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Bagan Kerja .....	53
2. Dokumentasi Penelitian .....	57
3. Perhitungan Pembuatan Larutan .....	59
4. Kurva Standar .....	61
5. Data Analisis Sampel .....	63



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kegiatan industri merupakan salah satu sarana penting dalam menunjang pembangunan untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi yang diharapkan dapat meningkatkan taraf hidup bangsa Indonesia. Dampak positifnya menghasilkan barang dan jasa, meningkatkan lapangan kerja yang pada akhirnya akan dapat meningkatkan kualitas hidup. Dampak negatifnya menghasilkan limbah dan pencemaran lingkungan serta dapat menimbulkan kerusakan sumber daya alam dan menurunkan kualitas hidup karena lingkungan hidup menjadi kotor dan tercemar (Supraptini, 2002).

Salah satu permasalahan utama dalam suatu ekosistem adalah kontaminasi pada tanah, air, dan udara oleh senyawa beracun, utamanya oleh logam berat (Juhaeti, dkk., 2004). Hal itu disebabkan karena semakin besarnya aktivitas industri yang juga meningkatkan jumlah limbah akibat proses produksi yang ada di dalamnya. Limbah industri di Indonesia hanya dibuang begitu saja di sungai, sehingga mengakibatkan pencemaran yang dapat menyebabkan gangguan yang serius pada lingkungan bahkan dapat mematikan hewan, tumbuhan, dan manusia.

Berbagai aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidup yang berasal dari kegiatan industri, rumah tangga, dan pertanian juga akan  
hasilkan limbah yang berkontribusi pada penurunan kualitas air (Suriawiria, 2003). Sungai sebagai sumber air, fungsinya sangat penting  
memenuhi kebutuhan masyarakat, sebagai sarana penunjang utama dalam



meningkatkan pembangunan nasional dan transportasi yang relatif aman untuk menghubungkan wilayah satu dengan lainnya (Agustiningsih, 2012).

Pencemaran air dapat terjadi akibat adanya unsur atau zat lain yang masuk ke dalam air, sehingga menyebabkan kualitas air menjadi turun (Salmin, 2005). Berdasarkan hasil penelitian Monoarfa (2002), penyebab menurunnya kualitas perairan Kota Makassar diduga berasal dari tiga sumber yang dominan yaitu adanya pemusatan penduduk di kota, kegiatan industri di sekitar Kota Makassar, dan kegiatan pertanian di hulu sungai Jeneberang serta sungai Tallo. Terpusatnya Penduduk kota menghasilkan limbah yang cukup besar, baik limbah padat maupun limbah cair. Limbah tersebut masuk ke wilayah perairan pantai Makassar dan mengakibatkan pendangkalan pantai serta perubahan parameter kualitas air (Hamzah, 2007).

Pencemar yang berbahaya antara lain adalah pencemaran logam berat. Logam berat merupakan salah satu jenis zat polutan lingkungan yang paling umum dijumpai dalam perairan. Logam berat ini juga dapat berdampak negatif terhadap manusia yang menggunakan air tersebut dan organisme yang ada di dalam sungai. Kandungan logam berat dalam organisme mengindikasikan adanya sumber logam berat yang berasal dari alam atau dari aktivitas manusia (Mohiuddin, dkk., 2011).

Logam-logam berat yang terlarut dalam badan perairan pada konsentrasi tertentu akan berubah fungsi menjadi sumber racun bagi kehidupan dalam perairan. Meskipun daya racun yang ditimbulkan oleh suatu logam berat terhadap

ota perairan tidak sama, namun kehancuran dari suatu kelompok dapat an terputusnya suatu mata rantai kehidupan. Pada tingkat lanjutnya,



keadaan ini tentu saja dapat menghancurkan suatu tatanan ekosistem perairan (Palar, 2004).

Ekosistem Nipah merupakan mata rantai utama yang berperan sebagai produsen dalam rantai makanan ekosistem pantai. Nipah yang tumbuh di muara sungai yang berhubungan langsung dengan laut berperan besar sebagai penampungan terakhir dari limbah industri di perkotaan dan perkampungan hulu yang dibawa oleh air sungai. Besarnya beban masukan bahan pencemar ke dalam perairan sangat tergantung dari aktivitas manusia di sekitar perairan dan di bagian hulu sungai yang mengalir ke arah laut (Suharsono, 2005). Pada hasil penelitian Setiawan (2013), mengemukakan bahwa tumbuhan mangrove mempunyai fungsi ekologis yaitu dapat menyerap, mengangkut, dan menimbun materi yang bersifat toksik yang berasal dari sekitar lingkungan tempat tumbuhnya, salah satunya adalah logam berat. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui akumulasi dan distribusi logam berat, seperti Pb, Cu, dan Cd pada vegetasi mangrove di perairan pesisir Sulawesi Selatan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Setiawan (2013), akumulasi logam berat pada vegetasi mangrove di Muara Sungai Tallo yang mengemukakan bahwa akumulasi logam berat Cu, Cd, dan Pb pada beberapa vegetasi mangrove, seperti *Rhizophora mucronata* telah melampaui nilai baku mutu yang lebih tinggi dibandingkan dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: KEP-MEN LH No.51/MenKLH/2004. Nilai baku mutu air laut dan biota laut berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun

untuk logam Cd ialah 0,001 mg/L, logam Cu ialah 0,008 mg/L, dan untuk logam Pb ialah 0,008 mg/L. Akumulasi logam berat pada mangrove yang lebih tinggi dapat mengakibatkan lingkungan perairan di lokasi penelitian, yaitu Muara



Sungai Tallo juga menunjukkan telah tercemar oleh logam berat. Hal ini disebabkan karena Muara Sungai Tallo merupakan tempat pembuangan limbah yang berasal dari Kawasan Industri Makassar (KIMA), limbah dari industri kapal, dan limbah industri lainnya, serta limbah rumah tangga.

Tumbuhan Nipah (*Nypa fruticans*) merupakan salah satu jenis palma dari wilayah mangrove. Nipah memiliki banyak manfaat, seperti daun nipah yang telah tua banyak dimanfaatkan secara tradisional untuk membuat atap rumah yang daya tahannya mencapai 3-5 tahun. Daun nipah memiliki banyak manfaat selain sebagai kerajinan seni tetapi juga dapat menjadi pakan ternak. Tangkai daun dan pelepah nipah dapat digunakan sebagai bahan kayu bakar yang baik. Pelepah daun nipah juga mengandung selulosa yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pulp (bubur kertas). Lidinya dapat digunakan untuk sapu, bahan anyam-anyaman, dan tali. Umbut nipah dan buah yang masih muda dapat dijadikan makanan. Biji buah nipah yang muda, yang disebut *tembatuk*, mirip dengan kolang-kaling. Sedangkan buah yang sudah tua bisa ditumbuk untuk dijadikan tepung (Admin Pertanian, 2015).

Fakta menunjukkan bahwa selama ini belum ada penelitian yang secara khusus meneliti tentang kemampuan tumbuhan nipah (*Nypa fruticans*) sebagai fitoakumulator terhadap logam berat, sehingga berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian terhadap fitoakumulasi logam Cd dan Pb pada tumbuhan nipah (*Nypa frutican*) yang berada di Sungai Tallo Makassar.

#### 1.2.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana translokasi Cd dan Pb yang terdapat pada bagian tumbuhan nipah (*Nypa fruticans*)?



2. bagaimana mekanisme penyerapan Cd dan Pb pada tumbuhan nipah (*Nypa fruticans*)?
3. apakah tumbuhan nipah (*Nypa fruticans*) tergolong hiperakumulator secara alami terhadap Cd dan Pb?

### 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

#### 1.3.1 Maksud Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui fitoakumulasi Cd dan Pb pada tumbuhan nipah (*Nypa fruticans*) serta potensinya sebagai tumbuhan hiperakumulator.

#### 1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan translokasi Cd dan Pb pada bagian tumbuhan nipah (*Nypa fruticans*).
2. menentukan mekanisme penyerapan Cd dan Pb pada bagian tumbuhan nipah (*Nypa fruticans*).
3. menentukan kemampuan akumulasi tumbuhan nipah (*Nypa fruticans*) terhadap Cd dan Pb secara alami.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai distribusi serta mekanisme penyerapan tumbuhan nipah

Cd dan Pb serta dapat memberikan gambaran dan informasi kepada masyarakat Kota Makassar dalam pemanfaatan tumbuhan nipah sebagai penjaga kawasan perairan yang mulai tercemar, serta dapat menambah wawasan dan pengalaman bagi peneliti dan pembaca.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sungai Tallo dan Pencemaran Logam Berat

Kota Makassar merupakan kota yang terletak di daerah pesisir. Secara geografis terletak pada 119°24'17,38" BT dan 5°8'6,19" LS yang berbatasan sebelah utara dan timur dengan Kabupaten Maros, sebelah selatan dengan Kabupaten Gowa dan sebelah barat dengan Selat Makassar. Luas wilayah Kota Makassar 175,77 km<sup>2</sup> dengan panjang garis pantai kurang lebih 32 km dan terdapat sembilan pulau kecil (BPS, 2013).

Secara fisik historis kota Makassar terbentuk dari batuan sedimen sebagai endapan alluvial dari dua sungai besar yaitu Sungai Jeneberang dan Sungai Tallo, Kota Makassar yang berasal dari sebuah kampung kecil yang tumbuh di sepanjang garis pantai berawal dari terbentuknya dua kota yaitu Tallo sebagai ibukota Kerajaan Tallo di muara Sungai Tallo dan Sombaopu sebagai ibukota Kerajaan Gowa di muara Sungai Jeneberang (Yudono, dkk., 1998).

Wilayah pesisir Kota Makassar merupakan daerah perkotaan yang padat penduduk. Keadaan geografis Kota Makassar yang berbatasan langsung dengan Selat Makassar membuat sebagian besar penduduk di kota ini tinggal di kawasan pesisir. Kompleksnya aktivitas di perairan pesisir Kota Makassar dan sekitarnya, yang menyebabkan logam tercemar di perairan pesisir Kota Makassar. Bahan pencemar yang mencemari perairan pesisir Kota Makassar berasal dari kegiatan

perikanan, pelabuhan, perhotelan, pariwisata bahari dan rumah tangga (Yudono, dkk., 2012). Hamzah (2007), mengemukakan bahwa pencemaran di perairan pesisir Kota Makassar diduga sangat tinggi karena terdapat dua sungai



besar yakni, Sungai Jenneberang dan Sungai Tallo serta kanal dan drainase kota yang semuanya bermuara di perairan pesisir Kota Makassar (Setiawan, 2014).



**Gambar 1.** Peta Sungai Tallo Makassar

Industri-industri yang terdapat di sekitar Sungai Tallo antara lain Kawasan Industri Makassar (KIMA), industri pengolahan kayu, pengolahan kancing, pengolahan minuman ringan dan beralkohol, pengolahan mie basah dan alat rumah tangga, pengolahan pipa, paku, kawat, dan PLTU (Anonim, 2014).

Kontaminasi logam berat dalam ekosistem perairan telah menjadi masalah lingkungan selama beberapa decade teraakhir. Kontaminasi logam berat pada ekosistem perairan secara intensif berhubungan dengan pelepasan logam berat oleh limbah industri dan aktivitas manusia. Kontaminasi logam berat dapat menyebabkan efek mematikan terhadap organisme laut dan menyebabkan ketidakseimbangan ekologis dan keanekaragaman organisme laut

kk., 2014)

Setiawan (2014) telah menganalisis kadar pencemaran logam Pb, Cd, dan merkuri di perairan Sungai Tallo dimana hasil analisis untuk kadar logam Pb sebesar



0,097 ppm, logam Cd sebesar 0,729 ppm dan logam Cu sebesar 0,165 ppm. Hasil analisis kandungan logam timbal, kadmium dan tembaga di muara sungai Tallo ini telah melebihi ambang batas berdasarkan Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 51 Tahun 2004 tentang buku mutu air laut, dimana ambang batas logam Pb adalah 0,005 ppm, logam Cd sebesar 0,002 ppm dan untuk logam Cu sebesar 0,050 ppm.

Secara alamiah logam berat dapat masuk ke perairan melalui berbagai cara. Hg dapat masuk ke badan perairan umumnya berasal dari kegiatan-kegiatan gunung api, rembesan-rembesan air tanah yang melewati daerah deposit merkuri dan lain-lainnya. Pb masuk ke perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan, disamping itu proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin. Cu masuk ke perairan melalui peristiwa erosi atau pengikisan batuan mineral dan melalui persenyawaan Cu di atmosfer yang dibawa turun melalui hujan. Cd secara alamiah masuk ke perairan dalam jumlah yang sedikit. Sedangkan dari aktifitas kehidupan manusia diantaranya adalah berasal dari limbah industri yang berkaitan dengan Hg, Pb, Cu, dan Cd seperti industri kertas, limbah pertambangan bijih timah hitam, pertambangan Cu dan buangan sisa industri baterai dan lain-lain (Palar, 1994).

Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia, tergantung pada bagian mana dari logam tersebut yang terikat dalam tubuh serta besarnya dosis paparan. Efek toksik dari logam mampu menghalangi

zim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, mutagen, teratogen, atau karsinogen bagi manusia maupun hewan (ti, dkk., 2008).



## 2.2 Logam Berat

Logam berat sejatinya unsur penting yang dibutuhkan setiap makhluk hidup. Logam berat yang termasuk elemen mikro merupakan kelompok logam berat yang non-esensial yang tidak mempunyai fungsi sama sekali dalam tubuh. Logam tersebut bahkan sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (toksik) pada manusia yaitu timbal (Pb), merkuri (Hg), arsenik (As) dan cadmium (Cd) (Agustina, 2010).

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam yang lain. Perbedaan terletak pada dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini masuk atau diberikan ke dalam tubuh organisme hidup. Istilah logam berat sebetulnya sudah dipergunakan secara luas, terutama dalam perpustakaan ilmiah, sebagai unsur yang menggambarkan bentuk dari logam tertentu. Menurut Sudarwin (2008), karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut:

1. memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar (lebih dari 4),
2. mempunyai nomor atom 22 - 23 dan 40 - 50 serta unsur lantanida dan aktinida,
3. mempunyai respon biokimia yang khas (spesifik) pada organisme hidup.

Menurut Mason (1981) serta Moore dan Ramamoorthy (1984), bahwa logam berat pada umumnya bersifat toksik dan dapat terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup. Logam berat juga dapat mengakibatkan terganggunya kesehatan makhluk hidup dan rusaknya berbagai organ tubuh.

semua logam berat dapat dikatakan sebagai bahan beracun yang akan  
makhluk hidup. Sebagai contoh logam berat air raksa (Hg), kadmium



(Cd), timbal (Pb), dan krom (Cr). Namun demikian, meskipun semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan atas makhluk hidup, sebagian dari logam-logam berat tersebut dibutuhkan oleh makhluk hidup. Kebutuhan tersebut dalam jumlah yang sangat kecil/sedikit. Tetapi apabila kebutuhan yang sangat kecil tersebut tidak terpenuhi dapat berakibat fatal terhadap kelangsungan makhluk hidup. Karena tingkat kebutuhan yang sangat dipentingkan maka logam-logam tersebut juga dinamakan sebagai logam-logam esensial tubuh. Bila logam-logam esensial yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan, maka berubah fungsi menjadi racun. Contoh dari logam berat esensial ini adalah tembaga (Cu), seng (Zn), dan nikel (Ni) (Sudarwin, 2008).

### 2.2.1 Logam Kadmium dan Aspek Pencemarannya

Kadmium tergolong logam berat dan memiliki afinitas yang tinggi terhadap kelompok sulfhidrid daripada enzim dan meningkatkan kelarutannya dalam lemak. Perairan alami yang bersifat basa, kadmium mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik. Kadmium pada perairan alami membentuk ikatan kompleks dengan ligan baik organik maupun anorganik, seperti:  $Cd^{2+}$ ,  $Cd(OH)^+$ ,  $CdCl^+$ ,  $CdSO_4$ ,  $CdCO_3$  dan Cd-organik. Ikatan kompleks tersebut memiliki tingkat kelarutan yang berbeda:  $Cd^{2+} > CdSO_4 > CdCl^+ > CdCO_3 > Cd(OH)^+$  (Sanusi 2006).

Logam Cd mempunyai penyebaran yang sangat luas di alam. Berdasarkan sifat-sifat fisiknya, Cd merupakan logam yang lunak. Logam ini akan kehilangan sifatnya bila berada dalam udara yang basah atau lembab serta cepat akan mengalami kerusakan bila dikenai uap amoniak ( $NH_3$ ) dan sulfur dioksida ( $SO_2$ ). Berdasarkan sifat kimianya, logam Cd di dalam persenyawaan yang



dibentuknya umumnya mempunyai bilangan valensi 2+, sangat sedikit yang mempunyai bilangan valensi 1+. Bila dimasukkan ke dalam larutan yang mengandung ion OH, ion-ion  $Cd^{2+}$  akan mengalami proses pengendapan. Endapan yang terbentuk dari ion-ion  $Cd^{2+}$  dalam larutan OH biasanya dalam bentuk senyawa terhidrasi yang berwarna putih (Palar 2004).

Kadmium bersifat esensial juga toksik terhadap organisme yang hidup di air oleh karena sifat tersebut, dalam berbagai penelitian logam berat ini selalu mendapat prioritas untuk dianalisis dan dievaluasi (Sasono, 2010). Kadmium yang ikut masuk ke dalam tubuh biota laut dan terakumulasi terus menerus bisa melebihi konsentrasi di air. Kadmium tersebut mengikuti rantai makanan mulai dari fitoplankton sampai ikan predator dan pada akhirnya sampai ke manusia. Bila kadmium yang berada dalam jaringan tubuh organisme laut tersebut dalam konsentrasi tinggi, kemudian dijadikan sebagai bahan makanan maka akan berbahaya bagi kesehatan manusia (Rifaul, 2013).

Kadmium adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan Kadmium Oksida bila dipanaskan. Kadmium (Cd) umumnya terdapat dalam kombinasi dengan klor (Cd Klorida) atau belerang (Cd Sulfid). Kadmium membentuk  $Cd^{2+}$  yang bersifat tidak stabil. Cd memiliki nomor atom 48, berat atom 112,4, titik leleh 321 °C, titik didih 767 °C dan memiliki massa jenis 8,65 g/cm<sup>3</sup> (Widowati dkk., 2008).

Logam kadmium (Cd) memiliki karakteristik berwarna putih keperakan seperti logam aluminium, tahan panas, tahan terhadap korosi. kadmium (Cd) digunakan untuk elektrolisis, bahan pigmen untuk industri cat, enamel dan plastik. Kadmium (Cd) biasanya selalu dalam bentuk campuran dengan logam lain dalam pertambangan timah hitam dan seng (Darmono 1995). Kadmium



(Cd) adalah metal berbentuk kristal putih keperakan. Cd didapat bersama-sama Zn, Cu, Pb, dalam jumlah yang kecil. Kadmium (Cd) didapat pada industri alloy, pemurnian Zn, pestisida, dan lain-lain (Said, 2008).

Pada pH yang tinggi kadmium mengalami presipitasi atau pengendapan. pH dan kesadahan merupakan faktor yang mempengaruhi toksisitas kadmium. Selain itu, keberadaan seng dan timbal dapat meningkatkan toksisitas kadmium. menyatakan bahwa sifat racun Cd terhadap ikan yang hidup dalam air laut berkisar antara 10-100 kali lebih rendah dari pada dalam air tawar yang memiliki tingkat kesadahan lebih rendah. Toksisitas kadmium meningkat dengan menurunnya kadar oksigen dan kesadahan, serta meningkatnya pH dan suhu. Sedangkan toksisitas kadmium turun pada salinitas dengan kondisi isotonis dengan cairan tubuh hewan bersangkutan (Laws 1993). Menurut Clark (1989) sumber kadmium yang masuk ke perairan berasal dari:

1. uap, debu dan limbah dari pertambangan timah dan seng,
2. air bilasan dari *electroplating*,
3. besi, tembaga dan industri logam non ferrous yang menghasilkan abu dan uap serta air limbah dan endapan yang mengandung kadmium,
4. seng yang digunakan untuk melapisi logam mengandung kira-kira 0,2 % Cd sebagai bahan ikutan (*impurity*); semua Cd ini akan masuk ke perairan melalui proses korosi dalam kurun waktu 4-12 tahun,
5. pupuk fosfat dan endapan sampah.

Limbah yang mengandung banyak unsur kadmium umumnya berasal dari industri *electroplating*, kendaraan, pigmen, peleburan logam, baterai, pestisida (Mukhtasor 2006). Pada perairan tercemar mencapai 10 mg/L (Mukhtasor 1983 dalam Mukhtasor 2006). Kadmium (Cd) adalah logam berwarna



putih keperakan menyerupai aluminium dan memiliki berat atom 112,41 g/mol dengan titik cair 321 °C dan titik didih 765 °C. Kadmium merupakan hasil sampingan dari pengolahan bijih logam seng (Zn), yang digunakan sebagai pengganti seng. Unsur ini bersifat lentur, tahan terhadap tekanan, memiliki titik lebur rendah serta dapat dimanfaatkan untuk pencampur logam lain seperti nikel, perak, tembaga, dan besi. Senyawa kadmium juga digunakan bahan kimia, bahan fotografi, pembuatan tabung TV, cat, karet, sabun, kembang api, percetakan tekstil dan pigmen untuk gelas dan email gigi (Sarjono, 2009).

### 2.2.2 Logam Timbal dan Apek Pencemarannya

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum dan disimbolkan dengan Pb. Mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,2 (Palar, 2004). Logam timbal (Pb) adalah jenis logam lunak berwarna coklat kehitaman dan mudah dimurnikan. Logam Pb lebih tersebar luas dibanding kebanyakan logam toksik lainnya dan secara alamiah terdapat pada batu-batuan serta lapisan kerak bumi. Dalam pertambangan, logam ini berbentuk sulfida logam (PbS) yang sering disebut galena (Darmono, 1995). Timbal banyak digunakan dalam industri misalnya sebagai zat tambahan bahan bakar, pigmen timbal dalam cat yang merupakan penyebab utama peningkatan kadar Pb di lingkungan (Lu, 1995).

Pembuangan limbah (baik padatan maupun cairan) ke daerah perairan menyebabkan penyimpangan dari keadaan normal air dan ini berarti suatu

tan dan menyebabkan air sungai menjadi tidak layak untuk digunakan sumber persediaan air (Wisnu, 1995). Salah satu logam berat yang banyak terdapat di air sungai adalah timbal (Pb). Karena hebatnya pencemaran Pb pada



lingkungan, maka makanan yang dikonsumsi, air yang diminum dan udara yang dihirup kemungkinan besar telah terkontaminasi oleh Pb, sehingga timbal disebut juga sebagai non essential trace element yang paling tinggi kadarnya dalam tubuh manusia (Winarno, 1993).

Timbal merupakan bahan kimia yang termasuk dalam kelompok logam berat. Logam berat merupakan bahan kimia golongan logam yang sama sekali tidak dibutuhkan oleh tubuh, di mana jika masuk ke dalam tubuh organisme hidup dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan efek negatif terhadap fungsi fisiologis tubuh. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah kecil akan berakumulasi di dalam tubuh, sehingga pada suatu saat juga dapat menimbulkan efek negatif dan gangguan kesehatan (Suharto, 2011).

Fardiaz (1992) menyebutkan bahwa timbal mempunyai sifat-sifat khusus seperti berikut:

1. merupakan logam yang lunak, sehingga mudah dipotong dan dibentuk menjadi bentuk lain,
2. merupakan logam tahan terhadap peristiwa korosi atau karat, sehingga logam timbal sering digunakan sebagai bahan pelapis,
3. mempunyai kerapatan lebih besar dibandingkan dengan logam-logam biasa, kecuali emas dan merkuri,
4. merupakan penghantar listrik yang tidak baik,
5. bila dicampur dengan logam lain membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya.

Timbal (Pb) pada perairan ditemukan dalam bentuk terlarut dan terendapkan. Kelarutan timbal cukup rendah sehingga kadar timbal pada air relatif rendah. Kadar dan toksitas timbal di pengaruhi oleh kesadahan, pH, alkalinitas



dan kadar oksigen. Pada perairan tawar timbal membentuk senyawa kompleks yang memiliki sifat kelarutan rendah dengan beberapa anion, misalnya hidroksida, karbonat, sulfida, dan sulfat (Effendi, 2003).

Timbal yang bersifat toksik terhadap manusia, bisa berasal dari tindakan mengkonsumsi makanan, minuman, atau melalui inhalasi udara, debu yang tercemar Pb, kontak lewat kulit dan mata. Logam timbal tidak dibutuhkan oleh manusia sehingga bila makanan dan minuman tercemar Pb dikonsumsi, maka tubuh akan mengeluarkannya. Orang dewasa mengabsorpsi timbal sebesar 5-15 % dari keseluruhan timbal yang dicerna, sedangkan anak-anak mengabsorpsi timbal lebih besar 41,5 % (Widowati, dkk., 2008).

Pada tubuh manusia, timbal bisa menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin dan sebagian kecil timbal diekskresikan lewat urin atau feses karena sebagian terikat oleh protein, sedangkan sebagian lagi terakumulasi dalam ginjal, hati, kuku, jaringan lemak dan rambut. Menurut Widowati, dkk., (2008), termakannya senyawa timbal dalam konsentrasi tinggi akan bisa menimbulkan beberapa gejala, antara lain:

1. gangguan gastrointestinal, seperti kram perut yang biasanya diawali dengan sembelit, mual, muntah-muntah, dan sakit perut yang hebat,
2. gangguan neurologi, seperti sakit kepala, bingung atau pikiran kacau, dan pingsan,
3. gangguan fungsi ginjal dan gagal ginjal yang akut dapat berkembang dengan cepat.



onsentrasi timbal di lingkungan tergantung pada tingkat aktivitas misalnya di daerah industri, di jalan raya, dan tempat pembuangan. Karena timbal banyak ditemukan di berbagai lingkungan maka timbal

dapat memasuki tubuh melalui udara, air minum, makanan yang dimakan dan tanah pertanian (Sudarwin, 2008).

Keracunan timbal terjadi karena kemampuannya merubah logam-logam penting; antara lain Ca, Fe dan Zn. Timbal berikatan dan berinteraksi dengan beberapa protein dan beberapa molekul dari logam tersebut, tetapi molekulmolekul yang dihasilkan berbeda fungsinya dan gagal untuk menghasilkan reaksi yang sama misalnya dalam produksi enzim penting dalam proses-proses biologis. Logam berat dapat masuk kedalam jaringan tubuh organisme air melalui rantai makanan, insang dan difusi melalui permukaan kulit. Akumulasi biologis dapat terjadi melalui absorpsi langsung terhadap logam berat yang terdapat dalam badan air, sehingga organisme air yang hidup dalam perairan tercemar berat oleh logam berat, jaringan tubuhnya akan mengandung kadar logam berat yang tinggi juga (Ratmini, 2009).

### 2.3 Tumbuhan Nipah (*Nypa fruticans*)

Kata mangrove berasal dari bahasa Melayu manggi-manggi, yaitu nama yang diberikan kepada mangrove merah (*Rhizophora sp.*). Nama mangrove diberikan kepada jenis tumbuh-tumbuhan yang tumbuh di pantai atau goba-goba yang menyesuaikan diri pada keadaan asin, kata mangrove juga berarti suatu komunitas. Sering kita jumpai kata mangal untuk komunitas mangrove dan untuk mangrove sebagai jenis tumbuh-tumbuhan (Romimohtarto dan Juwana, 2009).

Mangrove merupakan komunitas vegetasi pantai tropis, yang didominasi

oleh beberapa spesies pohon mangrove yang mampu tumbuh dan berkembang di daerah pasang surut pantai berlumpur. Komunitas vegetasi ini umumnya berada di daerah intertidal dan supratidal yang cukup mendapat aliran air dan terlindung dari gelombang besar dan arus pasang surut yang kuat. Hutan



mangrove banyak ditemukan di pantai-pantai teluk yang dangkal, estuaria, delta dan daerah pantai yang terlindung (Bengen, 2001).

Tomlinson (1986) mengelompokkan flora mangrove ke dalam tiga kelompok, yaitu: (1) Flora mangrove mayor; (2) Flora mangrove minor; dan (3) Asosiasi mangrove. Flora mangrove mayor merupakan flora yang memiliki kemampuan untuk membentuk tegakan murni dan secara dominan mencirikan struktur komunitas. Kelompok tersebut memiliki morfologi dalam bentuk-bentuk adaptif dalam pengontrolan kadar garam. Contoh dari flora mangrove mayor adalah *Avicennia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Kandelia*, *Sonneratia*, *Lumnitzera*, *Laguncularia*, dan *Nypa*. Flora mangrove minor adalah flora mangrove yang tidak dapat membentuk tegakan murni, sehingga tidak membentuk tegakan dominan yang membentuk struktur komunitas. Adapun contoh dari flora mangrove minor, diantaranya adalah *Excoecaria*, *Xylocarpus*, *Heritiera*, *Aegiceras*, *Aegialitis*, *Acrostichum*, *Camptostemon*, *Scyphiphora*, *Pemphis*, *Osbornia*, dan *Pelliciera*. Contoh dari jenis-jenis asosiasi mangrove diantaranya *Cerbera*, *Acanthus*, *Derris*, *Hibiscus*, dan *Calamus*.

Hutan mangrove memiliki zonasi dalam kewasannya. Zonasi mangrove merupakan distribusi tumbuhan mangrove secara horizontal dari arah pantai ke daratan. Faktor pembentuk zonasi adalah karakter tanah yang berupa kandungan bahan organik, salinitas, dan air tanah. Karakteristik tanah tersebut dipengaruhi oleh kondisi topografi pantai. Kondisi topografi pantai berpengaruh terhadap variasi tinggi relatif air laut, erosi dan pengendapan sedimen, pengaruh

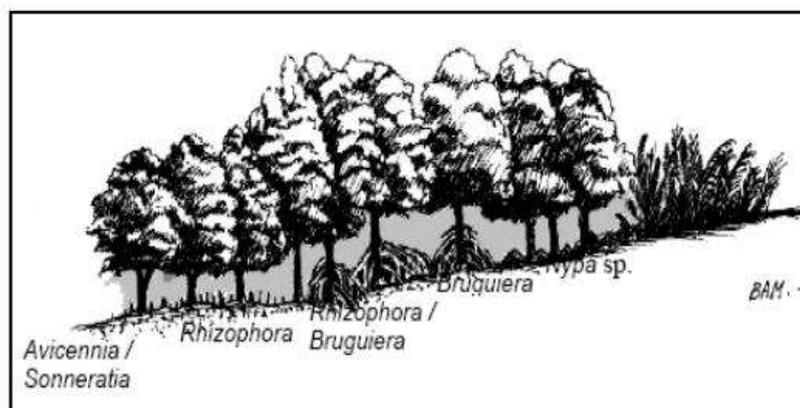
ang, pasang dan aliran air tawar yang masuk ke daerah mangrove, suplai dari lahan atas, bioturbasi, serta akumulasi humus (Tuwo, 2011).



Pertumbuhan mangrove akan menurun jika masukan air tawar dan sedimen rendah. Keanekaragaman hutan mangrove secara umum relatif rendah jika dibandingkan dengan hutan alam tipe lainnya (Ghufran dan Kordi, 2012).

Menurut Bengen (2002), hutan mangrove terbagi atas beberapa zonasi yang paling umum, yaitu:

- a. daerah yang paling dekat dengan laut dan substrat agak berpasir, sering ditumbuhi oleh *Avicennia spp.*. Pada zona ini, *Avicennia spp* biasanya berasosiasi dengan *Sonneratia spp.* yang dominan tumbuh pada substrat lumpur dalam yang kaya bahan organik,
- b. lebih ke arah darat, ekosistem mangrove umumnya didominasi oleh jenis *Rhizophora spp.* Pada zona ini juga dijumpai *Bruguiera spp.*, dan *Xylocarpus spp.*,
- c. zona berikutnya didominasi oleh *Bruguiera spp.*,
- d. zona transisi antara hutan mangrove dengan hutan dataran rendah, biasa ditumbuhi oleh *Nypa fruticants* dan beberapa jenis palem lainnya. Secara umum pola zonasi mangrove dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Pola Zonasi Mangrove (Bengen, 2004).



Ekosistem mangrove berbeda dengan ekosistem lainnya, komponen dasar makanan di ekosistem hutan mangrove bukanlah tumbuhan mangrove

itu sendiri, tetapi serasah yang berasal dari tumbuhan mangrove (daun, ranting, buah dan batang). Sebagian serasah mangrove didekomposisi oleh bakteri dan fungi menjadi zat hara (nutrien) terlarut yang dapat dimanfaatkan langsung oleh fitoplankton, algae, ataupun tumbuhan mangrove itu sendiri dalam proses fotosintesis, sebagian lagi sebagai partikel serasah (detritus) dimanfaatkan oleh ikan, udang, dan kepiting sebagai makanannya (Bengen, 2004).

Perlindungan pantai dari abrasi/erosi adalah dengan berfungsinya mangrove untuk menahan energi dari terjadinya erosi. Intrusi air laut dapat dikendalikan dengan adanya hutan mangrove di pinggir pantai dengan berfungsinya perakaran mangrove untuk menetralkan kadar garam air laut. Mangrove mampu melindungi kehidupan penduduk di sekitarnya dari kerusakan-kerusakan yang dapat ditimbulkan dari gelombang besar dan angin kencang. Mangrove juga berfungsi sebagai lahan pengolah limbah organik (Kustanti, 2011).

Tumbuhan Nipah (*Nypa fruticans*) merupakan tumbuhan yang telah dimanfaatkan secara luas di kawasan Asia Tenggara. Cairan nipah yang di sadap dari tangkai bunga dikenal dengan nama nira. Cairan nipah yang telah difermentasi digunakan sebagai sirup, alkohol, cuka atau tuak yang dikonsumsi sebagai bir lokal. Daunnya dapat dibuat sebagai atap rumah. Tulang daun digunakan untuk membuat sapu lidi, keranjang, tikar dan topi. Endosperma putih dari biji muda yang memiliki rasa manis seperti jelly, dikonsumsi sebagai makanan ringan. Daun muda yang masih menggulung digunakan untuk

kus rokok (Siregar, 2012).

tumbuhan *Nypa fruticans* merupakan tumbuhan rawa jenis palma yang ada iklim pantai, daerah pasang surut dengan ketinggian 0-10 meter diatas



permukaan laut. Lebar jalur pertumbuhannya mencapai 50-500 meter dari tepian sungai (Suharto, 1991). Tumbuhan *Nypa fruticans* hidup secara berumpun, di Indonesia banyak ditemukan di sepanjang pantai Sumatera dan Kalimantan. Jenis palma ini umumnya berhabitat di daerah payau dan tanah berlumpur serta dipengaruhi oleh pasang surutnya air laut dan air sungai (Rachman dan Sudarjo, 1991).



**Gambar 3.** Tumbuhan Nipah (Dinas Pertanian Mesuji, 2015).

*Nypa fruticans* masih sering dianggap sebagai tumbuhan liar yang tidak bermanfaat sehingga saat ini masih jarang dibudidayakan orang. Daun *Nypa fruticans* yang masih berupa pucuk digunakan sebagai pengulung rokok, sedangkan daun yang sudah tua merupakan bahan yang berguna untuk pembuatan atap rumah. Daun muda dapat dianyam untuk membuat tikar dan tas. Lidinya dapat digunakn untuk sapu, bahan anyam-anyaman dan tali, pelepah daun digunakan sebagai bahan kayu bakar. Pelepah daun ini juga mengandung yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bubur kertas



(Rachman dan Sudarjo, 1991). Sistematika taksonomi tumbuhan nipah menurut Tjitrosoepomo (2005), sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Divisi : Spermatophyta Sub  
Sub divisi : Angiospermae  
Class : Monocotyledoneae  
Ordo : Arecales  
Famili : Arecaceae  
Genus : *Nypa*  
Spesies : *Nypa fruticans* Wurm.

Nipah tumbuh di bagian belakang hutan bakau, terutama di dekat aliran sungai yang memasok lumpur ke pesisir. Palma ini dapat tumbuh di wilayah yang agak tawar, sepanjang masih terpengaruh pasang surut air laut yang mengantarkan buah-buahannya mengapung. Pada tempat-tempat yang sesuai, tegakan nipah membentuk jalur lebar tak terputus di belakang lapisan hutan bakau, kurang lebih sejajar dengan garis pantai. Nipah mampu bertahan hidup di atas lahan yang agak kering atau yang kering sementara air surut. Palma ini umum ditemukan di sepanjang garis pesisir Samudera Hindia hingga Samudera Pasifik, khususnya di antara Bangladesh hingga pulau-pulau di Pasifik. Nipah termasuk jenis tumbuhan yang terancam punah di Singapura (Ambarjaya, 2010).

#### 2.4 Mekanisme Akumulasi Logam

komunitas mangrove sering kali mendapatkan suplai bahan polutan seperti berat yang berasal dari limbah industri, rumah tangga, dan pertanian. mangrove ini termasuk jenis tumbuhan air yang mempunyai kemampuan sangat tinggi untuk mengakumulasi logam berat yang berada pada



wilayah perairan. Proses absorpsi pada tumbuhan terjadi seperti pada hewan dengan berbagai proses difusi, dan istilah yang digunakan adalah translokasi. Transpor ini terjadi dari sel ke sel menuju jaringan vaskuler agar dapat didistribusikan ke seluruh bagian tubuh. Menurut Soemirat (2003), menyatakan bahwa proses absorpsi dapat terjadi lewat beberapa bagian tumbuhan, yaitu :

1. akar, terutama untuk zat anorganik dan zat hidrofilik,
2. daun bagi zat yang lipofilik,
3. stomata untuk masukan gas.

Brooks (1997) mengatakan akumulasi logam ke dalam akar tumbuhan melalui bantuan transpor molekul dalam membran akar kemudian akan membentuk transpor logam kompleks yang menembus xilem dan terus menuju sel daun. Setelah sampai di daun, logam akan melewati plasmalemma, sitoplasma, dan tonoplasma untuk memasuki vakuola. Di dalam vakuola transpor, molekul kompleks bereaksi dengan akseptor terminal molekul untuk membentuk akseptor kompleks logam kemudian transpor molekul dilepas dan akseptor kompleks logam terakumulasi dalam vakuola yang tidak akan berhubungan dengan proses fisiologi sel tumbuhan.

Berkenaan dengan peningkatan kualitas lingkungan, maka diperlukan upaya metode untuk mencegah limbah masuk ke dalam ekosistem dan sebagai implikasi dari pemanfaatan dan pendekatan bioteknologi dalam menyelesaikan masalah lingkungan. Salah satu upaya ini adalah dengan memanfaatkan potensi yang dimiliki tumbuhan untuk mengakumulasi kontaminan seperti logam berat

dan tubuhnya (Suharto, 2011).

vetz (2001) mengemukakan ada enam mekanisme penyerapan zat  
dan/pencemar secara alami oleh tumbuhan :



1. fitoekstraksi yaitu tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga berakumulasi di sekitar akar tumbuhan dan selanjutnya ditranslokasi ke dalam organ tumbuhan. Proses ini adalah cocok digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik,
2. rizofiltrasi adalah proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar melalui sistem hidroponik, dimana kontaminan dalam air akan diabsorpsi oleh akar sehingga jenuh terhadap kontaminan,
3. fitostabilisasi yaitu penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media. Proses ini akan mengurangi mobilisasi kontaminan,
4. rizodegradasi yaitu penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada di sekitar tumbuhan. Misalnya ragi, fungi atau bakteri,
5. fitodegradasi yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang memiliki molekul kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana, yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri,
6. fitovolatilisasi yaitu terjadi penarikan dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam tanah sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya diuapkan ke atmosfer. Teknik ini lebih tepat untuk fitoremediasi senyawa-senyawa organik yang pada umumnya bersifat volatil.



Kemampuan tumbuhan mengakumulasi logam dari tanah dapat diukur dengan menggunakan perhitungan *Bioconcentration Factors* (BCF), dimana BCF dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara konsentrasi logam yang

terdapat pada akar dengan yang terdapat pada tanah. Kemampuan suatu tumbuhan untuk mentranslokasi logam dari akar ke pucuk diukur dengan perhitungan *Translocation Factors* (TF), dimana TF dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara konsentrasi logam yang terdapat pada pucuk dengan yang terdapat pada akar (Yoon, dkk., 2006).

## 2.5 Tumbuhan Hiperakumulator

Tumbuhan hiperkumulator adalah tumbuhan yang secara aktif mengambil jumlah yang sangat besar dari satu atau lebih logam berat dari tanah. Selain itu, logam berat tidak disimpan di akar tetapi ditranslokasi ke tunas dan terakumulasi pada bagian tertentu tumbuhan, terutama daun, pada konsentrasi 100-1000 kali lipat lebih tinggi daripada yang ditemukan pada spesies non-hiperakumulator (Brooks, dkk., 1997). Tumbuhan hiperakumulator tidak menunjukkan gejala fitotoksitas atau menyebarkan racun pada bagian tumbuhan itu sendiri. Hiperakumulasi juga bergantung pada hipertoleransi yang merupakan sensitifitas suatu tumbuhan untuk menghindari hiperglikemia dan peningkatan daya toksisitas logam berat (Chaney, 1997). Sekitar 450 spesies angiosperma telah diidentifikasi untuk As, Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, dan Zn, mengandung kurang dari 0,2 % dari semua spesies (Karimi, dkk., 2009).

Tumbuhan jenis rumput dianggap sangat baik sebagai hiperakumulator, karena memiliki akar serabut, sehingga dapat menstabilkan tanah dan menyediakan luas permukaan yang besar terhadap kontak akar dengan tanah (Kumar, dkk., 2000). Menurut Sarma (2011), pemilihan tumbuhan mungkin merupakan faktor yang paling penting untuk strategi fitoremediasi. Namun, jenis tumbuhan eksotis dapat berkinerja lebih baik dalam remediasi



logam tertentu dan dapat digunakan dengan aman. Beberapa kriteria penting dalam memilih spesies tumbuhan untuk fitoremediasi adalah sebagai berikut:

1. tingkat toleransi terhadap logam yang terdapat dalam tanah tempat bertumbuhnya tumbuhan tersebut,
2. tingkat akumulasi, translokasi, dan potensi penyerapan logam yang melebihi ambang batas,
3. tingkat pertumbuhan yang tinggi dan perkembangbiakan yang cepat,
4. bertahan pada kondisi kekeringan yang ekstrem,
5. umumnya biji tertutup,
6. toleransi terhadap pH dan salinitas yang tinggi,
7. karakteristik dan kedalaman akar menembus tanah.

Tumbuhan hiperakumulator logam berat tumbuh pada tanah yang kaya akan logam baik di zona tropis maupun subtropis. Tumbuhan hiperakumulator ditemukan di vegetasi dari daerah Afrika Selatan, Kaledonia Baru, Amerika Latin dan Amerika Utara dan Eropa (Brooks, dkk., 1997). Awalnya istilah hiperakumulator mengacu pada tumbuhan yang mampu mengakumulasi lebih dari 1 mg/kg Ni (berat kering) di dalam tunas, sedangkan toksisitas Ni dimulai dari 10 hingga 15 mg/kg. Nilai ambang diberikan berturut-turut untuk menentukan hiperakumulasi masing-masing logam berat lainnya berdasarkan fitotoksitas spesifiknya. Berdasarkan pernyataan tersebut, maka tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang ketika tumbuh

tingkat > 10 mg/kg (1 %) Mn, Fe atau Zn, > 1 mg/kg (0,1 %) As, Co, Cr, Pb, Sb, Se atau Ti, dan > 0,1 mg/kg (0,01 %) Cd di udara, tanpa menimbulkan kerusakan karena fitotoksitas (Verbruggen, dkk., 2009).



Beberapa tumbuhan memiliki sifat hipertoleransi yang tinggi terhadap logam berat sehingga bersifat hiperakumulator. Hipertoleransi merupakan dasar untuk hiperakumulator, serta harus memiliki tingkat penyerapan dan translokasi yang tinggi (Hidayati, 2005). Tumbuhan hiperakumulator logam memiliki potensi yang luar biasa untuk pengaplikasian dalam upaya meremediasi logam di lingkungan. Hiperakumulator dapat mengakumulasi logam dalam jumlah yang sangat besar pada jaringan-jaringan tumbuhannya (Prasad dan Freitas, 2003).

Tingkat hiperakumulasi satu atau lebih logam berat dapat bervariasi secara signifikan pada spesies yang berbeda atau juga dalam populasi dan ekotipe spesies yang sama. Namun, hiperakumulasi tergantung pada tiga ciri dasar yang membedakan hiperakumulator, yaitu kemampuan yang jauh lebih besar untuk mengambil logam berat dari tanah, translokasi tunas akar ke tunas yang lebih cepat dan efektif, dan kemampuan yang jauh lebih besar untuk mendetoksifikasi dan mengakumulasi sejumlah besar logam berat di daun. Perkembangan penelitian yang signifikan mengenai mekanisme yang mengatur hiperakumulasi logam berat telah dipelajari dalam beberapa dekade terakhir melalui studi komparatif fisiologis, genomik dan proteomik dari tumbuhan hiperakumulator dan non-hiperakumulator (Assuncao, dkk., 2003).

