

## PEMANFAATAN MANGROVE UNTUK MENGURANGI LOGAM BERAT DI PERAIRAN

## UTILIZATION OF MANGROVES TO REDUCE HEAVY METALS IN THE WATERS

**Rizki Utami**<sup>1\*)</sup>, Wini Rismawati<sup>2</sup>, Kastana Sapanli, S.Pi, M.Si<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan  
Manajemen, IPB

<sup>\*)</sup>Rizki Utami: Tel./Faks. +6282310289930  
email: rizki\_utamii@yahoo.com

### ABSTRACT

Waters are rich areas in natural resources both biological and non biological where this diversity can give its own influence for the growth and development of a regional or even a state. Nevertheless, the amount of water resource allocation can also have an impact on the high level of pollution in waters area which eventually cause ecosystem damage. One of the causes of ecosystem pollution is heavy metals that are generally produced from industrial waste. Mangrove forest is a natural bioremediation agent that can naturally absorb heavy metal content in nature such as Fe, Mn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Zn and Cd and this function is referred to as biosorption. In addition, mangroves also have a capability called biofilter that is the ability to filter, bind, and trap pollution in the form of free excess sediment, garbage, and other household waste disposal in which this function plays a role in improving water quality.

**Keywords:** *Biofilter, bioremediation, mangrove forest, heavy metal*

### ABSTRAK

Perairan merupakan kawasan yang kaya akan sumberdaya alam baik hayati ataupun non hayati dimana keanekaragaman ini dapat memberi pengaruh tersendiri bagi pertumbuhan dan perkembangan perekonomian suatu daerah atau bahkan negara. Kendati demikian, banyaknya pengalokasian sumberdaya air ternyata juga dapat berdampak pada tingginya tingkat pencemaran di kawasan perairan yang pada akhirnya menimbulkan kerusakan ekosistem. Salah satu penyebab pencemaran ekosistem ialah logam berat yang umumnya dihasilkan dari limbah industri. Hutan mangrove merupakan agen bioremediasi alami yang secara alami dapat menyerap kandungan logam berat di alam seperti Fe, Mn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Zn dan Cd dan fungsi ini disebut sebagai biosorpsi. Selain itu, mangrove juga memiliki kemampuan yang disebut biofilter yakni kemampuan untuk menyaring, mengikat, dan memerangkap polusi dalam bentuk kelebihan sedimen, sampah, dan limbah buangan rumah tangga lainnya yang mana fungsi ini berperan dalam meningkatkan kualitas air.

**Kata kunci :** *Biofilter, bioremediasi, hutan mangrove, logam berat*



## PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang memiliki sumberdaya alam yang besar baik dari sisi kuantitas, kualitas, maupun keanekaragamannya. Sumberdaya alam yang dimiliki menjadi aset penting dalam melaksanakan sebuah pembangunan, khususnya pembangunan disektor ekonomi. Indonesia yang memiliki luas perairan seluas kurang lebih 64,97% dari total luas wilayah Indonesia menjadikan Indonesia sebagai negara pesisir. Sebagai negara pesisir, ini mengartikan bahwa potensi sumberdaya alam yang Indonesia miliki baik hayati maupun non hayati, sumberdaya buatan, serta jasa lingkungan yang ada dikawasan pesisir sangat banyak sehingga sangat berpengaruh bagi kehidupan masyarakat untuk dimanfaatkan.

Persepsi memanfaatkan ternyata banyak disalah artikan yang mana akhirnya terjadi eksploitasi berlebihan misalnya eksploitasi berlebih di bidang perikanan, baik perikanan tangkap maupun budidaya, meningkatnya jumlah pemukiman, semakin banyaknya jalur transportasi laut, serta meningkatnya bangunan industrialisasi dan pertambangan. Peningkatan pemanfaatan yang berlebihan memberikan dampak negatif yakni menyebabkan penurunan kualitas perairan diakibatkan buangan air limbah yang melampaui ambang batas.

Menurut Undang-Undang No. 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau - Pulau Kecil, wilayah pesisir didefinisikan sebagai daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut, sedangkan perairan pesisir adalah laut yang

berbatasan dengan daratan meliputi perairan sejauh 12 mil laut diukur dari garis pantai. Berdasar definisi tersebut dapat diartikan bahwa perairan pesisir merupakan perairan yang mempunyai potensi tinggi terhadap adanya akumulasi logam berat karena berbatasan langsung dengan daratan dan merupakan tempat bertemunya perairan dari darat melalui sungai dan perairan laut. Dengan demikian, perairan pesisir menjadi tempat berkumpulnya zat-zat pencemar.

Pencemar kawasan perairan pada umumnya berupa sampah, minyak, dan limbah. Dari sekian banyak limbah yang ada di laut, logam berat adalah salah satu penyebab kerusakan ekosistem perairan paling besar yang merupakan hasil akhir yang disebabkan oleh industrialisasi. Logam berat merupakan limbah yang paling berbahaya karena menimbulkan efek racun bagi manusia (Boran dan Altinok, 2010). Logam berat yang masuk ke lingkungan perairan sungai akan terlarut dalam air dan akan terakumulasi dalam sedimen dan dapat bertambah sejalan dengan berjalannya waktu, tergantung pada kondisi lingkungan perairan tersebut (Wulan *et al.*, 2013). Logam berat dapat berpindah dari lingkungan ke organisme, dan dari organisme satu ke organisme lain melalui rantai makanan (Yalcin *et al.*, 2008). Logam berat yang ada pada perairan suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, membentuk sedimentasi dan hal ini akan mempengaruhi kelangsungan hidup organisme di dalamnya dimana biota laut yang mencari makan di dasar perairan (udang, kerang, kepiting) akan memiliki peluang yang sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut. Hal ini juga membahayakan bagi masyarakat yang bertempat tinggal di sekitarnya dan utamanya masyarakat yang mengkonsumsi hasil laut yang telah terkontaminasi logam berat.



Logam berat yang berbahaya dan sering mengkontaminasi lingkungan diantaranya merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenic (As), cadmium (Cd), kromium (Cr), Nikel (Ni), dan Tembaga (Cu) dimana logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) merupakan zat pencemar yang berbahaya. Salah satu jenis logam berat yang memasuki perairan dan bersifat toksik adalah Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb). Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) merupakan logam berat yang sangat berbahaya karena tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup dan dapat terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik.

Pencemaran yang diakibatkan oleh dampak perkembangan industri harus dapat dikendalikan karena apabila tidak dikendalikan akan menimbulkan permasalahan yang serius bagi kelangsungan hidup manusia maupun biota di sekitarnya. Salah satu cara pengendalian logam berat adalah dengan menggunakan vegetasi perairan yang dapat menerima dampak langsung dan dapat menanggulangi pencemaran logam berat, dan juga mampu hidup dan berkembang dengan baik di kawasan penyebaran logam berat tersebut. Jenis vegetasi tersebut adalah mangrove.

Mangrove mempunyai peranan yang sangat penting dalam menopang kehidupan masyarakat pesisir. Setidaknya terdapat tiga fungsi mangrove yaitu fungsi ekologis, fungsi fisik, dan fungsi ekonomis. Dalam menanggulangi pencemaran logam berat, mangrove akan menggunakan fungsi fisiknya. Dalam hal ini hutan mangrove merupakan agen bioremediasi alami karena secara alami mangrove dapat menyerap kandungan logam berat di alam seperti Fe, Mn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Zn dan Cd dan fungsi ini disebut sebagai biosorpsi (Hastuti, E. D., Sutrisno Anggoro., dan Rudhi Pribadi, 2013). Mangrove juga memiliki kemampuan yang disebut biofilter yaitu kemampuan untuk menyaring, mengikat dan memerangkap polusi dalam bentuk berupa kelebihan sedimen, sampah dan limbah buangan rumah tangga lainnya. Fungsi ini berperan dalam meningkatkan kualitas air (Gunarto, 2004; Walters, Bradley B., *et al.* 2008). Satu diantara beberapa spesies mangrove yang memiliki kemampuan menyerap logam berat adalah Api-api (*Avicennia marina*). Pohon mangrove ini memiliki upaya penanggulangan materi toksik lain diantaranya dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut.

## METODOLOGI

Makalah ini dibuat pada bulan Maret 2018 meliputi pengambilan data, penyusunan makalah, serta perbaikan - perbaikan. Jenis data yang digunakan dalam makalah ini adalah berupa data sekunder dimana data sekunder diambil dari internet berupa jurnal, makalah, artikel, dan sebagainya. Data yang dikumpulkan berupa data kualitatif dan data kuantitatif. Data yang dicantumkan mencakup informasi mengenai hutan mangrove secara umum, pencemaran perairan akibat logam berat yang terlarut, pemanfaatan hutan mangrove untuk mengatasi pencemaran akibat logam berat dan pelestarian hutan mangrove.

## HASIL DAN PEMBAHASAN



## Hutan Mangrove

Kata mangrove berasal dari kata *mangue* (bahasa Portugis) yang berarti tumbuhan, dengan *grove* (bahasa Inggris) yang berarti belukar. Sementara itu dalam literatur lain disebutkan bahwa istilah mangrove berasal dari kata *mangimangi* (bahasa Melayu Kuno). Hutan bakau (hutan mangrove) adalah hutan yang tumbuh di air payau yang lingkungannya berkadar garam tinggi dan dipengaruhi oleh pasang-surut air laut. Mangrove tumbuh optimal khususnya di wilayah pesisir yang memiliki sungai besar dan delta yang aliran airnya banyak di tempat - tempat di mana terjadi pelumpuran dan akumulasi bahan organik. Baik di teluk-teluk yang terlindung dari gempuran ombak, maupun di sekitar muara sungai di mana air melambat dan mengendapkan lumpur yang dibawanya dari hulu dan daerah yang landai. Mangrove sulit tumbuh di wilayah pesisir yang terjal dan berombak besar dengan arus pasang surut yang kuat, karena kondisi ini tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur yang diperlukan sebagai substrat bagi pertumbuhan mangrove (Dahuri, 2003).

Ekosistem hutan bakau bersifat khas, baik karena adanya pelumpuran yang mengakibatkan kurangnya abrasi tanah; salinitas tanahnya yang tinggi; serta mengalami daur penggenangan oleh pasang - surut air laut. Salah satu ciri tanaman mangrove memiliki akar yang menyembul ke permukaan. Penampakan mangrove seperti hamparan semak belukar yang memisahkan daratan dengan laut. Hutan-hutan bakau menyebar luas di bagian yang cukup panas di dunia, terutama di sekeliling khatulistiwa di wilayah tropika dan sedikit di subtropika

Keanekaragaman jenis hutan mangrove di Indonesia sangat tinggi dengan jumlah jenis tercatat sebanyak 202 jenis yang terdiri atas 89 jenis pohon, 5 jenis palem, 19 jenis liana, 44 jenis epifit, dan 1 jenis sikas. Hutan mangrove meliputi pohon-pohonan dan semak yang terdiri atas 12 genera tumbuhan berbunga (*Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Xylocarpus*, *Lumnitzera*, *Laguncularia*, *Aegiceras*, *Aegiatilis*, *Snaeda* dan *Conocarpus*) yang termasuk ke dalam delapan famili (Bengen, 2001). Menurut Dahuri (2001), beberapa jenis pohon mangrove yang umum dijumpai di wilayah pesisir Indonesia adalah bakau (*Rhizophora spp.*), Api-api (*Avicennia spp.*), Pedada (*Sonneratia spp.*), Tanjung (*Bruguiera spp.*), Nyirih (*Xylocarpus spp.*), Tengar (*Ceriops spp.*) dan Buta-butua (*Exoecaria spp.*).

Meski wilayah sebaran hutan mangrove cukup luas, hanya mangrove tropis yang memiliki densitas spesies tinggi. Lebih dari sepertiga luasan mangrove tropis ada di Asia Tenggara. Dari jumlah itu yang masuk wilayah Indonesia mencapai lebih dari 80%. Sehingga Indonesia menjadi negara dengan hutan mangrove terluas. Luas hutan bakau Indonesia antara 2,5 hingga 4,5 juta hektar, merupakan mangrove yang terluas di dunia (Spalding dkk, 1997 dalam Noor *et al.*, 1999) atau dalam artian mencapai 25 persen dari total luas mangrove dunia. Namun sebagian kondisinya kritis. Di Indonesia, hutan-hutan mangrove yang luas terdapat di seputar Dangkanan Sunda, dipantai utara Jawa, pantai timur Sumatra, dan pantai barat serta selatan Kalimantan.. Di bagian timur Indonesia, hutan-hutan mangrove yang masih baik terdapat di pantai barat daya Papua, terutama di sekitar Teluk Bintuni. Mangrove di Papua mencapai luas 1,3 juta ha, sekitar sepertiga dari luas hutan bakau Indonesia.





Gambar 1. Tampak perakaran mangrove dari atas dan bawah air



Gambar 2. Hutan Mangrove

### Logam Berat Yang Terlarut di Perairan

Di kota-kota besar yang terdapat aktifitas industri dan padat penduduknya serta pada daerah-daerah yang terdapat aktifitas pertambangan, perairannya akan beresiko tercemar logam berat. Supriharyono (2000) dalam Panjaitan (2009) mengatakan zat berbahaya seperti logam berat muncul di perairan dengan konsentrasi melebihi nilai ambang batas karena industri belum dilengkapi dengan proses pengolahan limbah yang baik. Logam berat dapat menyebar di udara, tanah dan perairan. Suatu perairan dikatakan tercemar oleh logam berat apabila kandungan logam berat pada badan air tersebut telah melebihi nilai baku mutu lingkungan yang ditetapkan untuk kandungan logam berat.

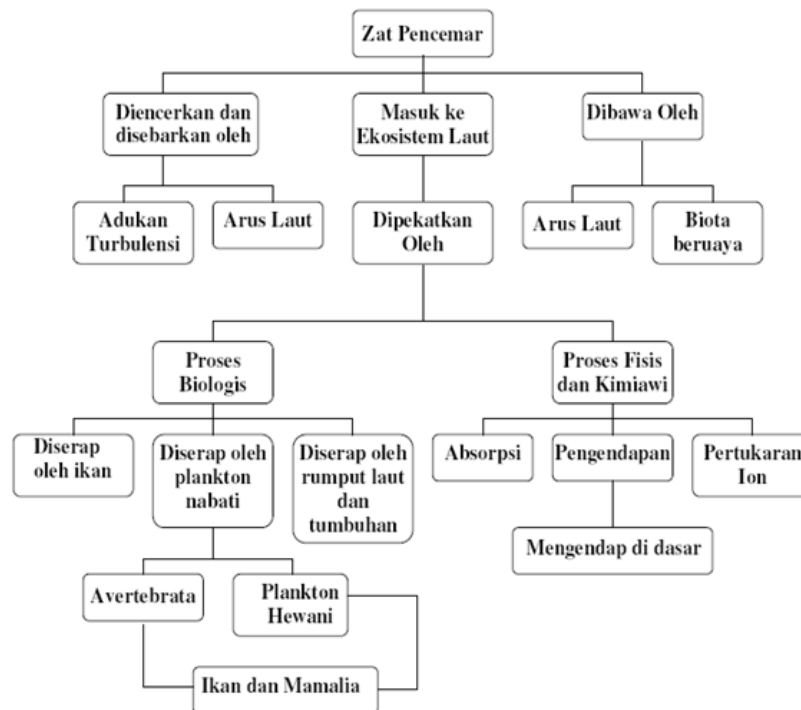
Beberapa jenis logam berat yang sering dijumpai dalam badan air perairan pesisir dan laut pada perairan yang tercemar adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), arsen (As), selenium (Se), kobalt (Co), nikel (Ni), tembaga (Cu), kromium (Cr), seng (Zn). Jenis - jenis logam berat tersebut terdapat dalam badan air karena pemanfaatannya menyisahkan limbah yang nantinya dibuang ke lingkungan, misalnya pemanfaatan Cr untuk memberi warna cemerlang pada perkakas dari logam, Co digunakan sebagai bahan magnet yang kuat pada *loudspeaker* atau *microfon*, Pb sebagai bahan baterai, Hg sebagai bahan pelarut emas, Cu sebagai kawat listrik, Ni sebagai bahan baja tahan karat, dan Zn sebagai pelapis kaleng (Rompas, 2010). Logam berat yang ada di perairan suatu saat akan mengendap ke dasar perairan dan mengalami proses sedimentasi bersama lumpur (Rahman, 2006). Proses sedimentasi terjadi karena logam – logam tersebut tidak dapat terurai. Distribusi logam didalam air dan sedimen akan mempengaruhi biota



disekitar lingkungan tersebut. Misalnya udang, kerang, dan ikan. Logam berat akan terakumulasi kedalam tubuh biota laut.

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm<sup>3</sup>. Bila kadar logam berat yang terlalu rendah disuatu perairan dapat menyebabkan kehidupan organisme mengalami defisiensi, namun bila unsur logam berat dalam jumlah yang berlebihan dapat bersifat racun. Salah satu sifat logam berat yaitu sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan), dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut. Mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Disamping itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan masa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu (Sutamihardja *et al.*, 1982).

Bila bahan pencemar masuk ke dalam lingkungan laut, maka bahan pencemar ini akan mengalami tiga macam proses akumulasi (Hutagalung, 1991), yaitu proses fisik, kimia dan biologis.



Effendi (2000), menyatakan bahan pencemar memasuki badan air melalui berbagai cara seperti pembuangan limbah oleh industri, pertanian, domestik dan perkotaan, dan lain-lain. Palar (2004) dalam Rohmawati (2007), juga menjelaskan logam-logam lingkungan perairan umumnya berada dalam bentuk ion. Ion-ion tersebut ada yang berupa ion bebas, pasangan ion organik, ion-ion kompleks dan bentuk-bentuk ion lainnya. Umumnya logam-logam yang terdapat dalam tanah dan perairan dalam bentuk persenyawaan, seperti senyawa hidroksida, senyawa oksida, senyawa karbonat dan senyawa sulfida. Senyawa-senyawa itu sangat mudah larut dalam air.



Logam berat yang berbahaya dan sering mengkontaminasi lingkungan diantaranya merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenic (As), cadmium (Cd), kromium (Cr), Nikel (Ni) dan Tembaga (Cu). Sebagian logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) merupakan zat pencemar yang berbahaya. Berdasarkan sifat kimia dan fisiknya, maka tingkat atau daya racun logam berat terhadap hewan air dapat diurutkan (dari tinggi ke rendah) sebagai berikut merkuri (Hg), kadmium (Cd), seng (Zn), timah hitam (Pb), krom (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co) (Sutamihardja *et al.*, 1982). Logam berat seperti Pb dan Cd termasuk kedalam golongan logam berat yang berbahaya dan dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernafasan dan pencernaan (Darmono, 1995). Keracunan logam berat Pb dan Cd dapat menyebabkan keracunan yang akut dan kronis.

Tingginya kandungan logam berat di suatu perairan dapat menyebabkan kontaminasi, akumulasi bahkan pencemaran terhadap lingkungan seperti biota, sedimen, air dan sebagainya (Lu, 1995). Berdasarkan kegunaannya, logam berat dapat dibedakan atas dua golongan, yaitu (Laws, 1981):

1. Golongan yang dalam konsentrasi tertentu berfungsi sebagai mikronutrien yang bermanfaat bagi kehidupan organisme perairan, seperti Zn, Fe, Cu, Co.
2. Golongan yang sama sekali belum diketahui manfaatnya bagi organisme perairan, seperti Hg, Cd, dan Pb.

Timbal pada perairan ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Perairan tawar alami biasanya memiliki kadar timbal 0,05 mg/liter. Pada perairan laut kadar timbal sekitar 0,025 mg/liter (Effendi, 2003). Timbal tidak termasuk unsur yang esensial bagi makhluk hidup, bahkan cenderung bersifat toksik bagi hewan dan manusia karena dapat terakumulasi pada tulang. Logam Pb lebih tersebar luas dibanding kebanyakan logam toksik lainnya dan secara alamiah terdapat pada batu-batuan serta lapisan kerak bumi. 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). Sumber timbal lainnya juga bisa berasal dari kendaraan yang menggunakan bahan bakar bertimbal dan juga dari biji logam hasil pertambangan, peleburan, pabrik pembuatan timbal atau recycling industri, debu, tanah, cat, mainan, perhiasan, air minum, permen, keramik, obat tradisional dan kosmetik (Marchand, *et al.*, 2011).

Tembaga merupakan logam berat yang dijumpai pada perairan alami dan merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan dan hewan, akan tetapi akan bersifat racun terhadap semua tumbuhan pada konsentrasi larutan diatas 0.1 ppm (Palar, 1994). Pada perairan alami, kadar tembaga biasanya, 0.02 mg/liter (Effendi, 2003). Cu merupakan logam esensial yang jika berada dalam konsentrasi rendah dapat merangsang pertumbuhan organisme sedangkan dalam konsentrasi yang tinggi dapat menjadi penghambat. Logam Cu yang masuk ke dalam tatanan lingkungan perairan dapat terjadi secara alamiah maupun sebagai efek samping dari kegiatan manusia. Secara alamiah Cu masuk kedalam perairan dari peristiwa erosi, pengikisan batuan ataupun dari atmosfer yang dibawa turun oleh air hujan. Sedangkan dari aktifitas manusia seperti kegiatan industri, pertambangan Cu, maupun industri galangan kapal beserta kegiatan dipelabuhan merupakan salah



satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam perairan (Palar, 1994).

### **Fisiotoksikologi Logam Berat Di Perairan**

Logam berat yang terlarut di perairan ada yang bersifat mikronutrien / essensial bagi hewan dan tumbuhan tetapi, ada juga yang tidak dibutuhkan sebagai mikronutrien atau non-essensial. Logam berat yang berfungsi sebagai mikronutrien tetapi dalam jumlah yang banyak akan bersifat toksik bagi hewan dan tumbuhan adalah Zn, Cu, Fe, Mn, dan logam berat yang belum diketahui manfaatnya dan dianggap bersifat toksik adalah Hg, Pb, Cd, Cr (Rompas, 2010). Logam berat terakumulasi ke dalam tubuh biota laut dapat melalui permukaan tubuh, terserap insang dan rantai makanan (Susiaty, 2008). Secara biologis logam berat akan mengalami penimbunan dalam tubuh biota laut seperti ikan, udang dan kerang. Setiap biota memiliki cara makan yang berbeda. Kerang memperoleh makanan dengan menyaring air, sehingga dengan mudah logam berat masuk ke dalam tubuh kerang. Logam berat juga mudah terakumulasi ke dalam tubuh ikan. Logam berat akan menumpuk pada organ tubuh ikan. Selanjutnya ikan mengalami gangguan pada organ- organ pernapasan hingga mengalami kematian. Logam berat Pb dan Cd terakumulasi ke dalam tubuh udang (Crustaceae) lewat permukaan tubuh dengan cara difusi dari lingkungan perairan (Conell dan Miller, 1995; Rahman, 2005). Hewan-hewan jenis Crustaceae banyak menyimpan logam berat pada daging kemudian kulit (Rudiyanti, 2009). Dalam rantai makanan di perairan yang tercemar logam berat akan terakumulasi ke dalam tubuh fitoplanton. Fitoplanton yang mengandung logam berat dimakan oleh ikan-ikan kecil, kemudian ikan-ikan besar memakan ikan-ikan kecil, dan ikan-ikan besar maupun kecil dimakan oleh manusia. Terjadilah biomagnifikasi (transfer logam berat) melalui rantai makanan.

Hewan-hewan yang masih mudah lebih peka terhadap logam berat dibandingkan dengan hewan- hewan yang sudah dewasa. Misalnya udang yang masih mudah dapat langsung mati ketika hidup pada perairan yang mengandung logam berat Hg pada konsentrasi 0,01 ppm, sedangkan yang dewasa dapat mati pada konsentrasi Hg 5, 7 ppm. Logam berat Hg sangat mudah berikatan dengan gugus Sulfhidril (-SH) yang dikenal dengan *metalloprotein*, pengikatan tersebut dapat menyebabkan aglutinasi, menghambat aktifitas enzim, mengganggu permeabilitas membrane sel, bersifat antimetabolit terhadap unsur Zn, dan merusak fungsi hati (Rompas, 2010). Pb dapat merusak sistem saraf biota laut, mengganggu keseimbangan berenang dan dapat menyebabkan hasil budidaya laut berkurang. Cd dapat merusak ginjal, liver dan sistem imun, saraf, dan darah dari biota laut, Cu menyebabkan gangguan usus, kerusakan hati, ginjal, dan dapat menyebabkan kematian, Ni dapat menyebabkan kanker (Rompas, 2010). Bahaya logam berat perlu menjadi perhatian serius, terutama pencemaran logam berat di perairan pesisir dan laut Indonesia. Sehingga untuk mengurangi kandungan logam berat pada lingkungan perairan yang tercemar perlu dilakukan tindakan remediasi lahan basah mangrove pada daerah perairan tercemar logam berat.

### **Remediasi Lokasi Perairan Tercemar Logam Berat**

Pencemaran logam berat pada perairan sungai, pesisir pantai dan laut nampaknya sulit di cegah, karena aktifitas manusia selalu meningkat dan menghasilkan limbah ke lingkungan terus-menerus. Nampaknya niat kita untuk





mendapat keuntungan yang lebih banyak terlalu besar sehingga kita tidak peduli dengan kesehatan lingkungan. sebagai contoh aktifitas pertambangan, industrial, perhotelan, perkotaan banyak menyumbang limbah ke lingkungan. limbah cair yang mengandung logam berat merupakan limbah yang berpotensi merusak sistem perairan, seperti sungai, dan perairan pesisir pantai. Pencemar logam berat yang terlarut pada perairan pesisir pantai dan laut sangat sulit untuk terbebas kembali dari badan air. Sehingga zat tersebut akan terakumulasi ke dalam tubuh biota laut dan tumbuhan laut. Jika zat tersebut terakumulasi ke dalam organisme laut maka volume konsentrasi zat pencemar di dalam badan air akan berkurang. Hewan laut seperti bivalvia memiliki kemampuan menyerap logam berat dari badan air tetapi ada kekuatiran karena bivalvia merupakan makanan sumber protein yang sangat digemari oleh masyarakat. Sehingga penggunaan bivalvia sebagai biofilter zat pencemar di perairan masih sangat rendah. Salah satu solusi yang baik adalah dengan menggunakan teknik fitoremediasi. Teknik fitoremediasi adalah teknologi pembersihan zat polutan dari badan air yang telah tercemar dengan menggunakan tanaman. Teknologi ini mudah, dan murah, serta memberikan efek negative yang kecil bagi kesehatan (Khatuddin. 2003 dalam Kusumastuti. 2009).

#### **Fitoremediasi Lahan Mangrove**

Untuk mengurangi masalah pencemaran lingkungan oleh pencemar logam berat menggunakan teknik fisika, kimia juga dapat menggunakan teknik fitoremediasi. Teknik fitoremediasi sangat cocok untuk daerah perairan yang tercemar dengan menggunakan hutan mangrove. Ekosistem mangrove memiliki kemampuan alami untuk membersihkan lingkungan dari berbagai bentuk zat pencemar sehingga penggunaan tanaman mangrove sebagai tumbuhan penyerap logam berat dari perairan sangat tepat. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Amin (2001), di perairan pesisir Dumai, Propinsi Riau, menunjukkan bahwa organ akar dan daun tumbuhan *A. marina* memiliki kemampuan menyerap logam berat timbal Pb dan tembaga Cu (Tabel 2). Perairan Dumai kota merupakan daerah yang mendapat sumbangan bahan pencemar perairan pesisir dan laut dari berbagai aktifitas industri dan rumah tangga.

Menurut Amin (2001), unsur Cu merupakan unsur esensial sehingga memang dibutuhkan oleh organ tumbuhan tersebut. Selanjutnya tingginya kandungan logam Cu karena terdapat aktifitas sebuah perusahaan yang menggunakan Cu sebagai bahan pengawet dan cat pada kapal yang sedang diperbaiki. Dengan adanya hutan mangrove di perairan Dumai, kandungan logam berat Pb dan Cu yang terlarut dalam air laut dan sedimen dapat terserap oleh akar dan daun tumbuhan mangrove jenis *A. marina*. Sebuah penelitian oleh Anggoro (2006), meneliti daya akumulasi tumbuhan *A. marina* dan *Rhizophora mucronata* terhadap logam berat Pb Di kali Sapuragel dan kali Donan, Cilacap, menunjukkan bahwa tumbuhan *A. marina* mampu mengakumulasi logam berat Pb sebesar 1. 974 ppm pada organ daunnya, sedangkan tumbuhan *R. mucronata* 1. 466 ppm. Terdapat juga tumbuhan *R. stylosa* yang berpotensi dalam menyerap pencemar di perairan. Menurut Hadi (2007), tumbuhan mangrove *R. stylosa* mampu mengakumulasi logam berat Cu. Selanjutnya dalam percobaannya, konsentrasi Cu yang tinggi ternyata kandungan logam berat Cu



akan meningkat pada tumbuhan *R. stylosa* yang sedang diamati dan logam berat Cu ternyata tidak mempengaruhi pertumbuhan dari tumbuhan mangrove.

### Penyerapan Logam Berat Oleh Mangrove

Mangrove berperan sebagai penampungan terakhir bagi limbah dari aktivitas perkotaan yang terbawa oleh aliran sungai ke muara sungai (Mulyadi, 2009). Limbah padat dan cair yang terlarut dalam air sungai terbawa arus menuju muara sungai dan laut lepas. Kawasan hutan mangrove akan menjadi daerah penumpukan limbah, terutama jika polutan yang masuk ke dalam lingkungan estuari melampaui kemampuan pemurnian alami oleh air. Mangrove merupakan tumbuhan tingkat tinggi di kawasan pantai yang dapat berfungsi untuk menyerap bahan-bahan organik dan non-organik sehingga dapat dijadikan bioindikator logam berat (MacFarlane, *et al.*, 2000). Mangrove memiliki kemampuan untuk menyerap dan menyimpan logam berat dalam jaringan tubuh seperti daun, batang dan akar yang terbawa di dalam sedimen, sebagian sumber hara tersebut dibutuhkan untuk melakukan proses-proses metabolisme.

Logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut (Defew, *et al.*, 2004). Sebuah studi mengenai efek dari pembuangan limbah pada komunitas mangrove di Darwin Australia mengatakan bahwa pohon mangrove memiliki kapasitas tinggi untuk menerima muatan limbah tanpa menderita kerusakan pada pertumbuhan mereka. Nora F.Y Tam dan Yuk Shan Wong telah melakukan penelitian mengenai akumulasi dan distribusi logam berat pada mangrove yang hasilnya menyatakan bahwa kandungan logam berat lebih banyak ditemukan di perakaran. Baik dalam sedimen maupun tanaman, konsentrasi logam berat meningkat sesuai peningkatan jumlah air dari pembuangan. Kemampuan untuk menahan logam berat tergantung dari usia tanaman dan produksi biomassa (Tam *et al.*, 1997).

Penyerapan hara tanaman dipengaruhi oleh konsentrasi larutan, valensi unsur, temperatur dan tingkat metabolismenya. Selain itu kecepatan penyerapan unsur juga dipengaruhi oleh tebal lapisan kutikula dan status hara dalam tanaman (Rosmarkam, 2002). Kecepatan penyerapan unsur umumnya menurun dengan bertambahnya umur tanaman dan pada saat suhu rendah maka kemampuan penyerapan unsure hara oleh tumbuhan juga akan menurun karena metabolisme tumbuhan berjalan lebih lambat.

Mangrove jenis *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, dan *Bruguiera gymnorrhiza* dapat menyerap logam berat dengan efektif. Namun spesies *Avicennia* diperkirakan memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap beberapa kandungan logam dibanding spesies mangrove yang lain. *Avicennia marina* ditemukan mengakumulasi Cu, Pb dan Zn dalam jaringan akar dengan level yang sama ataupun lebih tinggi dari konsentrasi sedimen di sekitarnya. Cu dan Zn menunjukkan pergerakan di seluruh bagian tanaman, terakumulasi di jaringan daun dengan level kurang lebih 10% dari akar. Dapat dikatakan bahwa akar dari *Avicennia marina* inilah yang berfungsi sebagai indikator biologi terhadap paparan Cu, Pb dan Zn di lingkungan (MacFarlane, 2003).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Deri (2013) diketahui bahwa tumbuhan *Avicennia marina* mampu mengakumulasi logam berat timbal (Pb) pada bagian akar. Amin (2001), mengemukakan bahwa logam-logam akan



terserap oleh akar bersama-sama dengan nutrien lain yang kemudian di edarkan ke bagian lain. Logam berat yang terserap seperti Cu dan Pb akan terakumulasi pada organ akar dan juga dibagian daun, baik daun muda maupun daun tua. Dari penelitian Deri (2013) dapat diketahui bahwa jumlah kadar logam berat timbal (Pb) di akar dan kolom air menunjukkan perbedaan yang signifikan dimana jumlah akumulasi logam berat timbal (Pb) pada akar mangrove *Avicennia marina* lebih besar di dibandingkan pada air yang berada di sekitar area mangrove. Kadar timbal (Pb) di perairan berkisar antara  $0,001 \times 10^{-3}$  –  $0,092 \times 10^{-3}$  mg/L sedangkan kisaran kadar logam berat tembaga (Cu) pada akar mangrove adalah 0,005 – 0,023 mg/L. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mulyadi rata-rata kandungan tembaga (Cu) dalam sedimen adalah 3.186 mg/lt sedangkan rata-rata kandungan tembaga (Cu) di dalam akar pohon api-api adalah 5,602 mg/lt. Hal ini menunjukkan bahwa tumbuhan *Avicennia marina* mempunyai kemampuan dalam menyerap logam berat dari lingkungan perairan.

Berdasarkan Kepmen LH No. 51 tahun 2004 kisaran nilai pencemaran logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) untuk air laut tersebut termasuk kedalam tingkat pencemaran polusi berat karena kandungan logam berat Pb telah melebihi ambang batas kandungan logam berat alamiah di perairan laut yaitu 0,008 mg/L. Menurut Darmono (2001) dalam Rohmawati (2007), suatu perairan dikatakan memiliki tingkat polusi berat jika kandungan logam berat dalam air dan organisme yang hidup di dalamnya cukup tinggi. Pada tingkat polusi sedang, kandungan logam berat dalam air dan biota yang hidup di dalamnya berada dalam batas marjinal. Sedangkan pada tingkat nonpolusi, kandungan logam berat dalam air dan organisme yang hidup di dalamnya sangat rendah, bahkan tidak terdeteksi. Baku mutu beberapa logam berat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku mutu logam berat

Unsur	Baku Mutu
Timbal (Pb)	0,008 mg/lt1
Tembaga (Cu)	0,008 mg/lt1
Seng (Zn)	0,05 mg/lt2
Kadmium (Cd)	0,01 mg/lt3

Sumber : (1) Kepmen LH no. 51 tahun 2004 (2) Permen nomor 82 tahun 2001 (3) Waldichuk, 1974

### Mekanisme penanggulangan sifat toksik dari logam berat pada pohon api-api (*Avicennia marina*)

Akar pohon api-api (*Avicennia marina*) dapat mengakumulasi logam berat diantaranya yaitu timbal dan tembaga (Cu). Selain akumulasi, pohon api-api (*Avicennia marina*) juga memiliki upaya penanggulangan toksik diantaranya yaitu dengan melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi). *Avicennia marina* menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam tersebut. Pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (sukulensi). Ekskresi juga merupakan upaya yang mungkin terjadi, yaitu dengan menyimpan materi toksik logam berat di dalam jaringan yang sudah tua seperti daun yang sudah tua dan



kulit batang yang mudah mengelupas, sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam berat di dalam tubuhnya.

Metabolisme atau transformasi secara biologis (biotransformasi) logam berat dapat mengurangi toksisitas logam berat. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh akan mengalami pengikatan dan penurunan daya racun, karena diolah menjadi bentuk-bentuk persenyawaan yang lebih sederhana. Menurut Darmono (1995), proses ini dibantu dengan aktivitas enzim yang mengatur dan mempercepat jalannya proses tersebut (Rini, 1999)

## KESIMPULAN

Hutan mangrove merupakan hutan yang tumbuh di air payau yang lingkungannya berkadar garam tinggi, dan dipengaruhi oleh pasang-surut air laut. Sumber daya hayati dan non-hayati tersebar secara luas di sekitar wilayah perairan laut. Ketersediaan sumber daya yang melimpah mendorong berbagai aktivitas pembangunan dan aktivitas industri di wilayah tersebut. Aktivitas industri menghasilkan limbah yang tidak sedikit, dan limbah yang dihasilkan sebagian besar dilimpahkan ke wilayah perairan seperti sungai atau laut. Limbah industri mengandung berbagai logam berat seperti Timbal, Kadmium, dan Merkuri yang berbahaya bagi lingkungan perairan, khususnya bagi makhluk hidup. Akibatnya hidup biota perairan terancam. Hutan mangrove dapat menjadi solusi untuk mengatasi hal ini. Teknik fitoremediasi sangat cocok untuk daerah perairan yang tercemar dengan menggunakan hutan mangrove. Ekosistem mangrove memiliki kemampuan alami untuk membersihkan lingkungan dari berbagai bentuk zat pencemar sehingga penggunaan tanaman mangrove sebagai tumbuhan penyerap logam berat dari perairan sangat tepat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada : Kepala Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan yakni Bapak Dr. Ir. Ahyar Ismail, M,Agr yang telah memberikan bantuan berupa moril ataupun financial Bapak Kastana Sipanli, S.Pi, M,Si selaku dosen mata kuliah Ekonomi Sumberdaya Air yang telah membantu memberikan ide, gagasan, ataupun saran terhadap makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Sandra. 2014. Mangrove sebagai Pengendali Logam Berat. Diambil dari : <http://kajianperikanan.blogspot.co.id/2014/02/mangrove-sebagai-pengendali-pencemar.html> (19 Maret 2018)
- Amin, Bintal. 2001. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pb dan Cu pada Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Pantai Dumai, Riau, 85 hal.
- Badan Pusat Statistik : Luas Kawasan Hutan dan Kawasan Konservasi Perairan Indonesia Menurut Provinsi Berdasarkan SK Menteri Kehutanan. Diambil dari : <https://www.bps.go.id/statictable/2013/12/31/1716/luas-kawasan-hutan-dan->



- [kawasan- konservasi-perairan-indonesia-menurut-provinsi-berdasarkan-sk-menteri-kehutanan.html](#) (19 Maret 2018)
- Bengen Dietrich. G. 2001. *Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. PKSPL –IPB, Bogor.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Dahuri, R. 2003. *Keaneka Ragaman Hayati Laut : Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*, PT. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta.
- Dahuri, R., J. Rais, S.P. Ginting dan M.J. Sitepu. 2001. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan secara Terpadu*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Dahuri, R., J. Rais, S.P. Ginting dan M.J. Sitepu. 2001. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan secara Terpadu*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Defew, L. H., M.M. James, and M.G. Hector. 2004. *An Assessment of Metal Contamination in Mangrove Sediments and Leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama*. *Marine Pollution Bulletin*, 50 : 547-552.
- Deri, Emiyarti dan Afu, La Ode Alirman. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut Indonesia*, 1 (1) : 38-48.
- Effendi, H. 2000. *Telaah Kualitas Air*. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor, 258 hal.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Perairan*. PT.Kanisius : Yogyakarta.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. PT.Kanisius : Yogyakarta.
- Hutagalung, H. P. 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat*. dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. P30-LIPI. Jakarta.
- Khiatuddin, Maulida. 2003. *Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan*. Gadjah Mada University Press : Yogyakarta.
- Kusmana, C. 2002. *Ekologi Mangrove*. Fakultas Kehutanan – IPB Bogor. PP. No.60 Tahun 2007 tentang Konservasi Sumberdaya Ikan
- Laws EA. 1981. *Aquatic pollution*. John Willey and Sons. New York. Lu FC. 1995. *Toksikologi Dasar*. UI-Presss, Jakarta.

