

**AKUMULASI DAN DISTRIBUSI LOGAM BERAT PADA VEGETASI MANGROVE DI
PERAIRAN PESISIR SULAWESI SELATAN****HERU SETIAWAN**

Balai Penelitian Kehutanan Makassar

Email: hiero_81@yahoo.com

ABSTRACT

Mangroves have ecological functions to absorb, transport and stockpile toxic materials, e.g., heavy metal from surrounding environment. This research aimed to know the accumulation and distribution of heavy metals, i.e. Lead (Pb), Cuprum (Cu) and Cadmium (Cd) in mangrove vegetation of South Sulawesi. Vegetation samples were collected from four research location, which were Tanjung Bunga Makassar, Tallo River Makassar, Pare-Pare Bay and Bone Bay. Distribution of heavy metals in mangrove tissues was divided into five areas: pneumatophora, cable root, young leaves, old leaves and twig. Heavy metal content in the samples was measured using Atomic Absorption Spectrophotometric (AAS). The results showed that the highest accumulation of Pb was derived from the sample in Tallo River with 36.1 ppm. The highest accumulation of Cu was derived from Tanjung Bunga Makassar with 42.8 ppm. The highest accumulation of Cd was derived from Tallo River with 29.3 ppm. The distribution of heavy metals in mangrove showed that the highest accumulation of Pb was found in the cable roots with 9.5 ppm. The highest concentration of Cd was found in the young leaf with 3.1 ppm. The highest concentration of Cu was found in the cable roots with 10.1 ppm. Generally, Avicennia marina is mangrove species that has the highest concentration of heavy metals with Pb 24.2 ppm, Cd 30.9 ppm and Cu 71.2 ppm.

Keywords: heavy metal, mangrove, coastal water, South Sulawesi.

INTISARI

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 ini bertujuan untuk mengetahui akumulasi dan distribusi logam berat jenis Timbal (Pb), Tembaga (Cu) dan Kadmium (Cd) pada vegetasi mangrove di perairan pesisir Sulawesi Selatan. Sampel vegetasi mangrove diambil dari empat lokasi, yaitu sekitar Pantai Tanjung Bunga Makassar, Muara Sungai Tallo Makassar, Teluk Pare-Pare dan Teluk Bone. Distribusi logam berat pada vegetasi mangrove dibagi dalam lima jaringan yaitu, akar napas, akar kawat, daun muda, daun tua dan ranting. Kandungan logam berat dalam sampel diukur dengan menggunakan alat Atomic Absorption Spectrophotometric (AAS). Hasil penelitian menunjukkan, akumulasi Pb terbesar berasal dari sampel vegetasi mangrove di Muara Sungai Tallo yaitu 36,1 ppm, akumulasi Cu terbesar dari Pantai Tanjung Bunga Makassar 42,8 ppm, dan akumulasi Cd terbesar dari Muara Sungai Tallo yaitu 29,3 ppm. Distribusi logam berat pada jaringan vegetasi mangrove yang paling tinggi, untuk Pb terdapat pada akar kawat yaitu 9,5 ppm, akumulasi logam berat Cd tertinggi terdapat pada jaringan daun muda yaitu 3,1 ppm, sedangkan akumulasi logam berat Cu yang tertinggi terdapat pada jaringan akar kawat yaitu 10,1 ppm. Secara umum, jenis Api-api (Avicennia marina) merupakan jenis mangrove yang paling besar menyerap logam berat dengan kandungan Pb sebesar 24,2 ppm, Cd sebesar 30,9 ppm dan Cu sebesar 71,2 ppm.

Katakunci: logam berat, mangrove, perairan pesisir, Sulawesi Selatan.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan wilayah pesisir untuk kegiatan bidang perikanan, baik perikanan tangkap maupun budidaya, pemukiman, transportasi laut, industrialisasi dan pertambangan menunjukkan peningkatan yang tinggi. Hasil produksi perikanan tangkap Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2011 mencapai 218.819 ton, sedangkan produksi perikanan budidaya mencapai 1.024.310 ton dan merupakan provinsi dengan produksi perikanan tertinggi di Indonesia (BPS, 2012). Perkembangan industri di Sulawesi Selatan berkembang sedemikian pesat, hal tersebut selain memberikan dampak yang positif, juga memberikan dampak negatif. Dampak positif berupa perluasan lapangan pekerjaan, sedangkan dampak negatifnya adalah penurunan kualitas perairan akibat buangan air limbah yang melampaui ambang batas. Pencemaran yang diakibatkan oleh dampak perkembangan industri harus dapat dikendalikan karena akan menimbulkan permasalahan yang serius bagi kelangsungan hidup manusia maupun biota di sekitarnya.

Laut merupakan tempat bermuaranya sungai, baik sungai besar maupun sungai kecil. Dengan demikian, laut akan menjadi tempat berkumpulnya zat-zat pencemar yang terbawa oleh aliran sungai. Dari sekian banyak limbah yang ada di laut, limbah logam berat merupakan limbah yang paling berbahaya karena menimbulkan efek racun bagi manusia (Boran dan Altinok, 2010). Pencemaran 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 menyebabkan biota laut yang mencari makan di dasar perairan (udang, kerang, kepiting) akan memiliki peluang yang sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut. Wolf *et al.* (2001) menunjukkan bahwa logam berat yang terakumulasi pada ekosistem mangrove mengalami bioakumulasi dalam jaringan hewan Gastropoda yang berasosiasi dengan mangrove. Logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh biota laut melalui beberapa jalan, yaitu saluran pernafasan (insang), saluran pencernaan (usus, hati, ginjal), maupun penetrasi melalui kulit (Ma'ruf, 2007). Jika biota laut yang telah terkontaminasi tersebut dikonsumsi oleh manusia dalam jangka waktu tertentu akan sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia.

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. Dengan melihat definisi diatas, 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. Keberadaan perairan pesisir sebagai penampungan terakhir bagi sungai yang bermuara dan membawa limbah, baik yang berasal dari industri maupun rumah tangga, sangat membahayakan bagi masyarakat yang bertempat tinggal di sekitarnya, utamanya masyarakat yang mengkonsumsi hasil laut yang telah terkontaminasi logam berat. Salah satu

jenis vegetasi yang mampu hidup dan berkembang dengan baik di kawasan pesisir 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. Secara ekologis, ekosistem mangrove mampu menciptakan iklim mikro yang baik, memperbaiki kualitas air, sebagai tempat mencari makan, tempat memijah dan tempat berkembang biak berbagai jenis ikan, udang, kerang dan biota laut lainnya. Secara fisik mangrove memiliki fungsi menjaga garis pantai dan tebing sungai dari erosi/abrasi, mempercepat perluasan lahan melalui proses sedimentasi, mengendalikan intrusi air laut, melindungi daerah di belakang mangrove dari hempasan gelombang, angin kencang dan mengurangi resiko terhadap bahaya tsunami. Secara ekonomis mangrove berfungsi sebagai penghasil kayu, penghasil hasil hutan non kayu seperti madu, obat-obatan, minuman dan makanan, tanin (zat penyamak kulit), serat sintetis dan produk komersial lainnya, sarana ekoturisme, wanamina/pertambakan, sumber benih dan lain-lain.

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang unik, karena berada pada daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut. Ekosistem mangrove didefinisikan sebagai hutan intertidal yang sangat produktif yang terdistribusi sepanjang pantai tropis dan mampu menstabilkan zona pantai dari erosi serta bertindak sebagai zona penyangga antara darat dan laut (Prasad dan Ramanathan, 2008). Vegetasi mangrove yang banyak tumbuh di wilayah perairan pesisir merupakan bagian dari ekosistem pesisir yang memiliki tingkat produktivitas paling tinggi dibandingkan dengan ekosistem pesisir lainnya. Keberadaan ekosistem mangrove di kawasan perairan pesisir menjadi sangat penting karena

vegetasi mangrove mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat dan membantu mengurangi tingkat konsentrasi bahan pencemar di air. Parvaresh *et al.* (2010) menyebutkan bahwa selain dapat terakumulasi dalam sedimen, logam berat juga dapat terakumulasi dalam struktur mangrove. Silva *et al.* (1990) dalam Ulqodry (2001) juga menjelaskan lebih lanjut bahwa ekosistem mangrove juga memegang peranan penting sebagai *pollutant trap* untuk berbagai unsur logam dan nutrien, baik yang berasal dari darat maupun laut. Mangrove sebagai salah satu organisme hidup dapat dijadikan sebagai bioindikator tingkat pencemaran logam berat dalam lingkungan perairan. Monitoring pada organisme hidup atau dikenal dengan bioindikator, yaitu penggunaan jenis organisme tertentu yang dapat mengakumulasi bahan-bahan pencemar yang ada sehingga mewakili keadaan di dalam lingkungan hidupnya (Rashed, 2007). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji akumulasi dan distribusi logam berat jenis Timbal (Pb), Tembaga (Cu) dan Kadmium (Cd) pada jaringan vegetasi mangrove.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada kawasan perairan pesisir di Provinsi Sulawesi Selatan. Secara umum, lokasi penelitian merupakan lokasi dengan tingkat kemungkinan kontaminasi logam berat yang tinggi, yaitu pada daerah sekitar pelabuhan, berdekatan dengan pertambakan dan muara sungai yang merupakan tempat akumulasi limbah industri maupun limbah rumah tangga. Logam berat yang masuk dalam ekosistem mangrove juga dapat berasal dari aktivitas perkapalan, wisata, tumpahan minyak, aktivitas pertambangan dan aktivitas pertanian. Logam berat yang berasal dari aktivitas pertanian bersumber dari penggunaan insektisida dan pupuk

Tabel 1. Lokasi stasiun pengambilan sampel penelitian

Stasiun Penelitian (<i>Research station</i>)	Letak Geografis (<i>Geographic location</i>)	Keterangan (<i>Remarks</i>)
Teluk Pare-Pare	07° 92' 31,7" LS 95° 57' 80,0" BT	Lokasi berdekatan dengan pelabuhan, terdapat pemanfaatan lahan yang intensif untuk budidaya perikanan.
Teluk Bone	02° 09' 69,8" LS 94° 95' 90,8" BT	Lokasi berdekatan dengan pelabuhan dan pemukiman. Aktivitas bongkar muat barang dan pengisian bahan bakar perahu.
Pantai Tanjung Bunga	07° 66' 06,9" LS 94° 29' 06,0" BT	Lokasi berdekatan dengan pelabuhan, tambak dan dimanfaatkan untuk rekreasi pantai.
Muara Sungai Tallo	07° 70' 90,7" LS 94° 34' 87,8" BT	Lokasi berdekatan dengan area industri, aktifitas kapal <i>tugboat</i> , pemukiman penduduk dan pertambakan.

yang berlebihan. Konsentrasi logam berat yang tinggi dalam lingkungan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan meningkatkan daya toksisitas, persistan dan bioakumulasi logam itu sendiri (Lindsey *et al.*, 2004). Tabel 1 menunjukkan gambaran umum lokasi stasiun pengambilan sampel penelitian.

Lokasi penelitian dibagi menjadi empat stasiun penelitian, yaitu Perairan Teluk Bone, Teluk Pare-Pare, Pantai Tanjung Bunga Makassar dan Muara Sungai Tallo Makassar (Gambar 1). Perairan Teluk Bone secara administrasi termasuk dalam Kelurahan Bajoe, Kecamatan Bajoe, Kabupaten Bone yang berdekatan dengan pelabuhan. Perairan Teluk Pare-Pare secara administrasi termasuk dalam Kelurahan Watan Soreang, Kotamadya Pare-Pare yang berdekatan dengan pelabuhan. Perairan Tanjung Bunga secara administrasi termasuk dalam Kelurahan Tanjung Merdeka, Kotamadya Makassar. Perairan Muara Sungai Tallo secara administrasi termasuk dalam Kelurahan Parangloe, Kotamadya Makassar.

Bahan dan Alat Penelitian

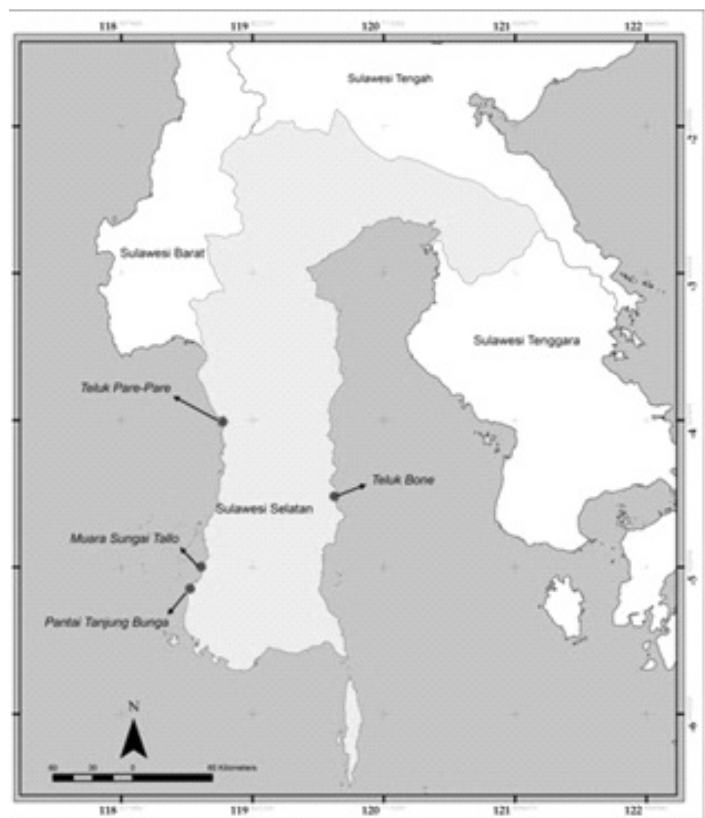
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel tanaman mangrove yang terdiri dari daun muda, daun tua, akar kawat, akar napas dan cabang/ranting sebanyak masing-masing ± 1 kg. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: *GPS*

(*Global Positioning System*), kamera, parang, gergaji, buku, alat tulis-menulis, dan peralatan yang digunakan dalam laboratorium diantaranya : neraca analitik, labu ukur, gelas piala, pipet ukur, pipet tetes, gelas arloji, oven, botol reagen dan lain-lain.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan pengambilan sampel jaringan vegetasi mangrove yang terdiri atas akar napas, akar kawat, ranting/cabang, daun muda dan daun tua di lokasi yang telah ditentukan. Penentuan lokasi dilakukan secara *purposive sampling* dengan mempertimbangkan kemungkinan adanya akumulasi logam berat yang tinggi. Daerah dengan potensi kandungan bahan pencemar logam berat yang tinggi dicirikan dengan adanya aktifitas industri, pelabuhan, pertanian tambak, pemukiman, serta daerah dengan aktifitas pelayaran dan penangkapan ikan yang tinggi.

Sampel jaringan vegetasi mangrove diambil dari lokasi pengamatan sebanyak tiga kali ulangan, selanjutnya sampel dibersihkan dan dioven pada suhu 80° C selama 48 jam. Sampel kemudian dihaluskan menjadi serbuk dengan menggunakan blender. Serbuk sampel tumbuhan kemudian ditimbang sebanyak 2 sampai 4 gram untuk kemudian dimasukkan ke dalam *furnace oven* pada suhu 450° C selama 12 jam sampai menjadi abu yang



Gambar 1. Peta lokasi stasiun penelitian

berwarna putih. Abu sampel kemudian didestruksi secara kimia. Abu sampel dimasukkan ke dalam *beaker glass pyrex* kemudian ditambahkan 15 ml HCl pekat dan 5 ml HNO₃ pekat dan mulut *beaker* ditutup dengan kaca arloji, kemudian *beaker glass* dipanaskan di atas api *bunsen* selama 30 menit hingga larutan asam menguap dan mengering. Proses selanjutnya, diteteskan 1 ml HNO₃ pekat ke dalam *beaker glass*, kemudian *beaker glass* didinginkan. Setelah dingin ditambahkan aquades sedikit demi sedikit dan larutan sampel dipindahkan ke dalam labu volumetrik 25 ml menggunakan corong kaca yang dilapisi kertas saring dan ditetesi aquades sampai volume larutan tepat 25 ml. Larutan sampel kemudian dituangkan di dalam botol plastik dan siap untuk dianalisis kandungan logam beratnya. Kandungan logam berat dalam sampel diukur dengan menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption*

Spectrophotometry) di laboratorium Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Hasanuddin.

Analisis Data

Data hasil pengukuran konsentrasi logam berat jenis Pb, Cu dan Cd pada jaringan vegetasi mangrove dari laboratorium selanjutnya ditabulasikan dan dianalisis secara diskriptif. Untuk pengolahan selanjutnya dilakukan pengelompokan dan penjumlahan akumulasi logam berat berdasarkan lokasi pengambilan sampel, berdasarkan jenis mangrove dan berdasarkan jaringan tumbuhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan densitas lebih besar dari 5 g/cm³, terletak di sudut kanan bawah pada sistem periodik unsur, mempunyai afinitas yang tinggi terhadap S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92, dari periode

empat sampai tujuh (Ernawati, 2010). Logam berat merupakan bahan pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik. Jika terdapat dalam jumlah yang besar dapat mempengaruhi aspek ekologis maupun aspek biologis perairan. Menurut Panjaitan (2009), faktor yang menyebabkan logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar berbahaya karena logam berat mempunyai sifat yang tidak dapat terurai (*non-degradable*) dan mudah diabsorpsi.

Logam berat yang masuk dalam lingkungan sebagian akan terserap masuk ke dalam tanah (sedimen) dan sebagian akan masuk dalam sistem aliran sungai yang selanjutnya akan terbawa ke laut. Logam berat yang masuk dalam ekosistem laut akan mengendap ke dasar perairan dan terserap dalam sedimen (Jaibet, 2007). Logam berat yang mengendap pada dasar perairan akan membentuk sedimentasi dan hal ini akan menyebabkan biota laut yang mencari makan di dasar perairan seperti udang, kerang dan kepiting akan memiliki peluang yang sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut. Jika biota laut yang telah terkontaminasi logam berat tersebut dikonsumsi dalam jangka waktu tertentu dapat menjadi bahan racun yang akan meracuni tubuh makhluk hidup (Palar, 2008).

Akumulasi Logam Berat pada Tumbuhan Mangrove

Ekosistem mangrove merupakan mata rantai utama yang berperan sebagai produsen dalam rantai

makanan ekosistem pantai. Mangrove 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). Mangrove merupakan tumbuhan tingkat tinggi di kawasan pantai yang dapat digunakan sebagai bioindikator lingkungan yang tercemar oleh logam berat, terutama untuk jenis Pb dan Cu (Mukhtasar, 2007). Logam berat Cu dan Pb merupakan unsur logam berat yang tidak dapat terurai oleh proses alam, serta dapat membahayakan kesehatan manusia. Meskipun mangrove tumbuh pada lingkungan dengan tingkat konsentrasi logam berat yang tinggi, hal tersebut tidak berpengaruh terhadap kesehatan vegetasi mangrove itu sendiri (Silva *et al.*, 2006). Melalui akarnya, tumbuhan ini dapat menyerap logam-logam berat yang terdapat pada sedimen maupun air dan pangkal ranting serta daun muda yang terdapat pada ujung ranting tersebut. Menurut Rini (2008), mekanisme yang dilakukan oleh tumbuhan untuk menghadapi konsentrasi polutan yang tinggi di sekitarnya adalah dengan cara penanggulangan (ameliorasi) dan toleransi. Akumulasi logam berat pada vegetasi mangrove yang diambil pada empat stasiun penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Akumulasi logam berat pada tumbuhan mangrove di lokasi penelitian

Stasiun Penelitian (<i>Research stations</i>)	Jenis Mangrove (<i>Mangrove species</i>)	Rata-Rata Akumulasi Logam Berat pada Mangrove (<i>The average of heavy metals accumulation in mangrove</i>)		
		Pb (<i>Lead</i>)	Cu (<i>Cuprum</i>)	Cd (<i>Cadmium</i>)
Teluk Pare-Pare	<i>Sonneratia alba</i> <i>Avicennia marina</i>	35,4 ±1,46	30,9 ±1,66	0,04 ±0,02
Teluk Bone	<i>Sonneratia alba</i> <i>Avicennia marina</i>	31,6 ±3,45	28,66 ±1,62	11,6 ±2,37
Pantai Tanjung Bunga	<i>Avicennia marina</i>	9,1 ±2,69	42,8 ±2,64	8,8 ±0,68
Muara Sungai Tallo	<i>Rhizophora mucronata</i>	36,1 ±6,22	41,0 ±5,12	29,3 ±0,32

Berdasarkan lokasi pengambilan sampel, akumulasi logam berat timbal (Pb) pada tumbuhan mangrove secara berturut-turut dari yang terbesar adalah Muara Sungai Tallo dengan kandungan Pb sebesar 36,1 ppm, Teluk Pare-Pare dengan kandungan Pb 35,4 ppm, Teluk Bone dengan kandungan Pb 31,6 ppm, dan yang terendah di sekitar Pantai Tanjung Bunga Makassar dengan kandungan Pb 9,1 ppm. Ambang batas logam berat dalam jaringan tumbuhan belum diatur oleh pemerintah. Peraturan yang ada hanya mengatur ambang batas logam berat pada air laut untuk tujuan wisata bahari, kehidupan biota dan pelabuhan. Berdasarkan pedoman baku mutu air laut menurut Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: KEP-MEN LH No.51/MenKLH/2004, ambang batas Pb untuk wisata bahari adalah 0,005 ppm dan untuk biota adalah 0,008 ppm. Dengan melihat akumulasi logam berat Pb pada tumbuhan mangrove yang tinggi maka kondisi lingkungan perairan di lokasi penelitian menunjukkan lebih tinggi dari ambang batas. Sampel tumbuhan mangrove yang diambil dari stasiun penelitian Muara Sungai Tallo memiliki kandungan logam berat Pb tertinggi. Beberapa kemungkinan penyebab tingginya kadar Pb di Muara Sungai Tallo adalah pembuangan limbah yang berasal dari Kawasan Industri Makassar (KIMA), serta limbah dari industri kapal dan limbah rumah tangga. Logam berat timbal (Pb) digunakan oleh industri baterai, kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponen-komponennya. Timbal digunakan pada bensin untuk kendaraan, cat dan pestisida. Pencemaran Pb di dalam badan perairan dapat menyebabkan jumlah Pb yang ada melebihi konsentrasi yang dapat menyebabkan kematian bagi biota perairan tersebut (Suharto, 2005). Bagi manusia, termakannya senyawa timbal dalam konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan keracunan

timbal yang menyebabkan kadar timbal yang tinggi dalam aorta, hati, ginjal, pankreas, paru-paru, tulang, limpa, testis, jantung dan otak (Supriyanto *et al.*, 2007).

Berdasarkan data yang tersaji dalam Tabel 2, dapat diketahui bahwa akumulasi logam berat Cu pada sampel tumbuhan mangrove secara berturut-turut dari yang terbesar adalah Pantai Tanjung Bunga Makassar dengan kandungan Cu 42,8 ppm, Muara Sungai Tallo dengan kandungan Cu sebesar 41,0 ppm, Teluk Pare-Pare dengan kandungan Cu 30,9 ppm, dan yang terendah Teluk Bone dengan kandungan Cu 28,66 ppm. Berdasarkan pedoman baku mutu lingkungan menurut Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: KEP-MEN LH No.51/MenKLH/2004, ambang batas Cu untuk wisata bahari adalah 0,05 ppm dan untuk biota adalah 0,008 ppm. Tingginya akumulasi logam berat pada tumbuhan mangrove menunjukkan bahwa pencemaran logam berat di lokasi penelitian telah melebihi ambang batas. Sampel tumbuhan mangrove yang diambil di stasiun penelitian sekitar Pantai Tanjung Bunga Makassar memiliki kandungan logam berat Cu tertinggi. Hal tersebut kemungkinan disebabkan lokasi Pantai Tanjung Bunga berdekatan dengan perkotaan sehingga kemungkinan kontaminasi logam berat Cu pada tumbuhan mangrove berasal dari limbah perkotaan. Selain itu, lokasi pengambilan sampel juga berdekatan dengan pelabuhan dengan aktifitas bidang perkapalan yang tinggi. Sejalan dengan yang disampaikan Surbakti (2011), logam berat Cu masuk kedalam tatanan lingkungan sebagai akibat dari aktifitas manusia, sebagai contoh adalah buangan industri yang memakai Cu dalam proses produksinya, misalnya industri galangan kapal. Logam berat Cu digunakan sebagai campuran bahan pengawet, industri pengolahan kayu, buangan rumah tangga dan lain

sebagainya. Kontaminasi logam berat Cu pada manusia dapat berakibat fatal. Logam Cu merupakan unsur logam esensial yang dibutuhkan sebagai elemen mikro untuk pembentukan hemoglobin, kolagen pembuluh darah dan myelin. Konsentrasi Cu yang tinggi pada manusia dapat menyebabkan keracunan akut yang ditandai dengan mual, muntah, sakit perut, hemolisis, nefrosis, kejang, dan akhirnya mati. Pada keracunan kronis, Cu yang tertimbun dalam hati dapat menyebabkan hemolisis yang dapat menyebabkan anemia dan pertumbuhan terhambat (Surbakti, 2011).

Menurut Palar (2008), kadmium (Cd) merupakan logam berat yang termasuk dalam unsur transisi (golongan II B) dan memiliki titik lebur 321° C. Keracunan kadmium (Cd) kronis menyebabkan kerusakan pada fisiologis tubuh, yaitu ginjal, paru-paru, darah, jantung, kelenjar reproduksi, indera penciuman dan kerapuhan tulang. Hasil analisis terhadap sampel vegetasi mangrove pada empat lokasi penelitian menunjukkan bahwa akumulasi logam berat Cd secara berturut-turut dari yang terbesar adalah sampel tumbuhan mangrove dari Muara Sungai Tallo dengan kandungan Cd sebesar 29,3 ppm, kemudian Teluk Bone dengan kandungan Cd 11,6 ppm, sekitar Pantai Tanjung Bunga dengan kandungan Cd sebesar 8,8 ppm, dan di Teluk Pare-Pare dengan kandungan Cd 0,04 ppm. Sampel tumbuhan mangrove yang diambil di stasiun penelitian Muara Sungai Tallo memiliki kandungan logam berat Cd tertinggi.

Berdasarkan pedoman baku mutu lingkungan menurut Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: KEP-MEN LH No.51/MenKLH/2004, ambang batas Cd untuk wisata bahari adalah 0,002 ppm dan untuk biota adalah 0,001 ppm. Nilai akumulasi logam berat Cd pada tumbuhan mangrove di lokasi penelitian jauh lebih tinggi dari ambang

batas yang ditetapkan, sehingga kondisi lingkungan di sekitar lokasi penelitian mempunyai tingkat pencemaran logam berat yang telah melebihi ambang batas. Menurut Supriyaningrum (2006), sumber kadmium selain berasal dari limbah penggunaan batubara dan minyak, juga berasal dari pabrik peleburan besi, baja, produksi semen, pembakaran sampah, dan penggunaan logam yang berhubungan dengan hasil produksinya. Implikasi klinik akibat kontaminasi kadmium (Cd) menurut Sudarmaji *et al.* (2006) adalah sakit di dada, nafas sesak (pendek), batuk-batuk dan lemah. Efek klinis lainnya adalah gejala nausea (mual), muntah, diare, kram, otot, anemia, dermatitis, pertumbuhan lambat, kerusakan ginjal dan hati, gangguan kardiovaskuler, emfisema dan degenerasi testicular. Akumulasi pada ginjal dan hati 10-100 kali lebih besar dari pada konsentrasi pada jaringan yang lain.

Distribusi Logam Berat pada Jaringan Tumbuhan Mangrove

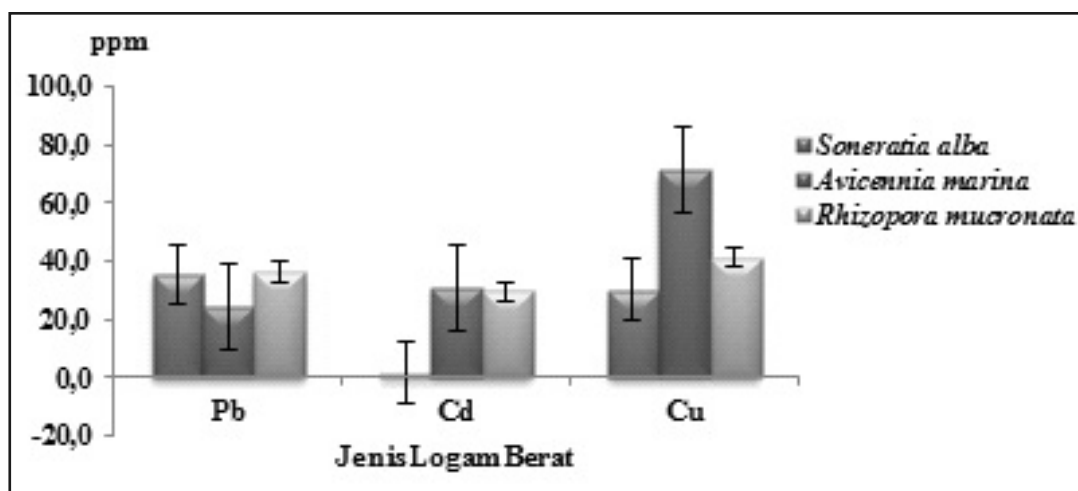
Tumbuhan mangrove yang tumbuh di daerah peralihan antara ekosistem darat dan ekosistem laut memiliki tekanan yang tinggi terhadap berbagai jenis polutan, baik yang berasal dari laut maupun yang berasal dari darat yang dibawa oleh sungai yang bermuara di laut. Salah satu biota perairan yang terkena dampak langsung dari pencemaran logam berat di perairan adalah tanaman mangrove. Mangrove yang tumbuh di muara sungai merupakan tempat penampungan bagi limbah-limbah yang terbawa aliran sungai. Mangrove memiliki kemampuan menyerap bahan-bahan organik dan non organik dari lingkungannya ke dalam tubuh melalui membran sel. Walaupun banyak masukan sumber bahan pencemar, mangrove memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam berat (Kamaruzzaman *et al.*, 2008). Untuk mengetahui besarnya kemampuan mangrove dalam mengabsorpsi dan mengakumulasi

logam berat maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis jumlah logam berat pada jaringan mangrove yang meliputi akar kawat, akar napas, daun muda, daun tua dan ranting/cabang. Gambar 2 adalah distribusi logam berat pada berbagai jaringan tumbuhan mangrove.

Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa kandungan logam berat Pb pada daun muda rata-rata berkisar 6,3 ppm, sedangkan pada daun tua berkisar 5,4 ppm. Rata-rata kandungan logam Pb pada jaringan akar napas berkisar 6 ppm dan pada akar kawat 9,5 ppm, sedangkan pada ranting berkisar 4,5 ppm. Akumulasi logam berat Pb pada jaringan akar kawat adalah yang paling tinggi, disusul kemudian pada daun muda, akar napas, daun tua, dan kandungan Pb terendah pada ranting. Secara umum, akumulasi logam berat Pb yang terbesar terdapat pada jaringan akar yaitu 7,8 ppm kemudian daun 5,9 ppm dan terendah pada ranting 4,5 ppm. Hal ini sesuai dengan penelitian Panjaitan (2009), bahwa kandungan logam berat Pb pada akar lebih besar dari pada daun. Kandungan logam berat Pb pada akar kawat sebesar 8,3 ppm, sedangkan pada daun sebesar 5,7 ppm. Besarnya

kandungan logam berat di jaringan akar diduga karena jaringan akar mempunyai interaksi langsung dengan sedimen dan air yang telah terkontaminasi oleh logam berat yang mengendap. Menurut Lakitan (2001), unsur hara dapat kontak dengan permukaan akar melalui tiga cara, yakni secara difusi dalam larutan tanah, secara pasif terbawa aliran air tanah dan karena akar kontak dengan hara tersebut di dalam matrik tanah.

Hasil analisis akumulasi logam berat Kadmium (Cd) menunjukkan bahwa, akumulasi logam berat Cd merupakan yang terendah jika dibandingkan dengan Pb dan Cu. Distribusi logam berat Cd pada jaringan tumbuhan mangrove, berturut-turut dari yang tertinggi adalah daun muda sebesar 3,1 ppm, ranting 2,9 ppm, daun tua 2,7 ppm dan akar napas yang mempunyai kandungan yang sama dengan akar kawat yaitu sebesar 2,4 ppm. Jaringan daun merupakan jaringan yang paling banyak mengakumulasi logam berat Cd. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Kumar *et al.* (2010), yang menyatakan bahwa logam berat Cd paling banyak terakumulasi pada bagian daun dan semakin tinggi

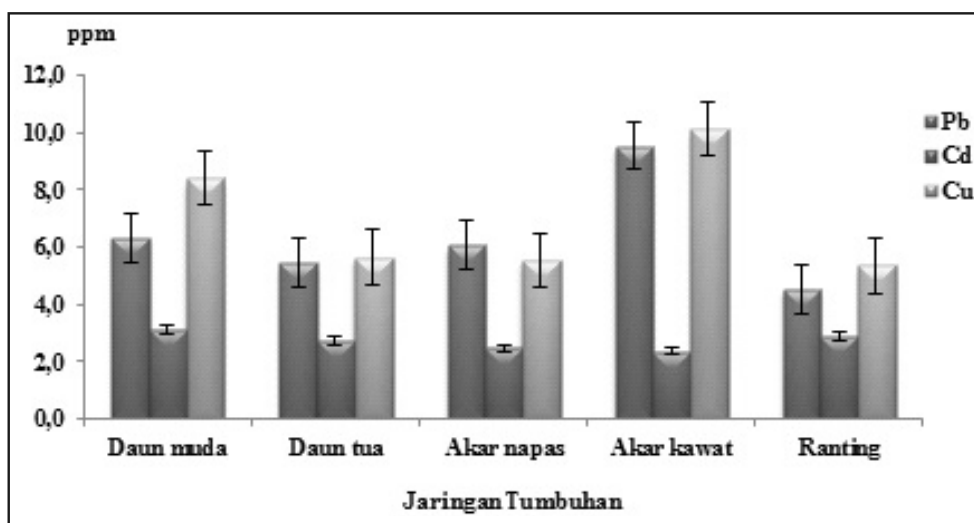


Gambar 3. Hasil analisis akumulasi logam berat pada berbagai jenis mangrove

pohon mangrove maka akumulasi Cd dalam tanaman juga semakin tinggi. Secara umum, distribusi logam berat Cd relatif merata pada semua jaringan tumbuhan dengan konsentrasi rata-rata 2,73 ppm.

Hasil analisis akumulasi logam berat Cu pada jaringan tumbuhan mangrove secara berturut-turut dari yang tertinggi adalah pada akar kawat sebesar 10,1 ppm, selanjutnya pada jaringan daun muda 8,4 ppm, daun tua 5,6 ppm, akar napas 5,5 ppm dan terendah pada jaringan ranting 5,3 ppm. Secara umum akumulasi logam berat Cu yang terbesar terdapat pada jaringan akar yaitu 7,82 ppm kemudian daun 7,02 ppm dan terendah pada ranting 5,33 ppm. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Arisandi (2005), yang menyatakan bahwa konsentrasi tertinggi logam berat yang ditemukan di akar *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* adalah logam Cu. Tingginya kandungan logam berat Cu pada jaringan akar dibandingkan dengan pada jaringan daun dan ranting sangat berkaitan dengan proses masuknya logam Cu pada jaringan. Cu merupakan logam berat yang cenderung mudah untuk terendapkan dalam sedimen, sehingga akumulasi logam Cu pada sedimen akan lebih tinggi dibandingkan akumulasi pada kolom air.

Secara keseluruhan, akumulasi logam berat pada jaringan tumbuhan mangrove yang terbesar pada jaringan akar karena jaringan akar merupakan bagian tumbuhan yang mengalami kontak langsung dengan sedimen yang tercemar, kemudian ditranslokasikan ke bagian lain. Kandungan suatu logam berat di dalam sedimen sangat berpengaruh terhadap kandungan logam berat tersebut di dalam tubuh tumbuhan (Kusumastuti, 2009). Hasil ini juga sejalan dengan penelitian Hamzah dan Setiawan (2010), yang menyatakan bahwa konsentrasi logam berat di Muara Angke pada akar mangrove lebih tinggi dibandingkan pada daun, dengan konsentrasi pada akar 12,17-99,88 ppm dan pada daun 2,07-85,48 ppm. Selain menyerap logam berat pada sedimen, jaringan akar mangrove juga menyerap zat pencemar lain yang terdapat pada kolom air, mengingat jaringan akar mangrove selalu terendam air pada saat air pasang. Hal ini dipertegas oleh Hardiani (2009), dimana secara umum tumbuhan melakukan penyerapan oleh jaringan akar, baik yang berasal dari sedimen maupun air, kemudian terjadi translokasi ke bagian tumbuhan yang lain dan lokalisasi atau penimbunan logam pada jaringan tertentu. Daun juga merupakan jaringan dengan tingkat akumulasi logam berat yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan



Gambar 2. Distribusi logam berat pada berbagai jaringan tumbuhan mangrove

ranting. Kemungkinan hal ini disebabkan karena tingkat mobilitasi logam berat yang tinggi dan jaringan daun sebagai tempat penimbunan logam berat sebelum dilepas ke lingkungan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Chaney *et al.* (1998), logam berat akan didistribusi ke seluruh jaringan tanaman sampai daun, melalui proses *uptake* pada akar, ditahan pada jaringan, dan dilepas ke lingkungan melalui pelepasan daun. Hasil analisis akumulasi logam berat pada berbagai jenis mangrove di lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil analisis kandungan logam berat pada masing-masing jenis tumbuhan mangrove menunjukkan bahwa akumulasi logam berat jenis Pb yang terbesar terdapat pada tumbuhan mangrove jenis *Sonneratia alba* sebesar 35,3 ppm, untuk logam berat jenis Cd, akumulasi yang terbesar pada jenis *Avicennia marina* sebesar 30,9 ppm dan untuk logam berat Cu, akumulasi yang terbesar pada jenis *Avicennia marina* sebesar 71,2 ppm. Hasil penelitian ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian Panjaitan (2009) yang menyatakan bahwa akumulasi logam berat Cu dan Pb pada *Avicennia marina* di Perairan Belawan berkisar 12,0165 – 14,9900 ppm. Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mangrove jenis *Avicennia marina* mempunyai kemampuan tertinggi dalam mengakumulasi logam berat dalam jaringan tubuhnya dibandingkan dengan jenis *Sonneratia alba* dan *Rhizophora mucronata*. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hamzah dan Setiawan (2010), yang menyatakan bahwa mangrove jenis *Avicennia marina* mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat lebih tinggi dibandingkan dengan mangrove jenis *Sonneratia caseolaris* dan *Rhizophora mucronata*. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh letak atau posisi tempat tumbuh *Avicennia marina*

yang berada pada zona yang terdepan sehingga merupakan jenis mangrove yang mendapat masukan zat pencemar yang pertama secara langsung, baik yang berasal dari sedimen maupun kolom air. Hal tersebut mengakibatkan *Avicennia marina* terlebih dahulu mengakumulasi logam berat yang diterima oleh mangrove di perairan. *Rhizophora mucronata* yang zona tumbuhnya terletak di belakang *Avicennia marina* mendapat masukan logam berat hasil dari penyaringan *Avicennia marina* sehingga konsentrasi logam berat pada sedimen dan kolom airnya telah berkurang. Demikian juga dengan *Sonneratia alba* yang posisi tumbuhnya di belakang *Rhizophora mucronata* akan mendapatkan masukan logam berat yang paling kecil karena telah disaring oleh jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*. Menurut Purwiyanto (2013), perbedaan akumulasi logam berat pada berbagai jenis mangrove selain disebabkan oleh perbedaan posisi tempat tumbuh, juga disebabkan oleh perbedaan jenis akar pada jenis mangrove.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Akumulasi logam berat pada tumbuhan mangrove berdasarkan lokasi pengambilan sampel menunjukkan, akumulasi logam berat Timbal (Pb) secara berurutan dari yang terbesar adalah Muara Sungai Tallo > Teluk Pare-Pare > Teluk Bone > Pantai Tanjung Bunga. Akumulasi logam berat Tembaga (Cu) secara berurutan dari yang terbesar adalah Pantai Tanjung Bunga > Muara Sungai Tallo > Teluk Pare-Pare > Teluk Bone. Akumulasi logam berat Kadmium (Cd) secara berurutan dari yang terbesar adalah Muara Sungai Tallo > Teluk Bone > Pantai Tanjung Bunga > Teluk Pare-Pare. Akumulasi logam berat pada jaringan tumbuhan mangrove secara berurutan dari yang terbesar adalah akar kawat

> daun muda > akar napas > daun tua > cabang/ranting. Akumulasi logam berat pada berbagai jenis mangrove secara berurutan dari yang terbesar adalah *Avicennia marina* > *Rhizophora mucronata* > *Sonneratia alba*.

Saran

Secara umum semua perairan yang diteliti mengandung logam berat melebihi ambang batas yang ditetapkan. Kondisi ini sangat membahayakan manusia yang memanfaatkan hasil laut di sekitarnya. Salah satu upaya untuk mereduksi kandungan logam berat dalam perairan adalah dengan lebih meningkatkan upaya pelestarian ekosistem mangrove karena berdasarkan hasil penelitian tumbuhan mangrove mempunyai kemampuan untuk menyerap logam berat dan menyimpannya dalam jaringan tubuh. Tiap jenis tumbuhan mangrove mempunyai kemampuan yang berbeda dalam mengakumulasi logam berat dalam jaringan tubuhnya. Dengan demikian, untuk mengendalikan pencemaran logam berat di wilayah pesisir perlu mempertimbangkan jenis dan kerapatannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sampaikan terimakasih kepada Balai Penelitian Kehutanan Makassar yang telah mendukung dalam pendanaan dalam kegiatan penelitian ini. Terimakasih juga kami sampaikan kepada peneliti dan teknisi Litkayasa atas bantuannya dalam pengambilan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Arisandi P. 2005. Mangrove Surabaya east coast, the forgotten forest. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah.
Badan Pusat Statistik (BPS). 2012. *Produksi Perikanan Tangkap dan Budidaya menurut Provinsi dan Sub-sektor, 2005-2011*. Jakarta

Boran M & Altinok I. 2010. A Review of Heavy Metals in Water, Sediment and Living Organisms in the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **10** : 565-572
Chaney RL, Angle JS & Brown SL. 1998. Soil-Root Interface: Food Chain Contamination and Ecosystem Health. *Madison WI: Soil Sci Soc Am* **3** : 9-11.
Ernawati. 2010. *Kerang Bulu (Anadara Inflata) sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Berat timbale (Pb) dan Cadmium(Cd) di Muara Sungai Asahan*. Thesis (Tidak dipublikasikan). Universitas Sumatera Utara.
Hamzah F & Setiawan A. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, **2** (2) : 41-52.
Hardiani H. 2009. Potensi Tanaman dalam Mengakumulasi Logam Cu pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. *Berita Selulosa* **44** (1) : 27 - 40
Jaibet J. 2007. *Analisis Logam Berat Cd, Cu dan Pb dalam Sedimen dan Air Laut di Teluk Salut Tuaran*. Thesis (Tidak dipublikasikan). Sekolah Sains dan Teknologi Universiti Malaysia Sabah.
Kamaruzzaman BY, Ong MC, Jalal KCA, Shahbudin S & Nor OM. 2008. Accumulation of Lead and Copper in *Rhizophora apiculata* from Setiu Mangrove Forest, Terengganu, Malaysia. *Journal of Environmental Biology*: 821 -824.
Kumar J.I.N, Sajih PR, Kumar RN, George B & Viyol S. 2010. An Assessment of the Accumulation Potential of Lead (Pb), Zinc (Zn) and Cadmium (Cd) by *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. in Vamleshwar Mangroves Near Narmada Estuary, West Coast of Gujarat, India. *World Journal of Fish and Marine Sciences* **2** (5) : 450 - 454.
Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut
Kusumastuti W. 2009. *Evaluasi Lahan Basah Bervegetasi Mangrove dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan: Studi Kasus di Desa Kepetingan Kabupaten Sidoarjo*. Thesis (Tidak dipublikasikan). Universitas Diponegoro.
Lakitan B. 2001. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
Lindsey HD, James MM, Hector MG. 2004. An Assessment of Metal Contamination in Mangrove Sediments and Leaves from Punta Mala Bay,

- Pacific Panama. *Marine Pollution Bulletin* **50**: 547-552.
- Ma'ruf M. 2007. *Analisis Konsentrasi Logam Berat pada Ikan Baronang (Siganus sp) dan Lingkungan Perairan untuk Pengelolaan Wilayah Pesisir Bontang*. Thesis (Tidak dipublikasikan). Universitas Mulawarman.
- Mukhtasar 2007. *Pencemaran Lingkungan dan Alam*. Pradnya Paramita. Jakarta
- Palar H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit Rieneka Cipta. Jakarta
- Panjaitan GY. 2009. *Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon Avicennia Marina di Hutan Mangrove*. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Universitas Sumatera Utara.
- Parvaresh HZ, Abedi P, Farhchi M, Karami N, Khorasani & Karbassi A. 2010. Bioavailability and Concentration of Heavy Metals in the Sediments and Leaves of Grey Mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh, in Sirik Azini Creek, Iran, Biol. Trace Elem. Res. DOI 10.1007/s12011-010-8891-y
- Prasad MBK & Ramanathan AL. 2008. Sedimentary Nutrien Dynamics in A Tropical Estuarine Mangrove Ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science Journal*. **80**:60-66.
- Purwiyanto AIS. 2013. Daya Serap Akar dan Daun Mangrove Terhadap Logam Tembaga (Cu) di Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan. *Maspari Journal* **5** (1) : 1-5
- Rashed MN. 2007. *Biomarker as Indicator for Water Pollution with Heavy Metals in Rivers, Sea and Oceans*. Fac. of Science. South Valley University. Egypt.
- Rini DS. 2008. *Mangrove Api-Api Alternative Pengendalian Logam Berat Pesisir*. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah. Surabaya
- Silva CAR, Silva AP & Oliveira SR. 2006. Concentration, Stock and Transport Rate of Heavy Metal in A Tropical Red Mangrove. *Marine Chemistry Journal* **99** : 2-11.
- Sudarmaji, Mukono J, & Corie IP. 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* **2** (2) :129 -142.
- Suharsono. 2005. *Status Pencemaran di Teluk Jakarta dan Saran Pengelolaannya*. Interaksi Daratan dan Lautan. LIPI press. Jakarta.
- Suharto. 2005. Dampak Pencemaran Logam Timbal (Pb) terhadap Kesehatan Masyarakat. *Majalah Kesehatan Indonesia No. 165*. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Supriyaningrum E. 2006. *Fluktuasi Logam Berat Timbal dan Kadmium dalam Air dan Sedimen di Perairan Teluk Jakarta (Tanjung Priuk, Marina, dan Sunda Kelapa)*. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Institut Pertanian Bogor
- Supriyanto C, Samin, & Kamal Z. 2007. Analisis Cemar Logam Berat Pb, Cu, dan Cd pada Ikan Air Tawar dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA). *Prosiding Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta.
- Surbakti. 2011. *Analisis Logam Berat Cadmium (Cd), Cuprum (Cu), Cromium (Cr), Ferrum (Fe), Nikel (Ni), Zinkum (Zn) pada Sedimen Muara Sungai Asahan di Tanjung Balai dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. Thesis (Tidak dipublikasikan). Universitas Sumatera Utara
- Ulqodry TZ. 2001. *Kandungan Logam Berat dalam Jaringan Mangrove Sonneratia alba dan Avicennia marina di Pulau Ajkwa dan Pulau Kamora, Kabupaten Timika, Papua*. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. Semarang
- Undang-Undang No 27 Tahun 2007 Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- Wulan SP, Thamrin & Amin B. (2013). *Konsentrasi, Distribusi dan Korelasi Logam Berat Pb, Cr dan Zn pada Air dan Sedimen di Perairan Sungai Siak sekitar Dermaga PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang-Provinsi Riau*. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Riau.
- Wolf HD, Ulomi SA, Bacheljau T, Pratap HB & Blust R. 2001. Heavy Metal Levels in the Sediments of Four Dar Es Salaam Mangroves Accumulation in, and Effect on the Morphology of the Periwinkle *Littoraria scabra* (Mollusca: Gastropoda). *Environment International* **26** : 243-249.
- Yalcin G, Narin I, & Soylak M. 2008. Multivariate Analysis of Heavy Metal Contents of Sediments From Gumusler Creek, Nigde, Turkey. *Environmental Geology* **54** : 1155-1163.