

**Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn Pada *Avicennia marina*
Di Pesisir Kota Batam Provinsi Kepulauan Riau**

Harry Leonardo Barutu¹⁾, Bintal Amin²⁾, Efriyeldi²⁾

harrybarutu@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2014 di Pesisir Kota Batam dengan tujuan untuk menganalisis konsentrasi logam berat Pb, Cu, dan Zn pada akar, batang, daun dan buah pohon *A. marina* dengan aktifitas yang berbeda yaitu kawasan sekitar industri dan kawasan non industri. Metode yang digunakan adalah metode survey yang dilakukan pada 4 stasiun dengan 3 kali pengulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam Pb tertinggi terdapat pada Buah (4,47 µg/g) dan terendah pada Batang (3,96 µg/g). Konsentrasi logam Cu tertinggi terdapat pada Akar (8,47 µg/g) dan terendah pada Daun (7,88 µg/g), sedangkan konsentrasi logam Zn tertinggi terdapat pada Batang (36,69 µg/g) dan terendah pada Akar (34,99 µg/g). Konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn di wilayah non industri lebih tinggi dari pada di wilayah industri. Rata-rata konsentrasi logam Pb dan Cu tersebut tidak berbeda nyata ($p > 0,05$), sedangkan pada logam Zn berbeda nyata ($p < 0,05$).

Kata kunci : *Avicennia marina*, Logam berat, Industri galangan kapal, Pulau Batam

¹. Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau

². Dosen Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Riau

Concentration of Heavy Metals of Pb, Cu, and Zn in *Avicennia marina* in the Coastal Waters of Batam Riau Islands Province

Harry Leonardo Barutu¹⁾, Bintal Amin²⁾, Efriyeldi²⁾

harrybarutu@yahoo.com

ABSTRACT

A study on the accumulation of heavy metal by mangrove in Batam coastal waters was conducted in February 2014 by analyzing the concentration of heavy metals of Pb, Cu, and Zn in the roots, trunk, leaves and fruit of *A. marina* growing in the industrial and non- industrial areas. Survey method was applied at 4 stations with 3 replications each. The results showed that the highest concentration of Pb in *A. marina* was found in the fruit (4.47 µg/g) and the lowest was in the trunk (3.96 µg/g). The highest concentration of Cu in the roots of *A. marina* was 8.47 µg/g and lowest was in the leaves 7.88 µg/g. While the highest Zn concentrations in *A. marina* was identified in the trunk (36.69 µg/g) and the lowest was in the roots (34.99 µg/g). The concentrations of Pb, Cu and Zn in non-industrial region were higher than that in the industrial area, but statistically they were not significantly different ($p > 0.05$) for Pb and Cu, it was significantly different ($p < 0.05$) for Zn.

Keywords : *Avicennia marina*, heavy metals, shipbuilding industry, Batam Island

1. Student of Marine Science, Departement Faculty of Fisheries and Marine Sciences, University of Riau

2. Lecturer of Marine Science, Departement Faculty of Fisheries and Marine Sciences, University of Riau

I. PENDAHULUAN

Batam sebagai salah satu daerah industri yang cukup strategis, membuat keberadaan industri berkembang cukup pesat. Perkembangan industri ini didominasi oleh industri berat seperti, galangan kapal, fabrikasi, baja, logam sedangkan industri ringan yang meliputi industri perakitan, elektronika, garmen, plastik dan lainnya. Dilengkapi dengan infrastruktur yang memadai, maka jalur mobilitas menjadi semakin mudah dan cepat. Pertumbuhan pembangunan dan perkembangan perindustrian yang begitu pesat serta mobilitas yang tinggi tersebut akan menimbulkan masalah baru yaitu pencemaran.

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

Satu diantara beberapa spesies mangrove yang memiliki kemampuan menyerap logam berat adalah Api-api (*Avicennia marina*). Rohmawati (2007), mengemukakan bahwa pohon *A. marina* 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.

Menurut Mukhtasar (2007), bahwa *A. marina* dapat digunakan sebagai indikator biologis lingkungan yang tercemar terutama Cu, Pb, dan Zn. Oleh Karena itu, kandungan logam berat pada vegetasi mangrove dapat digunakan untuk mendeteksi kadar logam berat di ekosistemnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi logam berat Pb, Cu, dan Zn pada akar, batang, daun dan buah pohon *A. marina* dengan aktifitas yang berbeda yaitu kawasan sekitar industri dan kawasan non industri.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Pebruari 2014. Pengukuran kualitas perairan dan pengambilan sampel akar, batang, daun dan buah *A. marina* dilakukan di 4 stasiun perairan pesisir Batam Provinsi Kepulauan Riau Stasiun 1 ($1^{\circ}00'15''$ LU – $103^{\circ}57'56''$ BT) yaitu di kawasan sekitar industri galangan kapal Tanjung Uncang, Stasiun 2 ($01^{\circ}07'00''$ LU – $104^{\circ}10'05''$ BT) merupakan kawasan sekitar industri galangan kapal Kabil, sedangkan Stasiun 3 ($01^{\circ}07'54''$ LU – $103^{\circ}55'30''$ BT) merupakan sekitar kawasan industri galangan kapal Sekupang dan Stasiun 4 ($01^{\circ}12'29''$ LU- $104^{\circ}04'47''$ BT) merupakan kawasan yang relatif jauh dari aktifitas industri (Nongsa) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Proses destruksi sampel untuk logam berat dilakukan di Laboratorium Kimia Pangan sedangkan untuk analisis konsentrasi logam berat dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dilakukan di Laboratorium Kimia Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau. Analisis konsentrasi logam berat pada *A. marina* dilakukan dengan metode kering berdasarkan prosedur Yap *et al.* (2003).

Bagian sampel pohon yang diambil, dibedakan atas dua kelompok, yaitu:

a. Bagian Fotosintetik (daun)

Daun-daun yang diambil adalah daun yang sehat yang dicirikan dengan warna hijau, tidak ada kerusakan yang diakibatkan oleh hama ataupun penyakit. Ukuran daun dapat bervariasi, mulai dari ukuran kecil hingga berukuran besar serta berupa daun muda dan daun tua. Sampel yang diambil sekitar 100-200 gr.

b. Bagian non-fotosintetik

1. Batang, dan cabang banyaknya contoh yang diambil sekitar 100 - 200 gram. Batang yang diambil dari pohon dengan diameter 15 - 35 cm dan diambil bagian cabang berdiameter 3-5 cm.
2. Akar, bagian akar yang diambil sebagai contoh meliputi akar yang muncul dipermukaan tanah. Bagian ini diambil sekitar 100 - 200 gram, dan
3. Buah, banyaknya contoh yang diambil sebanyak 100 -200 gram.

Pada setiap contoh, pengambilan dilakukan dengan pengulangan sebanyak tiga kali. Kemudian dihomogenkan menjadi satu, yang telah dianggap telah mewakili keseluruhan. Data yang diperoleh dari hasil perhitungan logam berat Pb, Cu, dan Zn disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, data tersebut kemudian dianalisis secara statistik dan dibahas secara deskriptif.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran parameter kualitas perairan dari Stasiun 1 sampai Stasiun 4 diperoleh suhu berkisar antara 29 - 31°C; pH 6 - 8; salinitas 28 - 30‰; Suhu merupakan salah satu parameter untuk mempelajari transportasi dan penyebaran polutan yang masuk ke lingkungan laut. Mukhtasar (2007), menyatakan bahwa biasanya suhu air laut berkisar antara -2 sampai 31°C. Sedangkan kisaran suhu yang baik bagi kehidupan organisme adalah 18-31°C. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misal O₂, CO₂, N₂ dan sebagainya (Haslam *dalam* Effendi, 2003).

Palar (2004) mengemukakan kenaikan suhu air laut akan mengurangi adsorpsi senyawa logam berat pada partikulat. Suhu air laut yang lebih dingin akan meningkatkan adsorpsi logam berat ke partikulat untuk mengendap di dasar laut. Sementara saat suhu air laut naik, senyawa logam berat akan melarut di air laut karena penurunan laju adsorpsi ke dalam partikulat. Yan *dalam* Deri *et al.*, (2013) mengemukakan bahwa penurunan pH akan menyebabkan toksisitas logam berat menjadi semakin besar dimana sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan yang sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan.

Mukhtasar (2007), salinitas bertambah di permukaan laut karena evaporasi dan pencampuran yang disebabkan oleh arus maupun oleh *upwelling*, sehingga air akan menjadi lebih kental. Hasil penelitian menunjukkan salinitas pada Stasiun 2 lebih rendah dari stasiun lain, hal ini disebabkan ada aliran anak sungai yang mengarah ke lokasi tersebut. Burzynski and Zurek (2007) menambahkan nilai salinitas pada perairan pesisir sangat dipengaruhi oleh masuknya air tawar dari sungai. Hutagalung *dalam* Deri *et al.*, (2013) nilai salinitas perairan laut dapat mempengaruhi faktor konsentrasi logam berat yang mencemari lingkungan laut, dimana penurunan salinitas pada perairan dapat menyebabkan tingkat

bioakumulasi logam berat pada organisme semakin meningkat. Jadi secara umum berdasarkan baku mutu air laut untuk biota laut didapat kualitas perairan di pesisir Kota Batam kondisi kualitas perairan masih baik (Kep. Men LH No.51 tahun 2004).

Tabel 1. Parameter Kualitas Perairan Pesisir Kota Batam

Stasiun	Parameter		
	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Salinitas ($^{\circ}/_{\text{oo}}$)
1	29	6	30
2	31	7	28
3	31	6	29
4	30	8	29

Konsentrasi Logam Pb, Cu, dan Zn pada Akar *A. marina*

Konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn pada akar *A. marina* di masing-masing stasiun di perairan pesisir Batam dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsentrasi (Rata - rata $\pm$ Std. Deviasi) Logam Pb, Cu, dan Zn pada akar *A. marina*

Stasiun	Konsentrasi ($\mu\text{g/g}$)		
	Pb	Cu	Zn
1	4,77 $\pm$ 0,34	7,83 $\pm$ 0,84	38,61 $\pm$ 1,28
2	3,98 $\pm$ 0,69	9,06 $\pm$ 0,46	31,93 $\pm$ 0,56
3	3,17 $\pm$ 0,67	8,97 $\pm$ 0,16	35,64 $\pm$ 2,13
4	4,85 $\pm$ 0,26	8,00 $\pm$ 0,56	37,12 $\pm$ 2,37

Konsentrasi logam Pb tertinggi pada akar *A. marina* terdapat pada Stasiun 4 (4,85 $\mu\text{g/g}$) dan terendah pada Stasiun 3 (3,17 $\mu\text{g/g}$). Konsentrasi logam Cu tertinggi terdapat pada Stasiun 2 (9,06 $\mu\text{g/g}$) dan terendah pada Stasiun 1 (7,83 $\mu\text{g/g}$), sedangkan konsentrasi logam Zn tertinggi terdapat pada Stasiun 1 (38,61 $\mu\text{g/g}$) dan terendah pada Stasiun 2 (37,12 $\mu\text{g/g}$). Hasil uji Anova menunjukkan logam Pb terdapat perbedaan sangat nyata antara Stasiun 1 terhadap Stasiun 3 dan Stasiun 3 terhadap Stasiun 4 ($p < 0,01$). Pada Stasiun 2 terhadap Stasiun 1, Stasiun 3 dan Stasiun 4 tidak signifikan ($p > 0,05$). Logam Cu berbeda nyata antara Stasiun 1 terhadap Stasiun 2 dan Stasiun 3 ($p < 0,05$), pada Stasiun 1 terhadap Stasiun 4 serta Stasiun 3 terhadap Stasiun 2 dan Stasiun 4 tidak signifikan ($p > 0,05$). Untuk logam Zn terdapat perbedaan nyata dari Stasiun 2 terhadap Stasiun 3 ($p < 0,05$) sedangkan Stasiun 2 terhadap Stasiun 1 dan Stasiun 4 terdapat perbedaan sangat nyata ($p < 0,01$).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diketahui bahwa tumbuhan *A. marina* mampu mengakumulasi logam berat Timbal (Pb) pada bagian akar. Amin (2001), mengemukakan bahwa logam-logam akan terserap oleh akar bersama-sama dengan nutrisi lain yang kemudian diedarkan ke bagian lain. Timbal (Pb) pada akar memiliki nilai yang tinggi karena akar merupakan bagian yang kontak langsung dengan sedimen yang tercemar, kemudian ditranslokasikan ke bagian lain (Arisandy *et al.*, 2012). Penelitian Siahaan (2013) didapatkan bahwa akumulasi logam berat Pb dalam akar mangrove, yang terbesar hanya 5% dari total konsentrasi dalam sedimen, dan pada akar maksimal hanya 2% saja.

MacFarlane *et al.* (2003) menyatakan bahwa *A. marina* merupakan spesies mangrove yang sangat ketat dalam menyerap logam Pb dan Zn bahkan sampai tidak menyerap sama sekali.

Konsentrasi Logam Pb, Cu dan Zn pada Batang *A. marina*

Konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn pada batang *A. marina* di masing-masing stasiun di perairan pesisir Batam dapat dilihat pada Tabel 3. Konsentrasi logam Pb tertinggi terdapat pada Stasiun 2 (4,46 µg/g) dan terendah pada Stasiun 3 (3,47 µg/g). Konsentrasi logam Cu tertinggi terdapat pada Stasiun 3 (8,61 µg/g) dan terendah pada Stasiun 1 (7,54 µg/g). Sedangkan konsentrasi logam Zn tertinggi terdapat pada Stasiun 4 (38,33 µg/g) dan terendah pada Stasiun 2 (35,09 µg/g). Berdasarkan hasil uji Anova menunjukkan nilai $p > 0,05$ yang artinya tidak ada perbedaan yang signifikan antar stasiun pada masing-masing logam berat

Tabel 3. Konsentrasi (Rata - rata ± Std. Deviasi) Logam Pb, Cu dan Zn pada batang *A. marina*

Stasiun	Konsentrasi (µg/g)		
	Pb	Cu	Zn
1	4,12 ± 0,83	7,54 ± 0,79	38,06 ± 6,76
2	4,46 ± 0,92	8,59 ± 0,67	35,09 ± 1,85
3	3,47 ± 0,66	8,61 ± 0,80	35,27 ± 3,68
4	3,80 ± 0,92	8,05 ± 0,63	38,33 ± 3,95

Konsentrasi tertinggi pada logam Pb bagian batang di Stasiun 2 disebabkan karena pada batang memiliki waktu yang lebih lama dalam mengakumulasi logam berat tersebut yang disimpan dalam jaringannya dibandingkan pada daun maupun buah. Sedangkan pada akar memiliki nilai yang tinggi karena akar merupakan bagian yang kontak langsung dengan sedimen yang tercemar, kemudian ditranslokasikan ke bagian lain. Dari akar, logam akan ditranslokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin (Baker dan Walker *dalam* MacFarlane *et al.*, 2003).

Tingginya konsentrasi logam Cu disebabkan di pesisir Batam banyaknya aktifitas di bidang transportasi selain itu sebagian besar kapal-kapal kecil nelayan menggunakan cat anti karat yang mengandung Cu berlabuh didaerah selama mereka tidak melaut. Tanaman yang lebih tinggi mampu menyerap logam berat lebih banyak, tajuk tanaman berbentuk *bush* lebih baik dari pada *bulb* (bulat) dan *conus* (kerucut) (Tandjung *dalam* Nilawati, 2011).

Konsentrasi logam Zn tertinggi pada batang *A. marina* terdapat pada Stasiun 4. Diduga karena terdapat aktivitas bongkar muat barang, pelabuhan dan transportasi serta industri di Stasiun 2 yang memberikan pengaruh ke Stasiun 4 sebab arus, angin serta faktor lain juga berperan dalam penyebaran unsur hara dan nutrisi serta berbagai polutan, logam berat dan bahan organik.

Konsentrasi Logam Pb, Cu dan Zn pada Daun *A. marina*

Konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn pada daun *A. marina* di masing-masing stasiun di Perairan Pesisir Batam dapat dilihat pada Tabel 4. Konsentrasi logam Pb tertinggi terdapat pada Stasiun 1 (4,67 µg/g) dan terendah pada Stasiun 3 (3,88

µg/g). Konsentrasi logam Cu tertinggi terdapat pada Stasiun 2 (8,35 µg/g) dan terendah pada Stasiun 1 dan 2 (7,68 µg/g). Sedangkan konsentrasi logam Zn tertinggi terdapat pada Stasiun 2 (36,76 µg/g) dan terendah pada Stasiun 3 (34,16 µg/g). Berdasarkan hasil uji Anova menunjukkan nilai $p > 0,05$ yang artinya tidak ada perbedaan kandungan logam berat yang signifikan antar stasiun.

Tabel 4. Konsentrasi (Rata - rata ± Std. Deviasi) Logam Pb, Cu, dan Zn pada Daun *A. marina*

Stasiun	Konsentrasi (µg/g)		
	Pb	Cu	Zn
1	4,67 ± 1,12	7,68 ± 0,36	36,38 ± 3,21
2	3,94 ± 0,57	8,35 ± 0,36	36,76 ± 1,40
3	3,88 ± 0,61	7,68 ± 0,44	34,16 ± 4,63
4	4,17 ± 0,95	7,79 ± 0,55	37,03 ± 3,08

Tingginya konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn pada daun *A. marina* tidak terlepas dari aktifitas – aktivitas industri galangan kapal yang terdapat di pesisir perairan Batam seperti yang terdapat pada Stasiun 1 sehingga logam – logam yang berasal aktifitas industri terbuang ke badan perairan Batam.

Hasil ini berbeda dengan penelitian Hamzah dan Setiawan, (2010) menunjukkan konsentrasi logam Pb lebih tinggi di daun dibandingkan pada akar. Tingginya konsentrasi logam Pb pada daun diduga tingkat mobilitas logam Pb yang tinggi, namun berbeda pula dengan apa yang dilakukan oleh MacFarlane *et al*, (2003). Kandungan logam berat Pb pada *A. marina* pada kondisi terkontrol lebih tinggi di akar dibandingkan di daun.

Menurut Soemirat (2003) proses absorpsi racun, termasuk logam berat pada terjadi melalui bagian tumbuhan, seperti daun bagi zat yang lipofilik. Hasil pengukuran konsentrasi logam Cu tertinggi pada daun *A. marina* terdapat pada Stasiun 2 dan terendah pada Stasiun 1 dan 2. MacFarlane *et al.*, (2003), 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.

Hal ini di dukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Rohmawati (2007), menjelaskan bahwa tumbuhan *A. marina* mampu mengakumulasi logam berat. Begitu pula penelitian yang dilakukan oleh Amin (2001), juga menjelaskan bahwa tumbuhan *A. marina* juga mampu mengakumulasi logam berat Cu dibagian daun, baik daun muda maupun daun tua. Cu juga sangat berguna untuk pertumbuhan jaringan tumbuhan terutama jaringan daun dimana terdapat proses fotosintesis (Kamaruzzaman *et al.*, 2008).

Konsentrasi logam Zn tertinggi terdapat pada Stasiun 2 dan terendah pada Stasiun 3. Logam berat pada umumnya ditempatkan dalam akar serta daun, dan mekanisme toleransi ataupun akumulasi logam berat pada beberapa tanaman melibatkan proses pengikatan logam berat potensial pada dinding sel akar atau daun, atau menyimpannya di dalam vakuola sel (Memon *dalam* Siahaan, 2013).

Reichman *dalam* Siahaan (2013), mengungkapkan bahwa dua mekanisme system pengangkutan utama logam berat pada tumbuhan adalah melalui xilem (*xylem transport*) dan floem (*phloem transport*). Disampaikan pula bahwa efek adanya logam dalam pergerakan dan komposisi air yang diangkut oleh pembuluh

xylem dan floem juga dapat berpengaruh pada respon tanaman terhadap daya racun logam. Secara praktis tumbuhan dapat berfungsi sebagai biofilter logam berat (Yulianto *et al.*, 2006). Banyaknya akumulasi pada daun biasanya merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tumbuhan yaitu mengumpulkan dalam satu organ baik intraseluler maupun ekstraseluler yang bias juga terjadi pada daun atau merupakan salah satu proses ekskresi secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif dengan akumulasi pada daun dengan ditandai lepasnya daun tua.

Konsentrasi Logam Pb, Cu dan Zn pada Buah *A. marina*

Konsentrasi logam Pb, Cu dan Zn pada buah *A. marina* di masing-masing stasiun di Perairan Pesisir Batam dapat dilihat pada Tabel 5. Konsentrasi logam Pb tertinggi terdapat pada Stasiun 4 (5,08 µg/g) dan terendah pada Stasiun 2 (3,88 µg/g). Konsentrasi logam Cu tertinggi terdapat pada Stasiun 2 (9,01 µg/g) dan terendah pada Stasiun 4 dan 2 (7,86 µg/g). Konsentrasi logam Zn tertinggi terdapat pada Stasiun 4 (37,41 µg/g) dan terendah pada Stasiun 1 (33,69 µg/g). Berdasarkan hasil uji Anova menunjukkan nilai $p > 0,05$ yang artinya tidak ada perbedaan kandungan logam berat yang signifikan antar stasiun.

Tingkat kepekaan tumbuhan ini berhubungan dengan kemampuannya untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat. Daun, batang, akar dan buah yang merupakan organ tumbuhan dapat digunakan sebagai bioindikator terhadap pencemaran (Kord *et al.*, 2010).

Tabel 5. Konsentrasi (Rata - rata $\pm$ Std. Deviasi) Logam Pb, Cu, dan Zn pada Buah *A. marina*

Stasiun	Konsentrasi (µg/g)		
	Pb	Cu	Zn
1	4,74 $\pm$ 0,68	8,19 $\pm$ 0,56	33,69 $\pm$ 1,79
2	3,88 $\pm$ 0,74	9,01 $\pm$ 0,88	36,57 $\pm$ 3,13
3	4,18 $\pm$ 0,59	8,41 $\pm$ 1,12	35,55 $\pm$ 0,96
4	5,08 $\pm$ 0,71	7,86 $\pm$ 0,91	37,41 $\pm$ 2,23

Perbandingan Logam Pb, Cu dan Zn antar Bagian Tumbuhan *A. marina*

Perbandingan logam Pb, Cu dan Zn pada *A. marina* di masing-masing bagian tumbuhan di perairan pesisir Batam dapat dilihat pada Tabel 6. Konsentrasi logam Pb tertinggi terdapat pada buah (4,47 µg/g) dan terendah pada batang (3,96 µg/g). Konsentrasi logam Cu tertinggi terdapat pada akar (8,47 µg/g) dan terendah pada daun (7,88 µg/g). Konsentrasi logam Zn tertinggi terdapat pada batang (36,69 µg/g) dan terendah pada akar (34,99 µg/g).

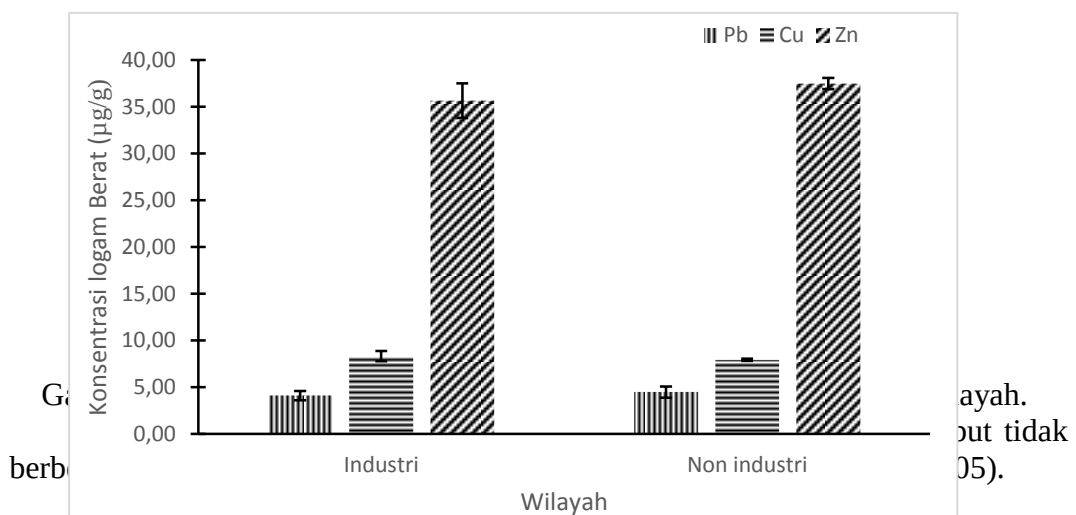
Tabel 6. Konsentrasi (Rata - rata $\pm$ Std. Deviasi) Logam Pb, Cu, dan Zn pada Bagian Tumbuhan *A. marina*

Bagian Tumbuhan	Konsentrasi (µg/g)		
	Pb	Cu	Zn
Akar	4,23 $\pm$ 0,83	8,47 $\pm$ 0,64	34,99 $\pm$ 2,19
Batang	3,96 $\pm$ 0,42	8,20 $\pm$ 0,51	36,69 $\pm$ 1,75
Daun	4,17 $\pm$ 0,36	7,88 $\pm$ 0,32	36,08 $\pm$ 1,31
Buah	4,47 $\pm$ 0,54	8,37 $\pm$ 0,48	35,80 $\pm$ 1,60

Berdasarkan bagian tumbuhan, konsentrasi logam Pb pada bagian buah lebih tinggi dari pada bagian batang, daun, serta akar. Logam Cu lebih tinggi pada bagian akar lebih tinggi dari pada bagian batang, daun, dan buah. Sedangkan konsentrasi logam Zn pada bagian batang lebih tinggi dari pada bagian buah, daun, serta akar. Hasil uji Anova menunjukkan nilai tidak signifikan ($p > 0,05$) yang artinya tidak ada perbedaan kandungan logam berat yang signifikan antar bagian tumbuhan.

Perbandingan Konsentrasi Logam Berat Pada Kawasan Industri dan Non industri.

Konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada diwilayah non industri lebih tinggi dari pada wilayah industri. Perbandingan konsentrasi (Rata - rata $\pm$ Std. Deviasi) logam berat di masing-masing wilayah industri dan non industri di Perairan Pesisir Batam dapat dilihat pada Gambar 2.



Tabel 7. Uji t Perbandingan Konsentrasi Logam Berat *A. marina* Antara Wilayah Industri dan Non Industri.

Jenis Logam	Perbandingan Antar Wilayah	p Value
Pb	Wilayah Industri < Wilayah Non Industri	> 0,05
Cu	Wilayah Industri < Wilayah Non Industri	> 0,05
Zn	Wilayah Industri < Wilayah Non Industri	< 0,05

Sumber : Data Primer, 2014

Konsentrasi logam Pb, Cu, dan Zn pada diwilayah non industri lebih tinggi dari pada wilayah industri. Hal ini disebabkan karena Batam merupakan daerah industri dan adanya kegiatan pelabuhan dan wilayah ini merupakan dekat dengan jalan raya yang pada akhirnya debu - debu dari asap kendaraan bermotor yang mengandung logam akan terbawa air hujan kesungai dan perairan sekitar wilayah non industri.

Pola arus juga memberikan pengaruh dalam penyebaran logam berat yang ada dikawasan perairan dimana perairan yang memiliki arus yang cukup kuat cenderung kandungan logam berat tidak tinggi karena logam akan terdistribusi secara merata. Hoshika *et al.* dalam Kennedy (2014) bahwa logam berat dalam suatu perairan dipengaruhi oleh pola arus dalam penyebarannya karena arus perairan menyebabkan logam berat yang terlarut dalam air akan

menyebarkan kesegala arah. Sentioso (2000) dalam hasil penelitiannya penyebaran logam berat pada lokasi yang jauh dari industri memiliki konsentrasi logam yang cukup tinggi, hal ini diperoleh karena adanya pengadukan oleh pola arus yang cukup kuat. Jadi berdasarkan penelitian yang didapat lokasi non industri konsentrasinya tinggi merupakan pengaruh dari wilayah industri yang terbawa oleh arus perairan maupun kondisi angin pada daerah tersebut.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian logam berat pada *A. marina* menunjukkan pada akar konsentrasi logam Pb tertinggi pada terdapat pada Stasiun 4. Konsentrasi logam Cu tertinggi pada Stasiun 2. Sedangkan konsentrasi logam Zn tertinggi terdapat pada Stasiun 1. Pada batang Konsentrasi logam Pb tertinggi pada Stasiun 2. Konsentrasi logam Cu tertinggi pada Stasiun 3. Konsentrasi logam Zn tertinggi pada Stasiun 4. Pada daun Konsentrasi logam Pb tertinggi terdapat pada Stasiun 1. Konsentrasi logam Cu tertinggi pada Stasiun 2. Sedangkan konsentrasi logam Zn tertinggi pada Stasiun 2. Pada buah Konsentrasi logam Pb tertinggi terdapat pada Stasiun 4. Konsentrasi logam Cu tertinggi pada Stasiun 2. Konsentrasi logam Zn tertinggi pada Stasiun 4. Bila dilihat hasil uji anova menunjukkan berbandingan antar stasiun penelitian pada akar *A. marina* untuk logam Pb terdapat perbedaan sangat nyata antara stasiun 1 terhadap Stasiun 3 ($p < 0,01$), sedangkan pada batang, daun, dan buah *A. marina* untuk logam Pb, Cu, dan Zn terdapat perbedaan tidak signifikan ($p > 0,05$).

Rata-rata konsentrasi logam berat Pb, Cu, dan Zn antara bagian akar, batang, daun, dan buah tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$). Konsentrasi logam berat pada mangrove di wilayah non industri (Nongsa) yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan konsentrasi logam berat pada mangrove di wilayah industri (Kabil, Tanjung Uncang, dan Sekupang). Berdasarkan uji t, rata-rata konsentrasi logam Pb dan Cu tersebut tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) sedangkan pada logam Zn berbeda nyata ($p < 0,05$).

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, B. 2001. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pb dan Cu pada Mangrove (*Avicennia marina*) di Perairan Pantai Dumai, Riau. Jurnal Natur Indonesia Vol. 4(1): 80-86.
- Arisandy, K. R., E. Y. Herawati., dan E. Suprayitno. 2012. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. Jurnal Penelitian Perikanan 1(1): 15-25,
- Burzynski, M., dan A. Zurek. 2007. Effects of Copper And Cadmium On Photosynthesis In Cucumber Cotyledons. Photosynthetica 45, 239–244.
- Deri, Emiyarti dan L. O. A. Afu. 2013. Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. Jurnal Mina Laut Indonesia, Jurnal Mina Laut Indonesia. Vol. 01 No. 01: (38–48).
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Yogyakarta: Kanisius.

- Hamzah, F dan A. Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. Vol. 2. Hal 41-52.
- Kamaruzzaman, B.Y., M.C. Ong., K.C.A., Jalal., S. Shahbudin., dan O. M. Nor. 2008. Accumulation of Lead and Copper in *Rhizophora apiculata* from Setiu Mangrove Forest, Terengganu, Malaysia. Journal of Environmental Biology: 821-824
- Kennedy, L. 2014. Evaluasi Tingkat Pencemaran Logam Berat Di Perairan Sekitar Area Industri Galangan Kapal Batam Provinsi Kepulauan Riau. Tesis. Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau. 127 hal.
- Kord, B, Mataji A, Babale S, 2010. Pine (*Eldarica medw*) needles as indicator for heavy metal pollution, J Environ Sei Tech (7) ; 79-80.
- MacFarlane, G.R., Pulkownik, and M.D., Burchett. 2003. Accumulation and Distribution of Heavy Metals in grey Mangrove, *Avicennia marina* (Forsk) Vierh: Biological indication potential. Environmental Pollution, 123: 139-151.
- Mukhtasar. 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. Pradnya Paramita. Jakarta, 322 hal.
- Nilawati. 2011. Analisis Logam Berat Pb, Zn, Dan Cr Pada Tiga Jenis Tanaman Peneduh Pinggir Jalan Di Kota Batam Kepulauan Riau. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 60 hal
- Palar, H. 2004. Pencemaran & toksikologi logam berat. Rineka Cipta. Jakarta.
- Rohmawati, 2007. Daya Akumulasi Tumbuhan *Avicennia marina* Terhadap Logam Berat (Cu, Cd, Hg) Di Pantai Kenjeran Surabaya. Skripsi Jurusan Biologi Fakultas Sains Dan Biologi. Universitas Islam Negeri Malang. 53 hal.
- Sentioso, J. 2000. Pengaruh Kegiatan Industri Terhadap pencemaran Logam Berat Di Perairan Pantai Pulau Batam. Skripsi Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan. IPB.
- Siahaan, M. T. A., Ambariyanto., dan B Yulianto. 2013. Pengaruh Pemberian Timbal (Pb) Dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Klorofil, Kandungan Timbal Pada Akar dan Daun, Serta Struktur Histologi Jaringan Akar Anakan Mangrove *Rhizophora mucronata*. Journal Of Marine Research. UNDIP. Volume 2, Nomor 2, Tahun 2013, Halaman 111-119
- Soemirat, J. 2003. Toksikologi Lingkungan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Yulianto, B., R, Ario, A, Triono, 2006. Daya Serap Rumput Laut (*Gracilaria* sp) Terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) Sebagai Biofilter. Ilmu Kelautan, 11 (2): 72-78