

## Analisis Kadar Timbal (Pb) pada Akar Api-Api Putih (*A. alba* B.) di Saluran Pembuangan Jongaya Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar.

### Analysis of Lead (Pb) in Api-Api Putih Roots (*A. alba* B.) on Jongaya Drainage Metro Street Tanjung Bunga Makassar

<sup>1)</sup>Sudding, <sup>2)</sup>Sumiati Side & <sup>3)</sup>Akhwani M.Dewi  
<sup>1,2)</sup>Dosen dan <sup>3)</sup>Alumni Jurusan Kimia FMIPA UNM  
fauzan09gates@gmail.com

#### ABSTRAK

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui kadar timbal (Pb) yang terakumulasi pada tumbuhan api-api putih (*Avicennia alba* Blume). Sampel diambil dari tiga lokasi yang berbeda disekitar Saluran Pembuangan (Kanal) Jongaya di Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar. Penelitian ini menggunakan metode destruksi menggunakan HNO<sub>3</sub> 65 %. Kandungan Pb yang terdapat di dalam sampel dianalisis menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Pb rata-rata di air dan akar pohon api-api dari lokasi A yang berada pada pertemuan kanal pasar senggol dengan saluran pembuangan Jongaya diperoleh sebesar 0,003 ppm dan 0,43 ppm, lokasi B yang berada di sekitar jembatan yang ada di jalan Metro Tanjung Bunga sebesar 0,15 ppm dan 0,50 ppm, sedangkan pada lokasi C yang berada di muara saluran pembuangan Jongaya sebesar 0 ppm dan 0,45 ppm. Kadar Pb tertinggi berada pada lokasi di sekitar jembatan (lokasi B) yang disebabkan oleh banyaknya kegiatan masyarakat pada bidang industri, perikanan dan transportasi.

**Kata kunci:** *Mangrove, A. alba, Timbal (Pb)*

#### ABSTRACT

This study is an experimental research that aims to determine lead (Pb) concentration which accumulate in Api-Api Putih (*Avicennia alba* Blume). Sample was taken from the three different locations around Jongaya drainage on Metro Street Tanjung Bunga Makassar. This study uses destruction method with HNO<sub>3</sub> 65 %. The concentration of Pb in samples were analyzed by using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) at Department of Health Laboratory Makassar. The results show the average of Pb concentration in water an api-api putih roots from A location where is confluence of Senggol market canal with Jongaya drainage obtained at 0.003 ppm and 0.43 ppm from B location where is around the bridge on Metro Street Tanjung Bunga obtained at 0.15 ppm and 0.50 ppm, while at C location where is estuary of Jongaya drainage obtained at 0 ppm and 0.45 ppm. The highest Pb content is at around the bridge (B location) caused by a number of community activities in industry, fishery, and transportation.

**Keywords:** *Mangrove, A. Alba, Timbal (Pb)*

## PENDAHULUAN

Hutan mangrove merupakan suatu tipe hutan yang tumbuh di daerah pasang surut (terutama di pantai yang terlindung, laguna, muara sungai) yang tergenang pada saat pasang dan bebas dari genangan pada saat surut yang komunitas tumbuhannya bertoleransi terhadap garam. Ekosistem mangrove khas pada daerah estuaria, yaitu perairan semi tertutup yang berhubungan bebas dengan laut, sehingga air laut dengan salinitas tinggi dapat bercampur dengan air tawar (Pickard, 1967 dalam Erlangga, 2007). Estuaria merupakan ekosistem yang tidak stabil yang secara konstan berubah karena banyak faktor fisik, kimia, biologi dan geologi yang mempengaruhi ekologiannya (Odum, 1971).

Wilayah estuaria sangat rentan terhadap kerusakan dan perubahan alami atau buatan. Pembuangan limbah, penggunaan perairan sebagai sarana pengangkutan, serta berubahnya sistem daerah aliran sungai, merupakan sebagian penyebab degradasi kualitas ekonomi estuaria. Estuaria dewasa ini mengalami kerusakan yang sangat serius karena pertumbuhan populasi manusia dan pembangunan, yang antara lain berakibat terhadap menyusutnya hutan mangrove beserta keanekaragaman spesies flora dan fauna di dalamnya, pencemaran air karena penggunaan pupuk dan racun hama dan penyakit serta berbagai industri dan kegiatan pertambangan. Salah satu bahan pencemar utama yang terkandung dalam buangan limbah adalah logam berat, diantaranya yang sangat berbahaya bagi kehidupan manusia dan ekosistem laut yaitu logam berat atau metalloid seperti Pb.

Logam berat seperti Pb sangat berbahaya karena mudah mengalami akumulasi pada perairan, sedimen serta tanaman. Apabila logam tersebut

terakumulasi pada suatu jaringan, maka konsentrasinya akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya logam berat Pb dalam lingkungan. Akumulasi logam berat pada suatu lingkungan akan menyebabkan ekosistem tercemar dan terganggu, termasuk ekosistem mangrove. Berbagai jenis biota laut seperti ikan, udang, kerang dan bermacam-macam kepiting hidup dan sangat bergantung pada keberadaan hutan mangrove, sebagai tempat hidup dan perkembangbiakannya.

Tumbuhan mangrove memiliki kemampuan secara genetik untuk mendetoksifikasi logam-logam berat dalam jaringannya, sehingga vegetasi ini memiliki kemampuan luar biasa dalam menyerap logam berat tanpa mengalami gangguan. Untuk itu perlu diketahui kandungan logam berat di dalam mangrove dan hal-hal apa saja yang mempengaruhinya dalam pengangkutannya dalam jaringan (Arisandi, 2002). Menurut Purnobasuki (2005), Tumbuhan mangrove yang tumbuh di sekitar perkotaan atau pusat pemukiman dan jalan perhubungan dapat berfungsi sebagai penyerap bahan pencemaran, gas buangan kendaraan, industri dan sebagainya (Purnobasuki, 2005). Dengan perakaran mangrove yang kuat mampu meredam gerak pasang surut, dan juga mampu terendam dalam air yang kadar garamnya bervariasi. Lebih dari itu, perakaran mangrove dapat mengendalikan lumpur, sehingga ia mampu memperluas formasi dan "surfacing land".

Hutan mangrove di sekitar saluran pembuangan (kanal) Jongaya yang di sekitar jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar ditumbuhi oleh dua jenis tanaman mangrove yaitu bakau (*R. mucronata*) dan api-api putih (*A. alba* B.). Saluran pembuangan (kanal) Jongaya

di Makassar membentang dari Jalan Nuri-Tanjung Alang dan memutar di Jalan Tanggul Patompo menuju Jalan Kumala-Andi Tonro-Sultan Alauddin dan Banta-Bantaeng, kemudian melintasi Jalan Rappocini dan Jalan Monginsi. Panjangnya berkisar 6.565 meter. Jalan Monginsidi menjadi punggung kanal. Juga terdapat sebuah pintu kontrol yang memecah kanal menjadi dua arah. Yaitu Kanal Sinrijala, yang mengarah ke sungai Pampang dan Kanal Pannampu yang langsung menuju laut. Masing-masing kanal ini panjangnya berkisar 4.000 meter. Banyaknya kegiatan masyarakat yang terjadi di sepanjang saluran pembuangan tersebut seperti industri, perdagangan, serta sarana transportasi darat dan laut yang menghasilkan limbah. Akumulasi logam berat dari pembuangan limbah ini akan menyebabkan ekosistem yang berada pada daerah tersebut akan tercemar. Oleh karena itu, adanya ekosistem mangrove yang berada di sekitar saluran pembuangan Jongaya dapat mengurangi dampak pencemaran pada perairan yang ada di sekitarnya karena hutan mangrove merupakan sumber energi lingkungan perairan yang menghubungkan kehidupan ekosistem laut dan ekosistem daratan.

## METODE

### A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu; pisau, blender, eksikator, neraca analitik, oven, hot plate, pH meter, pipet tetes, cawan porselin, tanur, botol semprot, labu takar 50 mL, corong biasa, pipet volume 10 mL, gelas kimia 250 mL, batang pengaduk, botol sampel, bulp pipet, termometer, dan Spektrofotometer Serapan Atom (merek Shimadzu AA-6200, buatan Jepang tahun 1998) dan bahan berupasampel akar Api-api, sampel

air, Aquades,  $\text{HNO}_3$  pekat,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , dan kertas saring

### B. Prosedur Penelitian

#### 1. Preparasi sampel

Sebanyak 50 mL sampel air dimasukkan ke dalam cawan porselin ditambahkan dengan 10 mL  $\text{HNO}_3$  65% lalu didiamkan selama 30 menit. Selanjutnya dipanaskan pada suhu  $50^\circ\text{C}$  sampai volumenya  $\pm 1$  mL, kemudian didinginkan dan diencerkan dalam labu takar sampai volumenya 50 mL, disaring dan siap untuk dianalisis dengan SSA. Sampel akar dicuci dengan aquades kemudian dimasukkan ke dalam oven untuk dikeringkan pada suhu  $105^\circ\text{C}$  kemudian didinginkan lalu dihaluskan dengan blender. Setelah itu, ditimbang 10 gram dan dimasukkan ke dalam cawan porselin kemudian diabukan dengan menggunakan tanur pada suhu  $500^\circ\text{C}$  selama kurang lebih 3 jam.

Sebanyak 0,5 gram abu sampel dimasukkan ke dalam cawan porselin dan ditambahkan  $\text{HNO}_3(\text{p})$  10 mL lalu didiamkan selama 30 menit. Selanjutnya dipanaskan pada suhu  $40^\circ\text{C}$  hingga volume menjadi  $\pm 1$  mL, kemudian didinginkan dan diencerkan dalam labu takar sampai volume 50 mL, disaring dan siap untuk dianalisis dengan SSA.

#### 2. Pembuatan Larutan Standar Pb

Ditimbang dengan teliti 1,599 gram timbal nitrat ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) kemudian dilarutkan dengan aquades dalam labu takar 1000 ml sedikit demi sedikit. Selanjutnya 10 mL larutan standar Pb 1000 ppm dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditambahkan aquades hingga tanda batas diperoleh larutan standar 100 ppm. Larutan standar 100 ppm, kemudian dibuat deret larutan seri Pb dengan konsentrasi 1 ppm, 2 ppm, dan 3 ppm, 4 ppm dan 5 ppm dengan mengambil berturut-turut 1 mL, 2 mL, 3 mL, 4 mL dan 5 mL dari larutan baku

100 ppm kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas.

### 3. Analisis Data

Kurva kalibrasi standar yang digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan sampel dibuat dengan data konsentrasi dan absorbansi larutan standar. Dari hasil pengukuran larutan standar SSA, diperoleh data absorbansi untuk larutan baku. Jika data absorbansi sebagai Y dan konsentrasi sebagai x maka diperoleh persamaan regresi linear sebagai berikut:

$$Y = a + bx$$

Dimana nilai a dan b dapat dilihat dengan rumus:

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b(\sum x)}{n}$$

**Keterangan,**

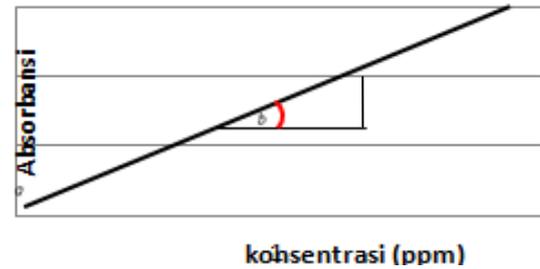
- x = konsentrasi (ppm)
- y = absorbansi (serapan)
- a = intersep
- b = slope
- n = jumlah data

Hasil diperoleh antara absorban dan konsentrasi diuji dengan menggunakan persamaan korelasi dengan persamaan:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}}$$

sehingga dapat dibuat kurva hubungan antara absorban dan konsentrasi, dimana absorban berada pada sumbu Y dan konsentrasi (ppm) dalam sumbu X, sehingga jika ditarik garis lurus melalui beberapa titik dan bila garis tersebut diteruskan melewati sumbu Y (terjadi perpotongan) maka garis tersebut merupakan intersepnya diberikan symbol a. sedangkan untuk slope atau kemiringan

diperoleh dari tang  $\alpha$ . Seperti yang terlihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Kurva hubungan antara absorban dengan konsentrasi

### HASIL PENELITIAN

Sampel penelitian yang diperoleh di sepanjang saluran pembuangan atau kanal jongaya, jalan metro tanjung bunga kota Makassar, ditetapkan pada 3 titik yaitu; titik A, berlokasi pada pertemuan kanal pasar senggol dengan saluran pembuangan jongaya, titik B di jembatan jalan metro tanjung bunga, dan titik C berlokasi di muara saluran pembuangan kanal jongaya. Hasil pengukuran beberapa kondisi perairan di lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil pengukuran dan pengamatan kondisi perairan

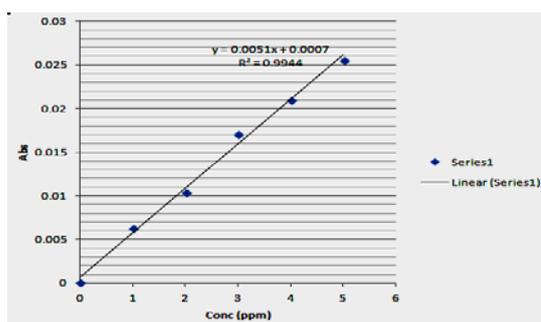
Lokasi	Suhu (°C)	pH Air	pH tanah	Diameter Pohon (cm)
Titik A	28 <sup>0</sup> C	7,767	6,980	74,3
Titik B	28 <sup>0</sup> C	7,869	6,628	75
Titik C	28 <sup>0</sup> C	7,681	6,509	76

Pengukuran suhu dan pH dilakukan dikarenakan kedua hal tersebut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi banyaknya logam berat Pb yang dapat diserap oleh *A. alba* Blume. Untuk melihat banyaknya logam Pb yang terakumulasi pada akar *A. alba* Blume di setiap lokasi pengambilan sampel, maka sampel akar yang diambil diusahakan memiliki umur yang sama sebab umur suatu tumbuhan

mempengaruhi banyaknya kadar Pb yang terakumulasi dalam jaringannya. Dari pengukuran serapan larutan baku untuk analisis Pb dengan spektrofotometer serapan atom, diperoleh hasil pengukuran larutan baku dan kurva baku dengan SSA Tabel 2 dan grafik kurva standar pada Gambar 2.

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran Larutan Baku Pb

Standar	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0,0000	0,0001
2	1,0000	0,0063
3	2,0000	0,0104
4	3,0000	0,0171
5	4,0000	0,0210
6	5,0000	0,0255



**Gambar 2.** Kurva Kalibrasi Larutan Standar

Pengukuran kadar logam timbal (Pb) pada ketiga titik sampel berdasarkan larutan standar seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Pengukuran Kadar Pb total pada sampel akar dan air

Sampel	Lokasi	Ulang	Abs.	Kon (ppm)	$\bar{X}$ ppm)
Akar Api- Api Putih	A	A1	0,0029	0,55	0,43
		A2	0,0016	0,30	
	B	B1	0,0026	0,50	0,50
		B2	0,0026	0,50	
	C	C1	0,0031	0,59	0,45
		C2	0,0016	0,30	
Air	A	A1	-0,0001	-0,03	0,003
		A2	0,0002	0,03	
	B	B1	0,0011	0,21	0,15
		B2	0,0004	0,08	
	C	C1	-0,0003	-0,06	-0,08
		C2	-0,0005	-0,10	

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kandungan logam Pb (timbal) yang tertinggi pada air dan jaringan akar api-api putih (*A. alba* Blume) berada pada titik B yang berlokasi di sekitar jembatan metro tanjung bunga kota Makassar

## PEMBAHASAN

Suhu merupakan salah satu faktor fisika perairan yang sangat penting bagi kehidupan organisme atau biota perairan. Suhu perairan akan mempengaruhi proses kelarutan dari logam-logam berat yang masuk ke perairan. Semakin tinggi suhu suatu perairan maka kelarutan logam berat seperti Pb juga akan semakin tinggi, begitu pula sebaliknya (Rosmaria, Olivia. 2009). Pengukuran suhu dilakukan secara langsung di lokasi pengambilan sampel pada saat surut dan cuaca panas. Hasil pengukuran suhu perairan menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian didapatkan kisaran nilai yang sama yaitu 28°C. Nilai suhu ini menunjukkan lokasi penelitian mempunyai suhu yang optimal dan layak untuk tumbuhnya tumbuhan *A. alba* Blume. Menurut Noor, dkk (1999) bahwa mangrove dapat tumbuh subur pada daerah tropik dengan suhu di atas 20°C sedangkan di bawah 4°C dapat mematikan karena mangrove tidak dapat mentolerir suhu dingin. Oleh karena itu, konsentrasi logam yang ada pada ketiga lokasi tersebut masih dapat dikatakan normal.

Logam Pb merupakan logam yang non esensial atau logam yang tidak dibutuhkan oleh tumbuhan sehingga logam Pb tersebut akan terakumulasi di akar walaupun ada yang ditransportasikan ke jaringan lainnya dalam jumlah yang sedikit. Hal ini seperti yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti-peneliti sebelumnya yang

meneliti kadar logam Pb untuk beberapa jenis *Avicennia*. Pada setiap lokasi pengambilan sampel, konsentrasi rata-rata logam berat timbal (Pb) yang terakumulasi pada air dan jaringan akar tanama api-api putih (*A.alba* B.)

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh pada lokasi A diperoleh konsentrasi rata-rata logam Pb di dalam air sebesar 0,003 ppm dan di akar sebesar 0,42 ppm, pada lokasi B diperoleh konsentrasi rata-rata logam Pb di dalam air sebesar 0,15 ppm dan di akar sebesar 0,50 ppm, sedangkan pada lokasi C diperoleh konsentrasi rata-rata logam Pb di dalam air sebesar -0,08 ppm dan di akar sebesar 0,45 ppm. Konsentrasi rata-rata Pb di jaringan akar pohon api-api pada lokasi A yaitu pertemuan kanal pasar Senggol dengan saluran pembuangan Jongaya adalah yang terendah. Mungkin hal ini dipengaruhi oleh keadaan suhu dan pH yang cukup tinggi di lokasi tersebut.

**Tabel 4.** Baku mutu air laut untuk beberapa logam berat

No	Logam berat	Baku mutu (mg/L)
1	Raksa (Hg)	0,001
2	Kromium (Cr)	0,005
3	Timbal (Pb)	0,008
4	Cadmium (Cd)	0,001
5	Zinkum (Zn)	0,05
6	Nikel (Ni)	0,05

Konsentrasi rata-rata Pb pada jaringan akar pohon api-api yang tertinggi kedua berada pada lokasi muara saluran pembuangan (kanal) Jongaya (lokasi C). Muara sangat terpengaruh oleh kondisi air daratan seperti aliran air tawar dan sedimen, serta keadaan air laut seperti pasang-surut, gelombang, dan masuknya air asin. Oleh karena itu, walaupun pH di muara tergolong normal, tetapi karena adanya pasang surut dan gelombang menyebabkan air yang akan

mengalir ke laut terhalang oleh air yang akan mengarah ke wilayah pesisir. Sehingga air dan sedimen yang telah tercemar akan tinggal mengendap di dasar. Kandungan PB di air pada lokasi ini 0 ppm.

Konsentrasi Pb tertinggi ada lokasi B yaitu sekitar jembatan alternatif jalan Metro Tanjung Bunga. Hal ini disebabkan selain pH lokasi ini cukup tinggi yang menyebabkan kelarutan logam Pb di dalam air rendah sehingga logam Pb tersebut mengendap di dasar dan diserap oleh akar pohon api-api, juga disebabkan oleh banyaknya kegiatan masyarakat pada bidang industri, perikanan dan transportasi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa kadar logam timbal (Pb) tertinggi yang terakumulasi pada akar api-api putih (*A. alba* Blume) dan air yang terdapat pada saluran pembuangan (kanal) Jongaya di sekitar Jalan Metro Tanjung Bunga Kota Makassar adalah yang terletak di lokasi sekitar jembatan (lokasi B) yaitu sebesar 0,1475 ppm di dalam air dan 0,4961 ppm di dalam jaringan akar bila dibandingkan dengan kedua lokasi yang lainnya yang berada pada pertemuan kanal pasar senggol dengan saluran pembuangan Jongaya (lokasi A) diperoleh konsentrasi rata-rata Pb di air dan akar adalah 0,0029 ppm dan DA0,4252 ppm, sedangkan lokasi di muara saluran pembuangan Jongaya (lokasi C) diperoleh kadar Pb di air dan akar sebesar -0,0824 ppm dan 0,4467 ppm. Hal ini disebabkan oleh banyaknya kegiatan masyarakat pada bidang industri, perikanan dan transportasi.

## SARAN

Disarankan Perlu ada penelitian lebih lanjut tentang konsentrasi logam berat pada jaringan tanaman mangrove untuk jenis mangrove yang lain. Selanjutnya untuk lebih menyempurnakan penelitian ini sebaiknya semua jaringan tanaman seperti batang, daun dan buah juga dapat diketahui konsentrasinya, untuk lebih menjelaskan kandungan logam berat tersebut pada masing-masing jaringan pada mangrove. Penelitian lanjutan untuk mengetahui korelasi antara timbale (Pb) dengan salinitas, Oksigen terlarut (DO), dan kecepatan arus diharapkan dapat melengkapi hasil dari penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bengen D. G. 2003. *Sinopsis Hutan dan Sumber Daya Alam Pesisir dan Laut Serta Prinsip Pengelolaannya*. PKSPL – IPB. Bogor.
- Connel, D. W dan Gregory, J. M. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Dahuri, R., dkk. 1998. *Pengolahan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. CV. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran : Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI-Press. Jakarta
- Erlangga. 2007. *Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar di Provinsi Riau Terhadap Ikan Baung (Hemibagrus menurus)*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Gesamp. 1985. *Cadmium, Lead and Tin In Marine Chemistry Environment*. UNCP Regional Seas Report and Study.
- Hutagalung, H. P. 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat*. UI-Press. Jakarta
- Kunarjo, D. H dan Ruyitno. 1991. *Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. LON-LIA. Jakarta.
- Kusmana, C., dkk. 2003. *Jenis-jenis Pohon mangrove di Teluk Bituni Papua*. Institut Pertanian Bogor dan PT Bintuni Utama Murni Wood Industri. Bogor.
- Nasution, F. A. 2008. *Bahaya Timbal (Timah Hitam)*. Fisly Forum. Surabaya.
- Nyabakken, J. W. 1993. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis*. Terjemahan M. Eidman., Koesobiono, D. G. Bengen, M. Hutomo dan S. Sukardjo. Gramedia. Jakarta.
- Odum. 1971. *Fundamental of Ekologi*. W.B. Saunders Company. Philadelphia. USA.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Rosmaria, O. 2009. *Studi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Sedimen di Perairan Sungai Tallo Kota Makassar*. Universitas Hasanuddin. Makassar
- Sukardjo, S. & Toro, A.V. 1994. *Akumulasi Kadmium oleh Semai *Avecennia marina* (Forsh) Vierch di hutan mangrove pesisir Teluk Jakarta*. Makalah dalam Seminar Pemantauan Pencemaran Laut. Jakarta, 7-9 Februari 1994.
- Tinsley, I.J. 1979. *Chemical Conception Pollutan Behavior* John Wiley and Sons.