

ARJKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

Vol. 07, Nomor 2

Agustus 2013

**DESAIN KEMASAN IKAN ASAR
BAGI INDUSTRI KECIL DI DESA GALALA DAN HATIVE KECIL**

*Robert Hutagalung
Victor O. Lawalata
Darius Tumanan
Imelda K. E. Savitri*

**DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) SEBAGAI METODE ALTERNATIF
PENILAIAN EFISIENSI PENGELOLAAN PROGRAM STUDI**

Johan Marcus Tupan

**ANALISA SINYAL SUARA JANTUNG BERDASARKAN TRANSFORMASI
FOURIER**

Hamdani Kubangun

KAJIAN LUASAN MANGROVE AKIBAT PENCEMARAN LAUT

Sonja T. A. Lekatompessy

**ACTIVITY BASED COSTING (ABC) SEBAGAI MODEL ALTERNATIF
PENENTUAN BIAYA PRAKTIKUM MAHASISWA**

Johan Marcus Tupan

**TINJAUAN PENGARUH PENDINGINAN SPESIMEN UJI LAS
TERHADAP KUALITAS HASIL PENGELASAN**

Sonja T. A. Lekatompessy

**PENGARUH PEMILIHAN MATERIAL TERHADAP TINGKAT KESULITAN
PROSES PERAKITAN KOMPONEN OTOMOTIF**

Nelce D. Muskita

**ANALISA LANJUT HASIL UJI KEKUATAN TARIK BESI BETON
UNTUK STRUKTUR BETON JEMBATAN WAIHATTU MELALUI
PERBANDINGAN PERHITUNGAN MANUAL DENGAN PROGRAM
MINITAB VERSI 13**

*Steanly R.R Pattiselanno
Nanse H Pattiasina
Nevada M J Nanulaitta*

**PERANCANGAN PROTOTIPE SOFTWARE TOOLS UNTUK
PENGEMBANGAN SITUS KULIAH SECARA ELEKTRONIK**

Nasir Suruali

KAJIAN LUASAN MANGROVE AKIBAT PENCEMARAN LAUT

Sonja T. A. Lekatompessy

Dosen Program Studi Teknik Perkapalan Unpatti.

ABSTRAK

Kebersihan Teluk Ambon saat ini semakin berkurang, hal ini terlihat dengan adanya limbah perkotaan di daerah Teluk. Selain daripada itu Teluk Ambon juga terindikasi tercemar logam berat akibat limbah industri. Pada tingkat konsentrasi melebihi ambang batas toleransi logam berat bersifat racun berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan itu sendiri. Pengolahan logam berat seperti Pb, Cu dan Zn, belum optimal akibat kendala biaya cukup besar untuk mengadakan pengolahannya. Kemampuan mangrove dalam mengakumulasi logam berat dijadikan alternatif perlindungan perairan Teluk Ambon bagian dalam terhadap pencemaran logam berat. Berdasarkan hasil analisa AAS, logam berat yang terserap dalam jaringan tubuh pohon api-api (*Avicennia marina*) dan pohon bakau (*Rhizophora mucronata*) memiliki $Pb > Zn > Cu$. Besarnya tingkat perbedaan kandungan logam berat pada mangrove dengan Uji Tukey terlihat ketiganya menunjukkan perbedaan dengan nilai W sebesar 0,0943 mg/gr untuk jenis logam berat Cu-Pb, 0,0956 mg/gr untuk jenis logam berat Cu-Zn. Sedangkan logam berat Pb-Zn 0,0819 mg/gr. Jenis Bakau memiliki kemampuan lebih besar dalam mengakumulasi logam berat, terbukti dari Uji t dimana t_{hit} sebesar 0,56 lebih besar dari t_{tabel} sebesar 1,697 dan memilih jenis bakau lebih efektif menyerap logam berat dibandingkan jenis api-api. Maka luasan kawasan mangrove yang harus ditanami guna mengantisipasi pencemaran dengan beban pencemaran logam berat sebesar 37.218.096 mg/hari seluas sebesar 13633002,2 m². Ini membutuhkan jumlah pohon bakau sebanyak 1.514.779 batang. Karena Teluk Ambon bagian dalam memiliki garis pantai sepanjang 16,385 km, maka lebar barier Bakau yang harus ditanam adalah 478,4 m.

Kata kunci: mangrove, limbah logam berat, dan pencemaran

ABSTRACT

Cleanliness Ambon Bay is now diminishing, it is seen by the presence of urban waste in the bay area. Other than that Ambon Bay is also indicated as a result of heavy metal contaminated industrial waste. At concentrations exceeding the threshold level of tolerance toxic heavy metals harmful to living things and the environment itself. Processing of heavy metals such as Pb, Cu and Zn, not optimal due to cost constraints is large enough to hold its processing. Mangrove ability to accumulate heavy metals used in the protection of the waters of the Bay of Ambon alternative in part to heavy metal pollution. Based on the results of AAS analysis, heavy metals are absorbed in body tissues tree fires (*Avicennia marina*) and mangroves (*Rhizophora mucronata*) have $Pb > Zn > Cu$. The level differences of heavy metals in mangrove with Tukey's test showed three visible difference to the value of W equal to 0.0943 mg / g for the heavy metals Cu - Pb, 0.0956 mg / g for the heavy metals Cu - Zn. While heavy metal Pb - Zn 0.0819 mg / g. Mangrove types have a greater ability to accumulate heavy metals, which is evident from the t test of 0.56 is greater than 1.697 t table and choose the type of mangrove is more effective than other types of absorbing heavy metals fires. Then the extent of mangrove areas to be planted in order to anticipate pollution with heavy metals pollution load of 37,218,096 mg / day m² area of 13,633,002.2. It requires a number of mangrove tree trunks as much as 1,514,779. Because the inner Ambon Bay has a coastline of 16.385 km, the width of mangroves to be planted barrier is 478.4 m.

Keywords: mangrove, heavy metal waste, and pollution

PENDAHULUAN

Menurut Mukhtasor (2002), limbah yang masuk ke lingkungan laut dapat bersumber dari darat (*land-based pollution*) maupun dari laut itu sendiri (*marine-based pollution*). Diantara penyebab *land-based pollution* adalah pencemaran oleh limbah domestik (limbah perkotaan) dan limbah industri yang masuk ke laut melalui fasilitas pembuangan yang terencana maupun aliran sungai yang akhirnya bermuara ke laut. Contoh-contoh sumber pencemaran laut dari darat adalah pembuangan *sewage*, air

selokan, dan sampah dari perkotaan, limbah buangan industri petrokimia dan produksi minyak, deposisi partikel dari cerobong asap.

Salah satu contoh pencemaran yang berasal dari beberapa aktivitas manusia adalah logam berat. Umumnya logam berat banyak dimanfaatkan oleh industri dalam proses produksinya. Sehingga limbah yang dihasilkan dari aktivitas tersebut juga mengandung pencemar logam berat, walaupun penggunaannya dalam konsentrasi rendah. Beberapa jenis industri seperti elektroplating, pencelupan tekstil, bahan kimia, industri plastik, industri kertas, baterai, laundry, es krim dan lain sebagainya menghasilkan logam berat Pb (timbal), Cu (tembaga) dan Zn (seng), dalam limbahnya.

Hingga kini pengolahan logam berat (Pb, Cu dan Zn), belum dilakukan secara optimal. Kendala yang menghantui adalah dibutuhkan biaya yang cukup besar untuk mengolah limbah logam berat tersebut. Sehingga logam berat yang mencemari lingkungan pun semakin besar kuantitasnya.

Teluk Ambon bagian dalam terindikasi tercemar logam berat. Masyarakat di sekitarnya tentu bakal merasakan dampaknya akibat mengkonsumsi ikan yang telah tercemar oleh logam berat. Dampak ini tidak langsung dirasakan pada saat ini karena keracunan logam berat bersifat kronis. Logam berat akan terus terakumulasi di dalam tubuh dan akan menimbulkan efek membahayakan kesehatan saat mencapai konsentrasi tertentu.

Untuk itu diperlukan barrier alami yang berfungsi melindungi pesisir dari kontaminasi logam berat sekaligus rumah bagi ikan dan kehidupan laut lainnya. Pilihan tersebut jatuh pada vegetasi mangrove. Alasan mengapa mangrove begitu penting dan berpengaruh terhadap lingkungan pesisir, karena vegetasi ini diindikasikan mengembangkan sistem adaptasi yang menguntungkan bagi lingkungan manusia. Hal ini dibuktikan dengan beberapa penelitian di Panama, Australia, Hongkong yang menunjukkan bahwa peningkatan pencemaran pesisir selalu berbanding lurus dengan kerusakan hutan mangrove di daerah pesisir tersebut (Defew *et al.* 2004).

LANDASAN TEORI

Pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam lingkungan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (UU Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 1982). Pencemaran dapat timbul sebagai akibat kegiatan manusia ataupun disebabkan oleh alam (misal gunung meletus, gas beracun). Ilmu lingkungan biasanya membahas pencemaran yang disebabkan oleh aktivitas manusia, yang dapat dicegah dan dikendalikan. Karena kegiatan manusia, pencemaran lingkungan pasti terjadi. Pencemaran lingkungan tersebut tidak dapat dihindari. Yang dapat dilakukan adalah mengurangi pencemaran, mengendalikan pencemaran, dan meningkatkan kesadaran dan kepedulian masyarakat terhadap lingkungannya agar tidak mencemari lingkungan. Zat atau bahan yang dapat mengakibatkan pencemaran disebut polutan.

Pencemaran laut pesisir pada umumnya terjadi karena adanya pemusatan penduduk, pariwisata dan industrialisasi di daerah pesisir. Aktivitas-aktivitas tersebut baik secara langsung maupun tak langsung dapat mengganggu kehidupan di perairan laut dan pesisir (Supriharyono, 2000).

Logam Berat

Diantara jenis limbah industri yang berbahaya bagi kesehatan manusia adalah logam berat. Keberadaan logam berat di suatu perairan dapat terakumulasi pada ikan-ikan yang hidup di sekitar perairan tersebut (Supriharyono, 2000 dalam Mukhtasor *et al.* 2004). Masyarakat yang mengkonsumsi ikan-ikan tersebut berpotensi terkontaminasi logam berat melalui proses rantai makanan. Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui akumulasi logam tersebut dalam makanan dan dapat menyebabkan berbagai efek yang merugikan. Efek karsinogen, yang diindikasikan sebagai penyebab kanker merupakan salah satu efek pencemaran logam berat yang sangat berbahaya (Connell & Miller, 1995 dalam Mukhtasor *et al.* 2004).

Logam berat merupakan istilah umum yang digunakan untuk kelompok logam dengan densitas atom lebih besar dari 5 gr/cm^3 . Meskipun istilah tersebut hanya definisi yang luas namun secara umum diakui dan biasanya digunakan untuk lemen-elemen seperti Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn. Elemen-elemen tersebut merupakan kelompok utama dalam masalah pencemaran dan daya racun (Alloway, 1997).

Logam berat adalah salah satu polutan berat dalam lingkungan alam dikarenakan sifat racunnya, serta persoalan kehadiran dan bioakumulasinya. Dampak dari penyimpangan antropogenik sangat dirasakan oleh lingkungan estuaria dan pantai yang berdekatan dengan wilayah perkotaan. Logam berat dari aliran air yang datang serta sumber air segar dengan cepat dipindahkan dari tubuh air dan diendapkan kedalam sedimen. Ekosistem mangrove yang merupakan tanah rawa antar-aliran utama yang dijumpai

berada disepanjang pantai estuaria di wilayah tropis dan subtropis sedang mengalami kontaminasi manusia yang berat karena banyak yang berdekatan dengan pembangunan kota, dan terpengaruh oleh industrialisasi serta aktifitas manusia lainnya (Dwivedi dan Padmakumar, 1983 dalam Tam dan Wong, 1999).

Dari beberapa penelitian terdahulu melaporkan bahwa sedimen mangrove mempunyai kapasitas besar untuk menahan logam berat dari aliran air dan sungai. Sedimen mangrove sering bertindak sebagai wadah penampung untuk logam berat (Tam dan Wong, 1999).

Pada dasarnya tubuh manusia dan organisme hidup lainnya memerlukan unsur logam, khususnya logam berat seperti Cromium, Cobalt, Cooper, Besi, Mangan dan Zinc. Namun demikian, dalam jumlah yang berlebih dapat bersifat sebagai racun. Demikian juga dengan logam berat non esensial seperti Merkuri, Timbal dan Arsenik. Apabila logam-logam tersebut dikonsumsi dalam jumlah tertentu dapat membahayakan organ-organ vital atau dapat juga menyebabkan kematian (Rubin, 2001). Lebih lanjut dikatakan bahwa beberapa logam ditemukan secara alami dalam perairan, tetapi berbagai aktivitas manusia telah menambah tingkat/kadarnya dan distribusinya dalam lingkungan. Pembuangan dari industri dan pertambangan merupakan penyebab utama masuknya logam berat ke dalam lingkungan.

Pada umumnya logam bermanfaat bagi manusia hanya penggunaannya dibidang industri, pertanian atau kedokteran. Namun dilain pihak logam dapat berbahaya bagi kesehatan masyarakat bila terdapat dalam makanan, air atau udara (Lu, 1995).

Mangrove

Hutan *mangrove* dan ekosistemnya adalah hutan yang menempati zona neritik yang berbatasan dengan daratan (*coastal wetland*), yakni daerah pantai yang sering kali tergenang air asin di pantai-pantai terlindung daerah tropika dan subtropika. Meskipun daerah ini hanya 10 % luas laut namun menampung 90 % kehidupan laut (Suryoatmodjo, 1996 dalam Arisandi, P. 1996).

Konsentrasi logam dalam jaringan daun dijumpai tidak hanya berfungsi sebagai penyedia logam sedimen, tapi juga penghambat fisiologikal untuk transportasi dan akumulasi dalam tanaman. De Lacerda *et al.* (1986) dalam MacFarlane *et al.* 2002, telah meneliti konsentrasi logam dalam sedimen dan daun dari *Avicennia schaueriana* dibawah kondisi lapangan. Seng dijumpai sebagai logam paling banyak, kemudian Cu, dengan Pb menunjukkan akumulasi terendah untuk jaringan daun. Seng dijumpai memperlihatkan korelasi signifikan antara wadah sedimen dan daun ($r = 0,62$).

Perubahan hutan mangrove menjadi perikanan udang adalah salah satu persoalan berat dan berdampak besar pada ekosistem pantai. Misalnya pemotongan pohon pelindung, hilangnya pasokan nutrisi dari hutan untuk laut, kerusakan akibat gelombang dan aliran air, erosi pantai dan pembuangan limbah yang menyebabkan perubahan dalam keseimbangan alam dan terutama menyebabkan rusaknya ekosistem. Aktifitas manusia secara langsung dapat menyebabkan mortalitas besar pada karang karena pengikisan, pengeboman ikan, dan/atau polusi. (Cheevaporn *et al.* 2003)

METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Penelitian ini mengambil sampel di Teluk Ambon dengan variabel penelitian sebagai berikut : (MacFarlane *et al.* 2002)

1. Air laut dengan kedalaman 50 cm
2. Daun mangrove
3. Batang mangrove
4. Sedimen disekitar mangrove

Prosedur Penelitian

1. Penentuan titik-titik daerah pengambilan sampel
2. Penyiapan alat pengambilan sampel
3. Pengambilan sampel
4. Preparasi sampel
5. Pengujian
 - a. Pengujian Zn terlarut
 - b. Pengujian Zn total
 - c. Pengujian Cu terlarut
 - d. Pengujian Cu total
 - e. Pengujian Pb terlarut
 - f. Pengujian Pb total

- g. Uji AAS
6. Perhitungan AAS
 7. Analisis Data Statistik
 8. Pengumpulan Data Pasang Surut, Batimetri dan Topografi
 9. Menghitung Luasan Kawasan Vegetasi Mangrove
Untuk menentukan luas area mangrove yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan, Eger (1994) :

$$\text{Area mangrove (m}^2\text{)} = \frac{\text{Beban logam berat X (mg/hari)}}{\text{Tingkat penyerapan logam berat X (mg/m}^2\text{/hari)}} \quad (1)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Deskriptif

Deskriptif Data Konsentrasi
Berdasarkan Jenis Logam berat

Jenis Logam berat	Mean	Std. Deviation	Jumlah Data
Cu	0,0366	0,0205	8
Pb	0,3886	0,1103	14
Zn	0,1013	0,0463	13
Total			35

2. Analisis Uji Tutkey

Hasil Uji Tukey Berdasarkan Jenis Logam berat

Jenis Logam berat	W	Xi-Xi	Keputusan
Cu-Pb	0,0943	0,43118	Tolak Ho
Cu- Zn	0,0956	0,12293	Tolak Ho
Pb-Zn	0,0819	0,3083	Tolak Ho

Hasil Uji Tukey Untuk Sedimen, Air Sekeliling, Jaringan Daun, Batang Mangrove

(I) Tempat Kandungan	(J) Tempat Kandungan	Mean Difference (I-J)	W	Kesimpulan
Sedimen	Daun	0,019	0,5785	Terima Ho
	Batang	0,0651	0,5785	Terima Ho
	Air	0,116	0,5097	Terima Ho
Daun	Sedimen	0,019	0,5785	Terima Ho
	Batang	0,0841	0,7237	Terima Ho
	Air	0,135	0,67	Terima Ho
Batang	Sedimen	0,0651	0,5785	Terima Ho
	Daun	0,0841	0,7237	Terima Ho
	Air	0,0508	0,67	Terima Ho
Air	Sedimen	0,116	0,5097	Terima Ho
	Daun	0,135	0,67	Terima Ho
	Batang	0,0508	0,67	Terima Ho

Analisa Uji t

Sedangkan untuk menentukan jenis vegetasi mangrove yang lebih efektif dalam menyerap logam berat dilakukan melalui uji t. Adapun hipotesisnya adalah sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_1 \leq \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \geq \mu_2$$

Dimana μ_1 = (api-api)

$$\mu_2 = (\text{bakau})$$

Dengan t_{tabel} sebesar 1,697 dan t_{hit} sebesar 0,56 maka keputusan yang diambil adalah terima H_0 , karena t_{hit} lebih kecil dari T_{tabel} . Ini berarti jenis bakau lebih efektif menyerap logam berat dibandingkan jenis api-api.

Luasan Kawasan Vegetasi Mangrove

Langkah pertama kita asumsikan bahwa luasan sebuah pohon bakau berukuran 9 m² dengan panjang dan lebar masing-masing 3 m. Adapun volume pohon sebesar 27 m³ karena luasan sebesar 9 m² dikalikan dengan asumsi tinggi rata-rata mangrove 3 m. Diketahui massa jenis batang dan daun bakau masing-masing sebesar 0,751 gr/ml dan 0,562 gr/ml.

Kandungan Logam Berat Pb Pada Batang Bakau

Dari hasil analisa AAS kandungan logam berat Pb yang mampu diserap tiap gram batang bakau sebesar 0,5077 mg. Angka ini kemudian dikalikan dengan massa jenisnya dan diperoleh hasil sebesar 0,381 gr/dm³. Hasil ini lantas dikalikan dengan volume batang sebuah pohon bakau sebesar 16.200 dm³ sehingga didapat kandungan Pb dalam batang tiap pohon bakau adalah 6.174.300 mg.

Kandungan Logam Pada Daun

Dari hasil analisa AAS kandungan logam berat Pb yang mampu diserap tiap gram daun bakau sebesar 0,2558 mg. Angka ini kemudian dikalikan dengan massa jenisnya dan diperoleh hasil sebesar 0,144 gr/dm³. Hasil ini kemudian dikalikan dengan volume daun sebuah pohon bakau sebesar 10.800 dm³ sehingga didapat kandungan Pb dalam daun tiap pohon bakau adalah 1.552.045 mg.

Dengan asumsi rata-rata umur bakau 5 tahun (1825 hari) maka besarnya penyerapan logam berat per harinya adalah 23,15 mg/hari dengan rata-rata tiap m² luasannya mampu menyerap 470,428 mg/m²/hari.

Untuk menyerap beban pencemaran logam berat sebesar 3.665.783.520 mg/hari dibutuhkan luasan kawasan mangrove sebesar 7.792.448,6 m² dengan jumlah pohon bakau yang harus di tanam sebanyak 865.828 batang. Sedangkan biaya yang dibutuhkan untuk menanam bakau adalah 865.828 x Rp 250,- = Rp. 216.456.904,94.

Teluk Ambon memiliki garis pantai sepanjang 16,385 km, maka lebar barrier bakau yang harus ditanam adalah 273,4 m.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dalam penelitian ini dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Bahwa logam berat yang dibuang dalam bentuk limbah dari industry di sekitar Teluk Ambon telah diserap dalam jaringan tubuh pohon api-api (*Avicennia marina*) dan pohon bakau (*Rhizophora mucronata*) dengan jenis logam berat Pb memiliki konsentrasi terserap lebih besar dibandingkan dengan Zn dan Cu atau $Pb > Zn > Cu$.
2. Hasil one way anova menunjukkan perbedaan konsentrasi antar jenis logam berat dan antar jenis tempat karena nilai F_{hit} untuk jenis logam berat sebesar 76,27 yang berarti lebih besar dan F_{tabel} -nya masing-masing sebesar 3,30 dan 5,34 dengan taraf nyata (α) 5% dan 1%. artinya terdapat perbedaan kandungan konsentrasi antar jenis logam berat signifikan secara nyata.
3. Jenis Bakau ternyata yang memiliki kemampuan lebih besar dalam mengakumulasi logam berat. Hal ini terbukti dari uji t dimana t_{hit} sebesar 0,56 lebih kecil dari t_{tabel} sebesar 1,697 dan memilih jenis bakau lebih efektif menyerap logam berat dibandingkan jenis api-api.
4. Kemampuan mangrove menyerap limbah logam berat Cu sepanjang garis pantai terkait pasang surut sebesar 6.520.800 m². Sedangkan dari panjang sempadan sungai sebesar 750.525.750 m². Luasan mangrove yang tumbuh sebesar 43.500 m², maka luasan mangrove yang belum ditanami sebesar

$61.463.645.084 \text{ m}^2 \approx 6.146.364 \text{ Ha}$. Berarti beban logam berat belum terserap sebesar $2,79 \cdot 10^3$ mg/hari. Maka tingkat efektifitas penyerapan logam berat oleh mangrove sebesar 1,2 % dan 98,8 % masih di air dan masuk ke perairan laut. Karena tingkat efektifitas penyerapan mangrove terbatas tindakan yang harus diambil adalah mengadakan pengendalian dari sumber pencemarannya.

Saran

Walau banyak usaha telah dilakukan untuk menyelesaikan kemunduran ekologi laut ini, persoalan kemunduran masih menjadi isu penting yang perlu dijadikan agenda utama. Persoalannya adalah menyetujui rencana pengelolaan yang berkelanjutan untuk konservasi sumberdaya pantai alam dan pemanfaatannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B. J. (1997) *Chemical Principles of Environmental Pollution*. Blackie Academic & Professional, UK.
- Defew, L. H.; Mair, J. M; Gusman, H. M. (2004) *An Assessment of Metal Contamination in Mangrove Sediments and Leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama*, *Marine Pollution Bulletin* (2004).
- Eger, P. 1994. *Wetland Treatment for Trace Metal Removal For Mine Drainage: The Importance Of Aerobic And Anaerobic Processes*. *Water Science Technology* Vol 29. no. 4. pp 249-256. Pergamon.
- Gaspersz, V. (1994) *Metode Perancangan Percobaan*, Armico, Bandung.
- Kottogoda, N dan Rosso, R. (1996) *Statistics, Probability, and Reability, for Civil and Environmental Engineer*, Mc Graw-Hill.
- MacFarlane, G. R; Pulkownik, A; Burchett, M. D. (2002) *Accumulation and Distribution of Heavy Metals in The Grey Mangrove Avicennia marina (Forsk.) Vierh. : Biological Indication Potential*, *Environmental Pollution* (2003) 139-151.
- Munawar (2003) *Kontaminasi Logam Timbal Pada Lumpur Aktif*, *J. Teknologi*, 8 (April):18-22.
- Yuwatini, Erini (1997) *Penentuan Logam Kadmium, Krom, dan Timbal di Dalam Air dan Limbah Cair dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Secara Langsung*. Pusat Sarana Pengendalian Dampak Lingkungan, Serpong Jakarta