

ANALISIS KONSENTRASI MERKURI (Hg) DAN CADMIUM (Cd) DI MUARA SUNGAI PORONG SEBAGAI AREA BUANGAN LIMBAH LUMPUR LAPINDO

Rachmawatie¹
Zainul Hidayah²
Indah Wahyuni Abida²

¹*Alumni Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo*

²*Dosen Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo*

Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo
Jl.Raya Telang PO.BOX 2 Kamal Bangkalan Madura East Java
E-mai : zain.hidayah99@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan riset ini adalah untuk meneliti konsentrasi Merkuri (Hg) dan Cadmium (Cd) di muara Sungai Porong serta menentukan tingkat pencemaran logam berat di area tersebut. Analisa statistic yang digunakan adalah ANOVA dan analisis regresi yang digunakan untuk menguji hubungan logam berat yang terdeteksi dengan parameter penunjang. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi Cd telah melewati batasan normal di area muara. Disamping itu, Merkuri (Hg) tidak terdeteksi. Rata-Rata konsentrasi Cd dari 9 stasiun adalah 0,025 - 0,075 mg/liter. Hasil ANOVA menunjukkan rata-rata konsentrasi Cadmium (Cd) dari seluruh stasiun pengamatan adalah berbeda nyata ($p < 0,05$). Selanjutnya, analisis regresi menunjukkan bahwa model regresi dapat menjelaskan hubungan konsentrasi logam berat Cadmium (Cd) dengan beberapa parameter kualitas air ($R^2 < 70\%$).

Kata Kunci : Cadmium, Merkuri, muara Sungai Porong

ABSTRACT

Objectives of this research were to analyze the concentration of mercury (Hg) and cadmium (Cd) in Porong estuary as well as to determine the level of heavy metals pollution within the area. Statistical analysis, one way ANOVA was used for data analysis. In addition, regression analysis was also used to examine the trend and relationship of heavy metal detected with several water quality parameters. Results showed that the concentration of Cd already exceeded the normal level in the estuary environment. On the other side, Hg was not detected. The mean concentration of Cd from 9 locations was 0,025 – 0,075 mg/liter. ANOVA result showed that the mean of Cd concentration from different locations was significantly different (one way ANOVA, $df_1: 2, df_2: 6, \alpha < 0,05$). However, regression analysis showed that the statistical model was not able to significantly explain the correlation between Cd concentration and water quality parameters ($R^2 < 70\%$).

Keywords : Mercury, Cadmium, estuary

PENDAHULUAN

Wilayah Pesisir merupakan zona interaksi antara lautan dan daratan yang luasnya mencapai 15% dari daratan bumi. Wilayah pesisir di Indonesia sangat potensial, karena merupakan lokasi

perdagangan, transportasi, perikanan tangkap, budidaya perairan, industri, pertambangan dan pariwisata. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kondisi lingkungan pesisir di antaranya: pertumbuhan penduduk, kegiatan-kegiatan

manusia, sedimentasi, ketersediaan air bersih dan pencemaran (Nontji, 2002).

Pada tanggal 29 Mei 2006 terjadi semburan lumpur panas di daerah Porong – Sidoarjo akibat dari bocornya saluran pipa pengeboran di Brantas Inc. Semburan lumpur panas tersebut masih berlangsung sampai sekarang. Dampak dari semburan lumpur panas menyebabkan pemukiman, sawah, jalan dan bangunan lainnya terendam, sehingga menyebabkan kerugian mencapai ratusan miliar rupiah. Luas areal yang tergenang sampai Oktober 2008 mencapai lebih dari 450 Ha. Untuk menanggulangi agar luas genangan lumpur dan airnya yang terus bertambah, maka di usulkan untuk membuang lumpur lapindo ke laut melalui Sungai Porong. Padahal air lumpur yang bersalinitas tinggi dan mengandung zat-zat kimia menebar potensi degradasi kualitas air di perairan (Badan Lingkungan Daerah, 2007).

Salah satu kandungan senyawa yang terdapat dalam lumpur yang di buang ke Sungai Porong adalah logam berat Cadmium (Cd) dan Merkuri (Hg) (Badan Lingkungan Daerah, 2007). Apabila kandungan logam berat Cadmium dan Merkuri telah melebihi standar baku mutu lingkungan, akan berpengaruh terhadap kualitas air di Muara Sungai Porong. Kadar Merkuri untuk standar baku perikanan 0,002 mg/liter sedangkan untuk biota laut 0,001 mg/liter (MENKLH, 2004). Untuk melindungi kehidupan pada ekosistem akuatik, perairan sebaiknya memiliki kadar Cadmium sekitar 0,0002 mg/liter. Berdasarkan PP No. 82 tahun 2001 standar baku mutu logam berat Cadmium terhadap perikanan yakni 0,01 mg/liter. Kadar Cadmium di *spillway* dan sumur Banjar

Panji rata-rata berkisar 0,011 – 0,125 mg/liter (Badan Lingkungan Daerah, 2007).

Dalam penelitian ini parameter utama yang dipantau adalah Cadmium dan Merkuri. Senyawa ini sangat membahayakan kelestarian ekosistem perairan. Keberadaan logam berat cadmium yang berada dalam lumpur di perairan muara Sungai Porong, diduga akan berpengaruh terhadap kualitas air di muara Sungai Porong dan kelangsungan hidup biota air. Mengingat daerah muara Sungai Porong merupakan daerah pertambakan, sehingga dibutuhkan penelitian kadar kandungan logam berat Cd dan Hg di perairan muara Sungai Porong. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kadar kandungan logam berat Cadmium dan Merkuri dan parameter kualitas perairan lainnya di muara Sungai Porong.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

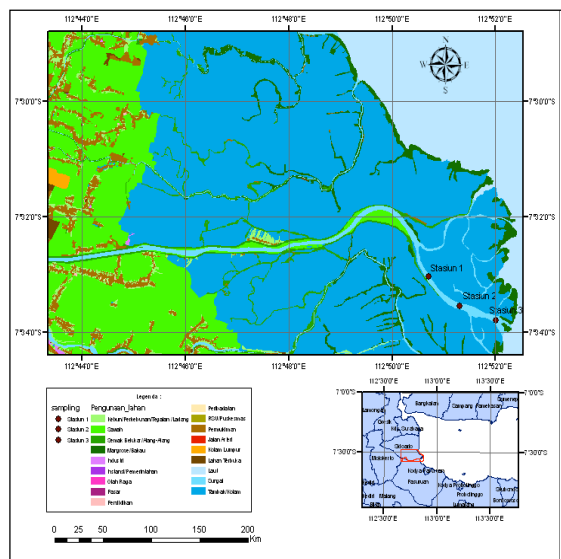
1. Menganalisa kandungan Merkuri dan Cadmium di perairan muara sungai Porong.
2. Menentukan status pencemaran merkuri dan Cadmium di perairan muara sungai Porong.
3. Menentukan trend konsentrasi parameter logam berat dan parameter kualitas air.
- 4.

METODE PENELITIAN

Kegiatan Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai bulan Juni 2009, dengan lokasi perairan muara Sungai Porong yang berada diantara di daerah pembuangan saluran semburan lumpur Lapindo Kabupaten Sidoarjo dan perairan

Laut di Selat Madura.

Pengambilan sampel air dilakukan pada 3 stasiun yaitu stasiun 1 yang berjarak 20 km dari pipa pembuangan lumpur Lapindo, stasiun 2 dekat dengan area pertambangan yang sudah tidak produktif berjarak 1,5 km setelah stasiun 1, dan stasiun 3 dekat dengan area penambangan pasir dan adanya pembentukan lahan baru berjarak 1,5 km setelah stasiun 2. Pengukuran dan pengambilan sampel air dilakukan seminggu sekali sebanyak 3 kali. Gambar 1 berikut ini adalah peta wilayah studi



Gambar 1. Peta Area Penelitian

Pengambilan sampel air dilakukan dengan menggunakan kemener water sampler pada kedalaman 20 cm dan 75 cm kemudian dikomposit. Perlakuan penanganan terhadap sampel air untuk uji parameter timbal, sampel air yang sudah diambil lalu disimpan dalam botol sampel, diawetkan dengan 3 ml HNO₃ pekat khusus untuk sampel logam berat. Untuk TSS dan

DO, sampel air disimpan dalam botol sampel dan didinginkan.

Analisis logam berat dilakukan di laboratorium teknik lingkungan ITS dengan metode AAS (*Automatic Absorbance Spektrofotometer*). Sampel di bawa setelah pengambilan sampel di lokasi penelitian. Sedangkan untuk pengukuran parameter penunjang yaitu pH, DO dan TSS serta salinitas dilakukan secara langsung (*in situ*).

Data yang diperoleh di analisis dengan *One way ANOVA* dan dilanjutkan dengan ANOVA Uji Tukey, merupakan salah satu metode uji statistika yang dapat digunakan untuk mengetahui perbedaan rata-rata sampel dari beberapa populasi yang berbeda. Penggunaan ANOVA antara lain untuk mengetahui perbedaan rata-rata parameter kualitas perairan dari 3 jarak stasiun yang berbeda. Pada penggunaan ANOVA asumsi yang digunakan adalah random, normalitas dan homogenitas ragam (Hidayah, 2009).

Analisis Regresi Linear Sederhana (RLS) digunakan untuk melihat trend konsentrasi parameter logam berat dan parameter kualitas air. Analisis yang digunakan adalah dengan menggunakan persamaan garis lurus $Y = a + bX$. Selain mencari nilai a dan b pada persamaan RLS ($Y = a + bX$), output dari analisis ini adalah signifikansi model (dari uji F), koefisien korelasi (r) dan koefisien determinasi (R²).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini kadar merkuri tidak terdeteksi di muara sungai porong. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yakni Badan Lingkungan

Daerah (2006), menyatakan kadar merkuri terdeteksi rata-rata 0,009 – 0,012 mg/liter baik di *spillway* (Desa Mindi) dan di kolam Banjar Panji rata-rata 0,02 mg/liter (dekat sumur Banjar Panji 1).

Berdasarkan Harahap (1991), logam berat merkuri mudah larut dan mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan partikel pada perairan, kemudian mengendap membentuk lumpur. Penyebab logam berat merkuri tidak terdeteksi di permukaan perairan karena merkuri memiliki sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan. Logam berat merkuri yang bersatu dengan sedimen menyebabkan kadar logam berat di dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan di perairan.

Cadmium (Cd) bersama dengan Hg dan Pb merupakan logam yang hingga kini belum jelas peranannya bagi tumbuhan dan makhluk hidup lainnya. Tetapi di dalam suatu perairan Cadmium terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit (renik) dan bersifat tidak larut dalam perairan. Cadmium (Cd) selain bersifat esensial juga toksik terhadap organisme yang hidup di air. Oleh karena sifat tersebut, dalam berbagai penelitian logam berat, logam berat Merkuri dan Cadmium tersebut selalu mendapat prioritas untuk dianalisis dan dievaluasi. Cadmium adalah logam toksik yang umumnya ditemukan dalam pekerjaan-pekerjaan industri, logam Cadmium digunakan secara intensif dalam proses electroplating (Pagoray dalam Surtipanti, 2002).

Nilai rata-rata Cadmium pada stasiun ke- 1 yaitu 0,001 mg/liter. Sedangkan pada stasiun lainnya berkisar antara 0,025 –

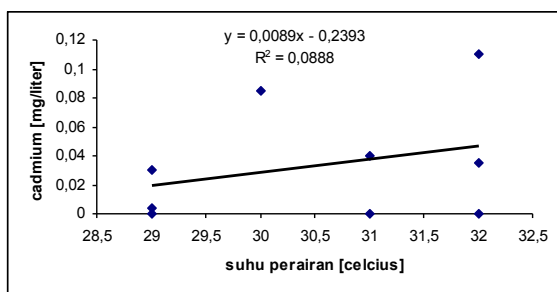
0,075 mg/liter. Nilai rata – rata konsentrasi logam berat Cadmium pada pengambilan stasiun yang berbeda adalah berbeda nyata ($p < 0.05$).

Kandungan parameter Cadmium lebih tinggi pada lokasi ke-3, karena lokasi ini dekat dengan area penambangan pasir dan kondisi tepi laut sudah dibentuk lahan baru berupa daratan sehingga banyak endapan sedimen yang terkandung di perairan ini. Karena kandungan Cadmium memiliki sifat mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Disamping itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan masa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 standar baku nilai logam berat Cadmium untuk perikanan adalah 0,01 mg/liter. Kriteria baku mutu logam berat Cadmium untuk biota laut menurut Menteri Lingkungan Hidup (2004) adalah 0,001 mg/liter. Kandungan parameter Cadmium di lokasi ke- 2 dan ke- 3 di muara sungai porong nilainya melebihi standar baku, sehingga kondisi perairan ini tidak sesuai untuk kegiatan perikanan dan habitat biota laut.

Analisis regresi linier dilakukan untuk mengetahui pengaruh antara parameter suhu terhadap konsentrasi logam berat Cadmium. Hasil diagram pencar (*scatter plot*) untuk analisa regresi linier Cadmium dengan suhu disajikan pada Gambar 2. Berdasarkan hasil analisa regresi linier, didapat model dugaan konsentrasi Cadmium (mg/liter) = - 0,239 + 0,009* suhu perairan ($^{\circ}\text{C}$). Nilai koefisien

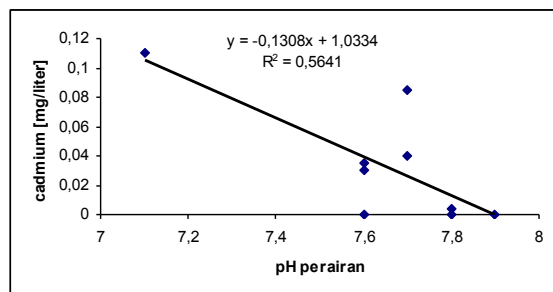
determinasi (R^2) dari hubungan parameter Cadmium dan suhu adalah 8,9 %. Berdasarkan uji- F untuk model dugaan, bahwa model dugaan didapatkan tidak bisa menjelaskan hubungan antara parameter suhu dan logam berat Cadmium ($\text{sig} > 0,05$). Hasil RLS untuk parameter Cd dan suhu menunjukkan tren yang meningkat (Gambar 2). Berdasarkan Palar (2004), kenaikan suhu air akan mengurangi adsorpsi senyawa logam berat pada partikulat. Suhu air yang lebih dingin akan meningkatkan adsorpsi logam berat ke partikulat untuk mengendap di dasar. Sementara saat suhu air naik, senyawa logam berat akan melarut di air karena penurunan laju adsorpsi ke dalam partikulat. Logam yang memiliki kelarutan yang kecil akan ditemukan di permukaan air selanjutnya dengan perpindahan dan waktu tertentu akan mengendap hingga ke dasar, artinya logam tersebut hanya akan berada di dekat permukaan air dalam waktu yang sesaat saja untuk kemudian mengendap lagi. Hal ini ditentukan antara lain oleh massa jenis air, viskositas (kekentalan) air, temperatur air, arus serta faktor-faktor lainnya. Namun, hasil uji F untuk regresi menunjukkan bahwa suhu tidak berpengaruh terhadap konsentrasi Cd.



Gambar 2. Regresi Konsentrasi Cadmium (Cd) dan Suhu Perairan

Berdasarkan Palar (2004), kenaikan pH dapat melarutkan kandungan logam berat dalam perairan. Hasil diagram pencar (*scatter plot*) untuk analisa regresi linier Cadmium dengan pH disajikan pada Gambar 3. Menurut hasil analisa regresi linier, didapat model dugaan konsentrasi Cadmium (mg/liter) = $1,033 + (- 0,131) * \text{pH}$ perairan. Nilai koefisien determinasi (R^2) dari hubungan parameter Cadmium dan pH adalah 56,4 %. Berdasarkan uji- F untuk model dugaan didapatkan hasil bahwa model dugaan dapat menjelaskan hubungan antara parameter pH dan logam berat Cadmium ($\text{sig} < 0,05$).

Dari hasil RLS dan *scatter plot*, di dapatkan tren negatif. Artinya, konsentrasi Cd akan turun seiring dengan naiknya pH perairan. Hal ini sesuai dengan Palar (2004), yang menjelaskan bahwa dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar, 2004).

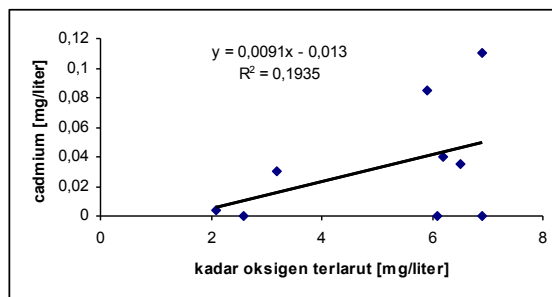


Gambar 3. Regresi Konsentrasi Cadmium (Cd) dan

pH perairan

Logam berat seperti Zn,Cu, Cd, Pb, Hg dan Ag akan sulit terlarut dalam kondisi perairan yang anoksik dan kandungan oksigen yang rendah (Ramlal, 1987). Hasil diagram pencar (*scatter plot*) untuk analisa regresi linier Cadmium dengan kadar oksigen terlarut disajikan pada Gambar 4. Berdasarkan hasil analisa regresi linier, didapat model dugaan konsentrasi Cadmium (mg/liter) = - 0,013 + 0,009* oksigen terlarut perairan (mg/liter). Nilai koefisien determinasi (R^2) dari hubungan parameter Cadmium dan suhu adalah 19,3 %. Berdasarkan uji- F untuk regresi linier model dugaan yang didapatkan tidak bisa menjelaskan hubungan antara parameter oksigen terlarut dan logam berat Cadmium ($\text{sig} > 0,05$).

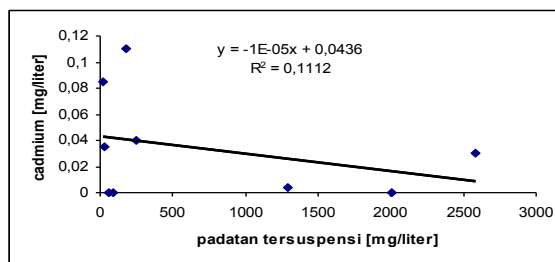
Daya larut logam berat dapat menjadi lebih tinggi atau lebih rendah tergantung pada kondisi lingkungan perairan. Hasil regresi menunjukkan bahwa kandungan Cd tinggi seiring dengan meningkatkan kandungan oksigen terlarut. Hal ini sesuai dengan Ramlal (1987), pada daerah yang kekurangan oksigen, misalnya akibat kontaminasi bahan-bahan organik, daya larut logam berat akan menjadi lebih rendah dan mudah mengendap. Logam berat Cadmium akan sulit terlarut dalam kondisi perairan yang anoksik. Logam berat yang terlarut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen, dan penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen (Wilson, 1988).



Gambar 4. Regresi Cadmium dan DO

Logam berat yang diadsorpsi oleh partikel tersuspensi akan menuju dasar perairan, menyebabkan kandungan logam di air menjadi lebih rendah. Hasil diagram pencar (*scatter plot*) untuk analisa regresi linier Cadmium dengan padatan tersuspensi disajikan pada Gambar 5.

Berdasarkan hasil analisa regresi linier, didapat model dugaan yang dapat menjelaskan keadaan hubungan antara X dan Y dengan konsentrasi Cadmium (mg/liter) = 0,044 + 0,000* padatan tersuspensi perairan (mg/liter). Nilai koefisien determinasi (R^2) dari hubungan parameter Cadmium dan suhu adalah 11,1 %. Berdasarkan uji- F untuk regresi linier model dugaan yang didapatkan tidak bisa menjelaskan hubungan antara parameter padatan tersuspensi dan logam berat Cadmium ($\text{sig} > 0,05$).



Gambar 5. Regresi Cadmium dan TSS

Hasil analisa menunjukkan bahwa konsentrasi Cd akan menurun seiring dengan naiknya TSS. Hal ini terjadi karena padatan tersuspensi mengikat Cd dalam kolom perairan. Pengikatan menjadikan Cd yang terlarut dalam perairan mengendap di dasar perairan. Sehingga kadar Cd di kolom perairan menjadi lebih rendah. Menurut Bernhard (1981) konsentrasi logam berat tertinggi terdapat dalam sedimen yang berupa lumpur, tanah liat, pasir berlumpur dan campuran dari ketiganya dibandingkan dengan yang berupa pasir murni. Hal ini sebagai akibat dari adanya gaya tarik elektro kimia partikel sedimen dengan partikel mineral, pengikatan oleh partikel organik dan pengikatan oleh sekresi lendir organisme.

KESIMPULAN

Dari penelitian di peroleh hasil kandungan logam berat merkuri di lokasi penelitian tidak terdeteksi. Tetapi kandungan logam berat cadmium terdeteksi rata-rata 0,025 – 0,075 mg/liter, yang melebihi standar baku mutu lingkungan untuk biota dan kegiatan perikanan yakni 0,01 mg/liter. Hasil uji one way ANOVA kandungan cadmium berdasarkan lokasi yang berbeda adalah berbeda nyata ($\alpha < 0,05$). Dari hasil korelasi kandungan logam berat cadmium dipengaruhi oleh parameter pH dan TSS, berdasarkan hasil tren yang menunjukkan kenaikan TSS dan pH akan menurunkan kelarutan logam berat cadmium.

Saran

- Ulangan diperbanyak untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih baik dan untuk mendapatkan model regresi yang lebih valid.
- Perlu dilakukan kajian konsentrasi logam berat di dalam sedimen untuk memastikan hasil pengukuran yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arinardi, Trimaningsih dan Sudirjo. 1994. Pengantar Tentang Plankton Predominan Disekitar Pulau Jawa dan Bali. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, LIPI. Jakarta.
- , H.O., Sutomo. B.A., Yusuf. A.S., Trimaningsing, Asnaryanti. E dan Riyono, H.S. 1997. Kisaran Kelimpahan dan Komposisi Plankton Predominan di Perairan Kawasan Timur Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, LIPI. Jakarta.
- Arisandi Prigi, 2007. Bencana baru di Muara Sungai porong. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah – ECOTON. Gresik ([http://journal Dampak Buangan Lumpur Lapindo.ac.id](http://journal.Dampak.Buangan.Lumpur.Lapindo.ac.id). diakses 17 September 2006 10:14:18).
- Badan Lingkungan Hidup Daerah. 2007. Dampak Buangan Lumpur Sidoarjo. ([http://journal Dampak Buangan Lumpur Lapindo.ac.id](http://journal.Dampak.Buangan.Lumpur.Lapindo.ac.id). diakses 18 Maret 2008 13:35)

- Bengen, 2000. Tata ruang pengelolaan wilayah pesisir. Jakarta.
- Boyd, C.E. 1982. Water Quality In Management For Ponds Fish Culture. Elseviers Scientific Publishing Company. New York. 395 p.
- Bryan, M. 1976. "Heavy-metals mercury in the sea". *Toxicol* 97:899.
- Caton & wilkinson. Kimia anorganik Toksikologi Logam dasar. Jakarta: erlangga.
- Clark, 1986. Water Quality. Gramedia. Jakarta.
- Cooper, R.J., D. Langlois and J. Olley (1982) "Heavy-Metals in Tasmanian Shellfish Monitoring Heavy Metal Contaminations in the Derwent Estuary: Use of Oyster and Mussels. *J. App. Toxicol.* 99- 109.
- Dahuri, 1998. Metode dan teknik analisis biota air, dalam Materi kursus penyusun Amdal (27 Oktober – 1 Desember 1997). Pusat penelitian Lingkungan Hidup, Lembaga Penelitian IPB..
- Darmono (1996) Kandungan Logam bera Pb, Cd di sekitar Pabrik semen di Kabupaten Bogor. *Balitvet, Bogor*, hlm. 391-395.
- Darmono (1999) Logam dalam Sistem Biologi Mahkluk Hidup. Jakarta: UI-Press.
- Davis dan Cornwell, 1991. Field and experimental studies of cadmium. *Marine Boil.* 63:291-297
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air (Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan). Kanisius. Yogyakarta.
- Fahey, V.A. (1987) Heavy Metal Toxicity with Reference to Industrial Development. Dalam: Proc. No. 103. Venerinary Clinitary Toxicology. Univ. Sydney.
- Gesamp, C. D. 1986. "Heavy Metal Contaminations in the Derwent Estuary". *J. App. Toxicol.* 109.
- Gonzalez, E, 1987. Heavy Metal Toxicity with to Industrial. Venerinary Clinitary Toxicology. Univ. Sydney.
- Harada, 1987. Water Quality In Management For Fish Culture. New York. 395 p.
- Harahap, 1991. Toxicity of marine organism caused by polutan. Dalam : Marine pollution and sea life. FAO. Fishing News Book Ltd, Surrey England. 584-594.
- Haryono, 1998. The marine aquatic research experience. ITS-Lab.Lingkungan.
- Hidayah, Z. 2009. Modul Praktikum Statistik ANOVA, Regresi.

Lab.IKL. UNIJOYO.

- Hutabarat, S dan Evan, M.S. 1985. Pengantar Oseanografi. Universitas Indonesia. Jakarta. 145, 135 – 137 Hal.
- Hutagalung, Hughes, Adeney, 1984. Failure of inorganic lead exposure. *Toxicol.* 31:211-214.
- Hutagalung, Hughes, Adeney, 1991. Carbonmonoxide in the earth atmosphere. An Avi book.
- Hutagalung, Adeney, 1997. Cadmium in Eurepon Community., New York.
- Indraningsih, 2007. Dampak Lumpur di Muara Sungai porong. BAPEDAL. Sidoarjo. ([http://journal Dampak Buangan Lumpur Lapindo.ac.id](http://journal.Dampak.Buangan.Lumpur.Lapindo.ac.id). diakses 18 Desember 2008 14:20:18).
- Koller, L. D. 1980. Heavy Metal Toxicity with to Agriculture. *Toxicol.* 109.
- Kordi, Tancung, 2007. Thermal aquatic life. *Marine book* 34:345-346.
- Mahida, N.U. 1986. Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri. C.V Rajawali. Jakarta.
- Mahson, 1993. Kandungan Oksigen di Perairan Cilacap (Segara Anakan) dan Sekitarnya. P3O LIPI. Jakarta.
- MenKLH, 1990. Kriteria baku mutu biota. Jakarta
- MenKLH, 2004. Kriteria baku mutu biota dan perikanan dalam perairan. Jakarta
- Moore, 1991. Elements of Marine Ecology An Introduction Course. Butter Worths. London
- Nanty, D. 1999. Diktat Pengantar mata Kuliah pencemaran perairan. Fakultas Perikanan Brawijaya. Malang
- Natsir, M. 1985. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Nontji, A. 2002. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta. 79 – 129 Hal.
- Nybakken, 1992; 1999. Biologi Laut. Jakarta.
- Odum, 1971. Water Quality. Gramedia. Jakarta.
- Oxford. 2005. Kamus Kimia Lengkap. Jakarta : Erlangga.
- Pacyna, 1987. Atmhosphere emissions of cadmium and mercury from haigh temperature in power generation and industry. Dalam : lead, mercury and arsenic in environment. John Willey Ltd. Hlm.69-88.
- Palar, 2004. Univercity Chemistry. Bakti Ilmu. Yogyakarta.
- Parada, R. S. 1987. Water Quality In Management For Fish Culture.

- New York. 305 p.
- Praseno, D.P dan Sugestiningsih. 2000. Retaid Di Perairan Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, LIPI. Jakarta. 2 – 34 Hal.
- Pudjaatmaka. 1992. Kimia Anorganik University. Gramedia. Jakarta.
- Razak, 1980. Pencemaran Limbah. Jakarta.
- Rochyatun, 1997. Diktat Pengantar mata Kuliah toksikologi logam berat. Fakultas Perikanan Brawijaya. Malang
- Romimohtarto dan Juwana. 1999. Biologi Laut. Ilmu Pengetahuan Tentang Biologi laut. Djembatan. Jakarta
- Santoso,S. 2001. Buku latihan SPSS Statistik Parametrik. PT Elex Media Komputindo. Jakarta
- Santoso, E,B. 2006. Setatus Pemanfaatan Sumber Daya Rajungan (Portunus Pelagicus) Dengan Metode Analitik di Perairan Laut Jawa Kabupaten bangkalan Serta Alternatif Pengelolaanya. PS Ilmu Kelautan Fakultas Pertanian UNIJYO.
- Sastrosupadi, DR. 2003. Penggunaan Regresi, Korelasi koefisien lintas dan Analisis Lintas Untuk Penelitian Bidang Pertanian. Bayu Media Publising. Malang.
- Sastrawijaya, 1991. Jurnal Lingkungan Hidup dan Kualitas Lingkungan. LIPI.