

Studi Kandungan Logam Berat Pb Di Saluran Kenjeran Dan Kerang Di Muara Saluran

Rijalinoor¹

Abstract - Kenjeran river is one of the rivers with have estuary to the kenjeran beach which have length a bout 4 km. this river was estimate that has contaminate by high heavy metal like (Pb). It's can effected the contents of heavy metal in the estuary cockle. The research goals is to analysis is there any differentiate the content of heavy metal in the river, analysis the content of heavy metal in the cockle, the water's quality and the sediment.

From the research result showed there is differentiate between the content of heavy metal in the upper course to the estuary. In the upper course, the cockle and the sediment are contaminate by Pb. There are positive interaction between the contents of Pb in the estuary. The relationship between the content of heavy metal (Pb) in the cockle, the water quality, the sediment and time in the estuary implied as the equation : $Y=1,72-0,24X_1+0,0206X_2 - 1,23 D_1 - 0,289D_2$. The goal of management strategy is to increase the environmental quality and to control the pollution with applying the planning concept, management program and monitoring.

Keywords - Kenjeran river, heavy metal (Pb), cockle, management strategy

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kualitas yang baik dari perairan merupakan syarat utama bagi terciptanya suatu lingkungan yang sehat. Air sungai mempunyai beraneka ragam fungsi bagi kelangsungan hidup manusia, namun di lain pihak, pada saat yang sama, air sungai pada kenyataannya juga menjadi tempat pembuangan limbah, baik itu dari industri ataupun rumah tangga.

Berbagai limbah domestik maupun non domestik merupakan sumber pencemar yang secara kumulatif dapat mempengaruhi kualitas lingkungan. Perubahan kualitas lingkungan yang dibiarkan tidak terkendali, pada gilirannya akan membuat tingkat kesehatan lingkungan menurun. Sebagian besar limbah cair industri yang dibuang ke sungai mengandung logam berat, minyak dan padatan. Untuk mengetahui sejauh mana terjadinya pencemaran air limbah industri terhadap badan air di suatu wilayah, perlu dilakukan pemantauan dan pemeriksaan kuantitas

dan kualitas air, baik itu terhadap badan air maupun terhadap efluen air buangan yang dikeluarkan industri. Sungai-sungai di Surabaya adalah salah satu sumber daya alam yang tentunya harus dijaga kualitas airnya sesuai peruntukannya. Tapi, diduga telah terjadi pencemaran di sungai-sungai tersebut akibat aktivitas manusia dari buangan pabrik ataupun dari kegiatan lainnya. Sungai telah banyak beralih fungsi, dimana sungai yang memiliki potensi sebagai sumber air minum atau sarana transportasi kini telah menjadi salah satu sarana untuk pembuangan limbah. Dari hasil penelitian rutin *BTKL Surabaya, 1999* ditenggarai sungai ini telah tercemar beberapa logam berat yang berbahaya seperti timbal (Pb), tembaga (Cu), air raksa (Hg), kadmium (Cd), dan krom (Cr). Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa kadar logam berat telah melampaui batas yang diizinkan. Berdasarkan hasil penelitian rutin BTKL tersebut maka kandungan logam berat Pb pada sungai dan saluran di Surabaya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

¹ Staff pengajar Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin

Tabel 1. Kandungan logam berat Pb di sungai dan saluran Surabaya

Lokasi	Kadar Pb pada air (ppm)	Kadar Pb pada lumpur (mg/kg)
Kali Wonokromo	0.0337	11.601
Kali Mas	0.0305	22.635
Saluran Pegirian	0.0731	52.810
Saluran Wonosari	0.0958	41.137
Saluran Medokan	0.0409	127.352
Saluran Keputih	0.0148	25.423
Saluran Ngagel	0.0316	51.738
Saluran Kali Dami	0.0126	75.118
Saluran Jeblokan	0.0573	41.448
Saluran Pacar Keling	0.1317	45.008
Saluran Kenjeran	0.0534	48.676
Saluran Sukolilo	0.0390	17.093

Sumber : BTKL Surabaya

Berdasarkan SK Walikotamadya KDH Tk.II Surabaya No. 210 tahun 1989, tentang Peruntukan Air Badan Air Sungai di Kodya Surabaya, dapat diambil kesimpulan bahwa Kali Mas dan saluran-saluran lain di Surabaya termasuk ke dalam golongan C. Sedangkan dalam SK Gubernur Jawa Timur No. 413 tahun 1987 tentang Pengendalian Pencemaran Air, kualitas air golongan C kadar maksimum untuk Pb adalah 0.03 ppm. Dari tabel di atas maka kandungan rata-rata Pb dalam air untuk saluran-saluran di Surabaya adalah sebesar 0.0512 ppm. Hal ini berarti telah melampaui batas baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan.

Pb adalah termasuk logam berat berbahaya, karena memiliki toksisitas yang tinggi. Logam ini sangat berbahaya bila ditemukan dalam konsentrasi tinggi dalam lingkungan, baik itu air tanah maupun udara. Hal ini disebabkan logam tersebut mempunyai sifat merusak jaringan tubuh makhluk hidup. Berbagai penelitian terdahulu mengenai konsentrasi logam berat Pb telah dilakukan, seperti penelitian logam berat Pb di daerah Pantai Timur, yang mengindikasikan bahwa sedimen di daerah Pantai Timur mengandung logam berat Pb (Azizah, 1999).

Udara di perkotaan diindikasikan juga telah meningkat konsentrasi Pbnya. Emisi Pb terbesar dalam bentuk gas berasal dari buangan gas kendaraan bermotor. Emisi tersebut merupakan hasil samping dari pembakaran yang terjadi pada kendaraan-kendaraan bermotor. Sumber-sumber lain yang menyebabkan Pb masuk ke udara, antara lain dari pembakaran batu bara, asap dari pabrik alkil, pembakaran arang dan sebagainya. Dari hasil penelitian, semua air hujan mengandung Pb karena di udara telah terpolusi dari penggunaan bensin yang mengandung Pb (Darmono, 1995).

Saluran Kenjeran memiliki panjang sekitar 4,0 km, yang menyusuri jalan raya Kenjeran dan bermuara di

Pantai Kenjeran. Lebar sungai sekitar 3 – 4 m dengan kedalaman jika musim hujan akan mencapai sekitar 1,5 m. Kandungan logam berat Pb yang tinggi dari hulu sampai muara saluran Kenjeran kemungkinan besar akan berpengaruh terhadap kandungan logam pada kerang di muara saluran Kenjeran. Dari beberapa penelitian sebelumnya, terlihat konsentrasi Pb di sedimen lebih besar daripada konsentrasi di air. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya-upaya untuk mengurangi kadar logam berat Pb di saluran Kenjeran dengan menerapkan strategi pengelolaan di saluran tersebut.

Di daerah pesisir pantai Kenjeran banyak terdapat populasi kerang dan ikan yang sering dikonsumsi penduduk daerah sekitarnya. Dari hasil penelitian Wijoyo, Suparto. (1999), menyatakan bahwa tingkat pencemaran logam berat Pb pada sedimen di pesisir Pantai Kenjeran, akan berdampak pula pada tingginya konsentrasi Pb pada kerang. Jika dugaan ini benar maka kerang ini berbahaya untuk dikonsumsi oleh masyarakat di sekitar pesisir, karena kemungkinan sudah terkontaminasi logam berat Pb.

Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada :

1. Lokasi penelitian adalah pada saluran Kenjeran dan muara saluran Kenjeran
2. Logam berat yang diteliti adalah timbal (Pb)
3. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Pebruari sampai April tahun 2002

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan kandungan logam berat Pb pada air dan sedimen
2. Untuk mengetahui apakah kerang di muara juga mengandung Pb, beserta kualitas air dan sedimennya
3. Menentukan strategi pengelolaan kualitas saluran Kenjeran dan muara saluran.

KAJIAN TEORITIS

Pencemaran air

Menurut Peraturan Pemerintah No. 20 tahun 1990, tentang Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air dan atau berubahnya tatanan (komposisi) air oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air menjadi kurang atau tidak dapat

berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Pengendalian pencemaran air selain membutuhkan kesadaran dari pelaku industri tentang arti pentingnya lingkungan, yang membutuhkan tiga faktor penunjang sebagai suatu kegiatan terpadu yang menyeluruh, yaitu perencanaan, pengawasan dan teknologi terapan dalam kegiatan produksinya.

Pencemaran air sungai secara umum dapat disebabkan dua faktor, yaitu :

- Faktor internal dari alam, hal ini disebabkan adanya variasi dalam siklus hidrologi, sehingga suatu daerah yang berdekatan mungkin saja mempunyai karakteristik yang berbeda. Karakteristik hidrologi suatu daerah sangat dipengaruhi oleh faktor geologi, geografis, iklim, pengaruh angin, temperatur dan sinar matahari.
- Faktor eksternal yang berasal dari aktivitas manusia, yaitu aktivitas domestik dan industri.

Pengendalian pencemaran air merupakan upaya pencegahan pencemaran dari sumber pencemaran, penanggulangan dan atau pemulihan mutu air pada sumber-sumber air, dimana dilaksanakan untuk menjaga agar mutu air pada sumber-sumber air tersebut tetap terkendali sesuai peruntukannya (Perda Jatim No.5 tahun 2000). Sumber pencemar logam berat dalam suatu perairan umumnya disebabkan oleh industri-industri tertentu yang secara teknis pengelolaan limbah industrinya sulit dibandingkan limbah rumah tangga karena limbah industri sangat luas ragamnya dan fluktuasinya cukup tinggi.

Beban pencemaran yang dibuang oleh suatu industri tergantung pada bahan baku atau bahan kimia yang digunakan, kapasitas dan proses produksinya. Pengendalian pencemaran air selain membutuhkan kesadaran dari pelaku industri akan arti pentingnya lingkungan dimana dibutuhkan faktor-faktor penunjang sebagai suatu kegiatan terpadu yang menyeluruh yaitu perencanaan, pengawasan dan teknologi terapan.

Karakteristik daerah studi

Kota Surabaya adalah merupakan ibukota propinsi Jawa Timur yang secara geografis dibatasi oleh dua buah kabupaten, yaitu kabupaten Gresik dan Sidoarjo. Pada bagian sebelah utara dan timur dibatasi oleh selat Madura. Kota Surabaya memiliki luas wilayah sebesar 326,37 km². Dari luas wilayah tersebut, sebesar 49,1 % adalah merupakan kawasan terbangun dengan jumlah penduduk yang terdata sebanyak 2.473.272 jiwa (BPS, 2000). Dalam kegiatan penataan kota, Surabaya saat ini telah menerapkan kebijakan penataan ruang dengan adanya kawasan industri dan kawasan perumahan

serta kawasan perdagangan. Topografi kota Surabaya terletak pada daerah dataran rendah dengan ketinggian antara 0 – 5 meter di atas permukaan air laut. dengan kemiringan sangat landai (Bappeda, 2000). Kondisi hidrologi kota Surabaya, seperti daerah lainnya di Indonesia terletak di sebelah selatan katulistiwa, iklim dipengaruhi oleh muson dan terbagi menjadi dua musim yaitu musim kemarau yang terjadi pada bulan Mei sampai Oktober, dan musim hujan yang terjadi antara bulan Nopember sampai April. Curah hujan maksimum biasanya terjadi pada bulan Januari-Maret dan curah hujan minimum akan terjadi pada bulan Agustus.

Pola aliran air permukaan berasal dari air hujan maupun air limbah yang mengalir ke sungai, melalui drainase maupun yang langsung di atas permukaan air tanah. Kali Mas merupakan hulu dari saluran-saluran yang masuk ke pantai timur Surabaya, dimana wilayah Surabaya Timur memiliki 18 buah saluran drainase.

Karakteristik saluran Kenjeran

Saluran Kenjeran mempunyai panjang aliran sekitar 4 km dengan lebar sekitar 3 - 4,5 meter dan kedalaman antara 1,5 – 2 meter waktu pasang. Saluran ini melintas di wilayah Kecamatan Tambaksari. Jumlah industri lebih dari 155 termasuk industri besar, sedang, kecil, industri rumah tangga. Sedangkan wilayah. Tinggi air pada saluran saat kondisi pasang rata-rata adalah 23 cm dari tinggi air normal.

Saluran Kenjeran merupakan saluran drainase kota yang mengalirkan air baik pada musim penghujan maupun musim kemarau, dan saluran ini juga berfungsi sebagai sarana untuk terjadinya resapan air permukaan. Dari gambaran wilayah tersebut diatas maka aktivitas yang banyak dilakukan adalah kegiatan industri, dimana seluruh kegiatan akan membuang air limbahnya ke saluran-saluran umum yang akhirnya bermuara di pantai Timur Surabaya. Saluran Kenjeran termasuk golongan C yang peruntukannya digunakan pada kegiatan perikanan dan peternakan sesuai SK Walikotaamadya KDH Tk II Surabaya No. 210 tahun 1989.

Daerah pesisir pantai Kenjeran berpotensi terkontaminasi logam berat Pb akibat buangan industri. Aliran air dari saluran Kenjeran ikut memberikan sumbangan kandungan logam berat Pb di muara saluran ini. Saluran Kenjeran terdapat di sepanjang jalan raya Kenjeran, dimana banyak industri berada di kawasan ini, sehingga hasil buangan berpotensi mencemari lingkungan.

Logam Berat Pb

Banyak logam berat baik yang bersifat toksik maupun esensial terlarut dalam air dan mencemari air tawar maupun air laut. Sumber pencemar ini banyak yang berasal dari tam-bang, peleburan logam dan jenis industri lain.

Timah hitam atau timbal yang nama kimianya plumbum, mempunyai sifat kimia sebagai berikut :

Nomor atom	: 82
Berat atom	: 207,2
Berat jenis	: 11370 kg/m ³
Titik cair	: 327,4 0C
Titik didih	: 1620 0C

Timbal merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah menjadi berbagai bentuk. Penggunaan timbal paling besar adalah pada produksi baterai dan pabrik aki, selain itu juga untuk pelapis kabel, pipa, solder dan pewarna seperti cat. Bahaya yang bisa ditimbulkan oleh penggunaan Pb ini adalah sering menyebabkan keracunan. Penggunaan Pb paling besar adalah untuk bahan produksi baterai dan kendaraan bermotor.

Umumnya jalur buangan dari bahan sisa perindustrian yang menggunakan Pb akan merusak tata lingkungan perairan yang dimasukinya. Logam berat Pb mempunyai sifat-sifat khusus, antara lain :

- Merupakan jenis logam yang lunak
- Mempunyai titik lebur yang rendah
- Tahan terhadap karat
- Mempunyai kerapatan yang besar
- Merupakan penghantar listrik yang baik

Tingkat konsentrasi logam berat dalam air dibedakan menurut tingkat pencemarannya, yaitu polusi berat, polusi sedang dan non polusi. Suatu perairan dengan tingkat polusi berat biasanya memiliki kandungan logam berat dalam air dan organisme yang hidup di dalamnya cukup tinggi. Adapun kandungan beberapa logam berat dalam air laut dan air tawar pada kondisi alamiah (Darmono, 1995) adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Kandungan logam berat dalam air pada kondisi alamiah

Logam berat	Air laut (µg/l)	Air tawar (µg/l)
As	0,30	0,05
Cd	0,11	0,30
Pb	0,03	0,30
Hg	0,15	0,10

Air secara alamiah sedikit mengandung logam, walaupun kandungan logam tersebut secara alamiah akan menjadi lebih tinggi di dalam air sungai terutama ke arah muara, sebagai akibat erosi daratan (Darmono, 1995). Oleh karena itu organisme air akan menyesuaikan kondisi dalam lingkungan

tersebut. Mekanisme dari penyesuaian adalah kemampuan untuk melindungi diri dari pengaruh buruk pencemaran. Logam-logam berat yang terlarut di badan air pada suatu konsentrasi tertentu akan berubah fungsi menjadi racun yang akan memberi pengaruh bagi biota yang melannya.. Meskipun daya racun yang ditimbulkan oleh satu jenis logam berat terhadap biota perairan tidak sama, tapi kehancuran dari satu kelompok dapat menjadikan terputusnya satu mata rantai kehidupan. Pada tingkat selanjutnya bisa menjadikan kehancuran pada tatanan ekosistem. Beberapa faktor yang mem-pengaruhi daya racun dari logam-logam yang terlarut dalam badan perairan:

- Bentuk logam dalam air
- Keberadaan logam lain
- Fisiologis dari biota

Dampak pencemaran logam berat Pb pada manusia

Pada jaringan tubuh, Pb akan terakumulasi pada tulang. Daya racun Pb di dalam tubuh diantaranya disebabkan penghambatan pembentuk enzim oleh ion-ion Pb²⁺. Enzim yang dihambat adalah yang diperlukan untuk pembentukan hemoglobin.

Timbal masuk ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan dan pernapasan. Setiap individu manusia mempunyai ketahanan tubuh sendiri-sendiri. Manusia yang mengalami keracunan Pb karena mengkonsumsi makanan yang mengandung logam ini sekitar 0,2 – 2,0 mg Pb/hari.

Keracunan timbal pada awalnya tidak memberikan tanda-tanda atau gejala yang spesifik. Gejala yang timbul biasanya adalah rasa lelah, gangguan tidur, kejang otot, sakit pada tulang dan nafsu makan menurun dan kulit tubuh pucat. Semua gejala ini dapat hilang dan sembuh sempurna. Tapi pada kasus keracunan lebih lanjut akan mengganggu saluran pencernaan, warna kulit memerah, kehilangan berat badan dan otot menjadi lemah. Efek negatif lain adalah gangguan fungsi ginjal dan fungsi syaraf, serta mempengaruhi bentuk dan ketahanan sel-sel darah merah.

Kerang

Kerang, ialah hewan bentos yang mampu bertahan hidup pada tempat berlumpur di perairan estuari dekat muara sungai, dan mempunyai mobilitas yang rendah. Kerang termasuk ke dalam phylum Mollusca dengan kelas Bivalvia (Dharma, 1998).

Mollusca dikenal juga dengan sebutan binatang lunak, yaitu binatang yang berdaging dan tidak bertulang, ada yang dilindungi cangkang atau rumahnya dan ada pula yang tidak bercangkang.

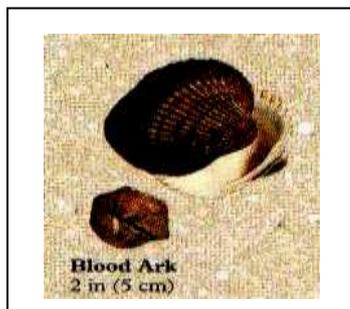
Kerang memiliki dua keping cangkang setangkup yang dihubungkan oleh engsel plastis yang disebut

dengan ligament dan mempunyai satu atau dua buah otot adductor di dalam cangkangnya yang berfungsi untuk membuka dan menutup kedua belahan kerang tersebut. Sebagian besar struktur cangkang terbuat dari calcium carbonat, yaitu kira-kira 89 – 99 %, dan sebagian lainnya terdiri dari 1 – 2 % phospat, bahan organik dan air. Stadium pertumbuhan kerang dapat dilihat di sebelah luar cangkangnya, yaitu dengan adanya lingkaran - lingkaran pertumbuhan.

Identifikasi kerang yang diteliti adalah jenis *Anadara* spp, dengan klasifikasi sebagai berikut :

Kingdom : *Animalia*
 Phylum : *Mollusca*
 Class : *Bivalvia*
 Order : *Taxadonta*
 Super family : *Arcacea*
 Family : *Arcidae*
 Genus : *Anadara*

Jenis kerang yang termasuk ke dalam order *Anadara*, antara lain adalah kerang darah (*Anadara cornea*), ini terlihat pada Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Kerang darah

Berbagai jenis kerang hidup menetap di dasar laut, membenamkan diri dalam pasir atau lumpur, bahkan ada pula yang membenamkan diri dalam kerangka karang-karang batu dan sedimen. Kerang memiliki sifat filter feeder, yaitu melakukan saringan terhadap partikel-partikel untuk mendapatkan makanannya. Insangnya mempunyai rambut getar yang menimbulkan arus mengalir masuk ke dalam mantelnya, sekaligus menyaring plankton makanannya serta memperoleh oksigen untuk respirasinya.

Lingkungan yang mendukung bagi berkembang-biaknya kerang merupakan daerah perairan dengan dasar stabil yang terdiri dari potongan-potongan karang dan bercampur dengan tanah berpasir. Secara alami kerang mampu hidup dan tumbuh baik tergantung dari alat sifon yang dimiliki. Tubuh kerang dilengkapi dua sifon yang berfungsi sebagai penghisap air ber kandungan oksigen dan makanan serta ekskresi. Makin dalam kerang membenamkan diri maka makin panjang alat sifonnya. Salinitas pertumbuhan optimal kerang berkisar antara 28–34‰ dengan ketersediaan plankton yang cukup. Arus air tidak terlalu kuat sehingga kerang mampu

menyerap unsur hara dengan baik. Suhu optimal untuk kehidupan kerang berkisar antara 27⁰ – 30⁰ dan pH optimal antara 7 – 8.

Daya toksisitas logam berat terhadap makhluk hidup sangat bergantung pada spesies, lokasi, umur, dan daya tahan atau detoksifikasi dan kemampuan individu untuk menghindari diri dari pengaruh polusi. Di dalam tubuh hewan, logam diabsorpsi oleh darah, berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Biasanya, kerusakan jaringan oleh logam terdapat pada beberapa lokasi, baik tempat masuknya logam maupun tempat penimbunannya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya toksisitas logam dalam air terhadap makhluk yang hidup di dalamnya. Faktor tersebut antara lain :

- Bentuk ikatan kimia dari logam yang terlarut
- Pengaruh interaksi antara logam dan jenis toksikan lainnya
- Pengaruh lingkungan, seperti pH, suhu, kadar oksigen dan lain-lainnya
- Kemampuan hewan untuk menghindar dari pengaruh polusi
- Kondisi hewan, fase siklus hidup, dan kecukupan kebutuhan nutrisi
- Kemampuan organisme untuk beraklimatisasi terhadap bahan toksik logam

Jenis kerang, baik yang hidup di air tawar maupun di air laut, banyak digunakan sebagai indikator pencemaran logam berat. Hal ini disebabkan karena habitat hidupnya yang bersifat menetap atau sifat bioakumulatifnya terhadap logam berat. Karena kerang banyak dikonsumsi oleh manusia, maka sifat bioakumulatif inilah yang menyebabkan kerang harus diwaspadai jika dikonsumsi terus menerus.

Berdasarkan hasil penelitian Suharno Pikir (1993), sebagian kerang di daerah pantai Timur mengandung logam berat yang melampaui kadar yang ditetapkan. Hal ini dilanjutkan dengan penelitian dari Azizah (1999), yang menyatakan pantai Timur telah tercemar logam berat Pb dan akan mempengaruhi kesehatan lingkungan. Di daerah muara saluran Kenjeran banyak ditemukan jenis kerang dengan order *Anadara* spp, diantaranya adalah kerang darah (*Anadara cornea*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pada air dan sedimen

Pengambilan sampel dilakukan di saluran Kenjeran yang berjarak ± 4 km dan dilakukan sejak bulan Pebruari 2002 sampai dengan April 2002. Setiap bulan dilakukan tiga kali pengambilan dengan interval waktu berdasarkan kondisi pasang.

Untuk pengambilan kerang di lakukan di muara saluran Kenjeran dengan jumlah lokasi adalah lima titik. Pengambilan sampel kerang dilaksanakan secara periodik selama 3 bulan, dari bulan Pebruari 2002 sampai April 2002 bersamaan dengan pengambilan sampel air dan sedimen di saluran.

Saluran Kenjeran terletak di daerah kecamatan Kenjeran. Hulu saluran berada di daerah jalan raya Kenjeran dan bermuara di daerah Pantai Ria Kenjeran. Pemilihan titik lokasi pengambilan sampel air saluran dan endapan didasarkan pada :

- Penyebaran pabrik atau industri yang ada di daerah sekitar saluran
- Pertemuan saluran sekunder yang bermuara ke arah saluran Kenjeran

Hasil pengambilan sampel air dan endapan selama tiga bulan di saluran, ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3. Data pengambilan sampel air dan sedimen pada bulan Pebruari 2002

Lokasi	Parameter	Pebruari 2002		
		satuan ppm		
		9	19	28
	PH *	6.9	6.8	7
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.384	0.240	0.315
0+000	Pb pada air	0.0532	0.0632	0.0582
	Pb pada sedimen	40.542	43.544	37.238
	PH*	6.8	7.1	7
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.665	0.210	0.328
1+400	Pb pada air	0.0554	0.0655	0.0724
	Pb pada sedimen	44.654	47.584	40.833
	PH *	7.1	7	6.9
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.639	0.228	0.295
2+600	Pb pada air	0.0742	0.0852	0.0758
	Pb pada sedimen	58.548	49.335	54.919
	PH *	7	6.9	7.1
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.595	0.417	0.317
3+200	Pb pada air	0.0751	0.132	0.0756
	Pb pada sedimen	62.542	58.654	65.198
	PH *	7.1	7.1	7
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.438	0.339	0.315
4+000	Pb pada air	0.0763	0.154	0.127
	Pb pada sedimen	69.245	64.524	71.342

Dari data pengambilan sampel pada bulan Pebruari 2002, sampel air dan sedimen pada saluran Kenjeran mengandung logam berat Pb. Kandungan logam berat Pb pada air berkisar antara 0.0532 ppm sampai 0.154 ppm. Sedangkan untuk sedimen kandungan logam berat Pbnya cukup besar yaitu antara 37.238 ppm sampai 71,342 ppm. Debit air yang mengalir pada saluran ini kecil. Nilai pH air normal, berkisar antara 6,8 – 7,1. Nilai kandungan logam berat Pb rata-rata lebih tinggi pada pengambilan sampel tanggal 28 Pebruari, karena kondisi saluran saat itu dalam keadaan pasang.

Tabel 4. Data pengambilan sampel air dan sedimen pada bulan Maret 2002

Lokasi	Parameter	Maret 2002		
		Satuan ppm		
		9	19	29
	PH *	7	6.8	6.9
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.762	0.695	0.581
0+000	Pb pada air	0.0427	0.0386	0.0527
	Pb pada sedimen	41.856	46.528	55.146
	PH	6.9	7.1	7
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.512	0.624	0.615
1+400	Pb pada air	0.0576	0.0624	0.0745
	Pb pada sedimen	73.358	49.423	55.616
	PH *	7.1	7.1	6.8
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.614	0.598	0.498
2+600	Pb pada air	0.0579	0.0687	0.0921
	Pb pada sedimen	80.622	65.254	82.392
	PH *	6.9	7.2	7.2
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.591	0.714	0.568
3+200	Pb pada air	0.0594	0.0725	0.0966
	Pb pada sedimen	91.302	69.756	84.414
	PH *	7	7.1	7.1
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.487	0.621	0.511
4+000	Pb pada air	0.0611	0.0814	0.158
	Pb pada sedimen	92.308	82.358	92.761

Tabel 5. Data pengambilan sampel air dan sedimen pada bulan April 2002

Lokasi	Parameter	April 2002		
		Satuan ppm		
		9	19	28
	pH *	7	7.1	6.9
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.582	0.612	0.624
0+000	Pb pada air	0.0521	0.0478	0.0425
	Pb pada sedimen	49.542	53.258	51.547
	pH*	7.1	7	6.9
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.498	0.589	0.615
1+400	Pb pada air	0.0542	0.0497	0.0521
	Pb pada sedimen	54.542	53.548	54.326
	pH *	6.9	7.1	7.1
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.514	0.624	0.585
2+600	Pb pada air	0.0724	0.0654	0.0543
	Pb pada sedimen	57.369	63.247	61.487
	pH *	7	7.1	7.1
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.495	0.587	0.512
3+200	Pb pada air	0.0812	0.0663	0.071
	Pb pada sedimen	70.246	69.568	72.482
	pH *	7	7.1	7
Sta.	Debit (m ³ /det)	0.482	0.511	0.495
4+000	Pb pada air	0.0987	0.128	0.0742
	Pb pada sedimen	75.454	77.586	85.642

Keterangan * : pH tidak bersatuan

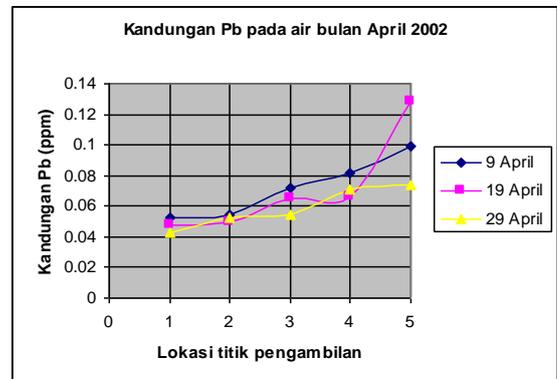
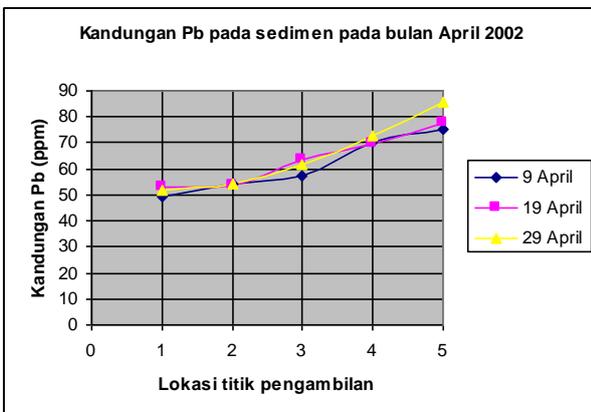
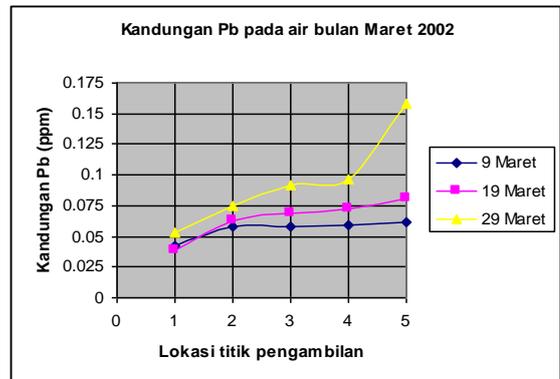
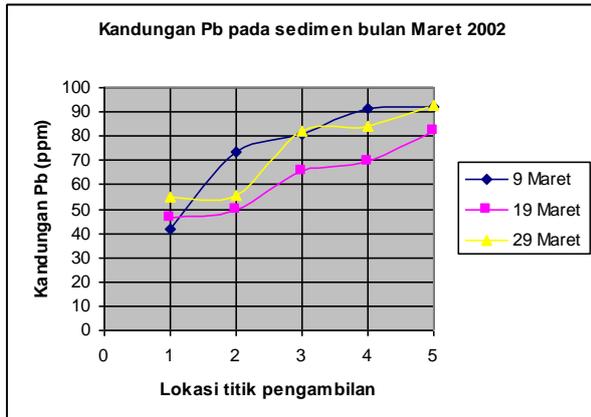
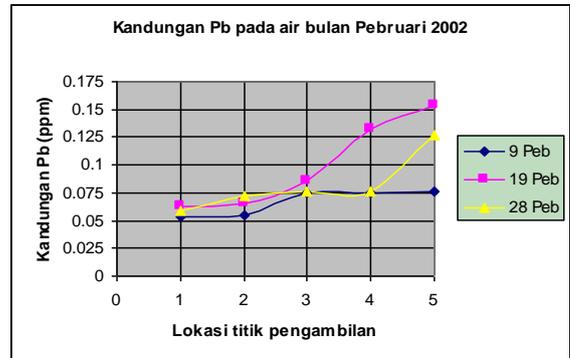
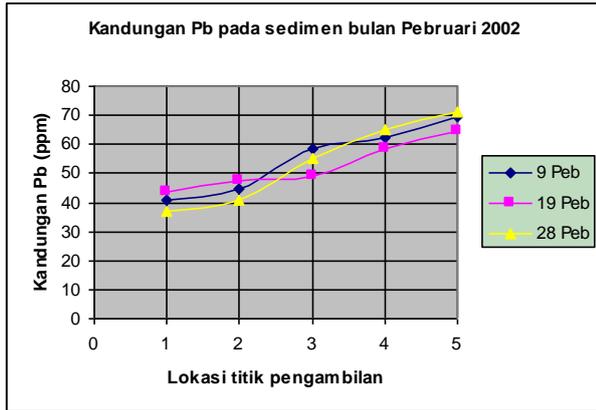
Dari data pengambilan sampel pada bulan Maret 2002, sampel air dan sedimen pada saluran Kenjeran mengandung logam berat Pb. Kandungan logam berat Pb pada air berkisar antara 0,0386 ppm sampai 0,158 ppm. Sedangkan untuk sedimen kandungan logam berat Pbnya cukup besar yaitu antara 41,856 ppm sampai 92,761 ppm. Nilai kandungan logam berat Pb rata-rata lebih tinggi pada pengambilan

sampel tanggal 29 Maret 2002, karena kondisi saluran saat pengambilan sampel dalam keadaan pasang.

Dari data pengambilan sampel pada bulan April 2002, sampel air dan sedimen pada saluran Kenjeran mengandung logam berat Pb. Kandungan logam berat Pb pada air berkisar antara 0,0425 ppm sampai 0,128 ppm. Sedangkan untuk sedimen kandungan logam berat Pbnya cukup besar yaitu antara 49,542 ppm sampai 85,642 ppm. Hasil pengambilan sampel terhadap logam berat Pb di air dan sedimen, dapat terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 berikut

Waktu	2	2165,81	1082,90	29,30	0,000
Lok*Waktu	8	363,01	45,38	1,23	0,317
Error	30	1108,59	36,95		
Total	44	10000,84			

Sedangkan untuk pengambilan sampel air di saluran terlihat pada gambar



Gambar 3. Grafik Kandungan Pb pada air

Gambar 2 Grafik Kandungan Pb pada sedimen
Tabel 6. Hasil analisis varians kadar Pb pada sedimen

Source	DF	SS	MS	F	P
Lokasi	4	6363,44	1590,86	43,05	0,000

Berdasarkan analisis varians maka faktor lokasi dan waktu sangat mempengaruhi kadar Pb dalam sedimen, hal ini bisa dilihat dari nilai Fhitung = 43,05 dan Fhitung = 29,3 dengan nilai P = 0,000, artinya di bawah nilai $\alpha = 5\%$. Dari hasil ini, lima lokasi menunjukkan adanya perbedaan antara lokasi satu dengan lokasi lain. Sedangkan pada faktor waktu, menunjukkan pada bulan Pebruari sampai April memberikan perbedaan respon terhadap sedimen. Nilai respon Pb rata-rata pada sedimen yang tertinggi terjadi waktu bulan Maret sebesar 70,873 ppm. Berdasarkan kondisi lokasi, maka nilai

rata-rata kadar Pb pada sedimen yang tertinggi terjadi di lokasi muara dengan nilai 79,024 ppm Hasil analisis data terlihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil analisis varians kadar Pb pada air

Source	DF	SS	MS	F	P
Lokasi	4	0,016809	0,004202	8,93	0,000
Waktu	2	0,001925	0,000962	2,05	0,147
Lok*waktu	8	0,000523	0,000065	0,14	0,997
Error	30	0,014112	0,000470		
Total	44	0,033370			

Berdasarkan analisis varians maka faktor lokasi sangat mempengaruhi kadar Pb pada air, hal ini bisa dilihat dari nilai Fhitung = 8,93 dengan nilai P = 0,000, artinya dibawah nilai $\alpha = 5\%$. Sedangkan faktor waktu tidak berpengaruh karena nilai Fhitung yang kecil yaitu 2,05 dan nilai P = 0,147, artinya di atas nilai $\alpha = 5\%$ sehingga faktor waktu tidak signifikan. Dari hasil ini, kondisi lima lokasi menunjukkan adanya perbedaan antara lokasi satu dengan lokasi lain. Sedangkan pada faktor waktu, pada bulan Pebruari sampai April tidak ada perbedaan respon terhadap air. Nilai respon rata-rata kadar Pb pada air yang tertinggi terjadi bulan Pebruari sebesar 0,082873 ppm. Berdasarkan kondisi lokasi, maka nilai rata-rata kadar Pb pada air yang tertinggi di lokasi muara dengan nilai 0,10652 ppm.

Hasil penelitian pada kerang

Hasil pengambilan sampel kerang beserta sampel air dan endapan selama tiga bulan di daerah muara saluran, ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 8. Data kandungan logam Pb pada kerang di daerah muara saluran Kenjeran

Waktu Pengambilan	Lokasi Pengambilan sampel				
	I	II	III	IV	V
9 Pebruari 2002	0.914	0.835	0.967	0.988	0.958
19 Pebruari 2002	0.995	1.125	1.119	0.984	1.214
28 Pebruari 2002	1.185	1.054	1.115	1.206	1.009
9 Maret 2002	2.087	2.115	2.204	2.059	2.008
19 Maret 2002	2.124	2.058	2.285	2.087	2.112
29 Maret 2002	1.986	1.969	2.016	2.003	1.993
9 April 2002	0.756	0.824	0.889	0.802	0.815
19 April 2002	0.711	0.698	0.738	0.721	0.705
28 April 2002	0.813	0.811	0.854	0.804	0.795

Tabel 9. Data kandungan logam Pb pada air dan sedimen di daerah muara saluran

Waktu	Sampel	Lokasi Pengambilan sampel
-------	--------	---------------------------

Pengambilan		I	II	III	IV	V
9 Pebruari 2002	Air	0.0423	0.0368	0.0425	0.0387	0.0315
	Sedimen	26.642	24.547	26.235	29.325	26.457
19 Pebruari 2002	Air	0.0625	0.0627	0.0715	0.0604	0.0559
	Sedimen	27.895	29.231	29.115	26.554	29.897
28 Pebruari 2002	Air	0.0517	0.0521	0.0543	0.0511	0.0492
	Sedimen	28.224	26.234	28.897	29.635	26.023
9 Maret 2002	Air	0.0411	0.0424	0.0431	0.0432	0.0401
	Sedimen	32.541	33.487	36.952	35.541	26.023
19 Maret 2002	Air	0.0478	0.0511	0.0524	0.0512	0.0519
	Sedimen	29.541	29.687	32.015	31.054	32.005
29 Maret 2002	Air	0.0611	0.0623	0.0644	0.0621	0.0589
	Sedimen	30.123	29.863	35.897	34.512	31.053
9 April 2002	Air	0.0523	0.0519	0.0531	0.0527	0.0512
	Sedimen	27.841	28.152	29.024	29.011	28.126
19 April 2002	Air	0.0595	0.0619	0.0627	0.0624	0.0611
	Sedimen	28.124	27.564	29.471	29.122	27.029
28 April 2002	Air	0.0394	0.0411	0.0421	0.0425	0.0399
	Sedimen	29.254	29.115	32.254	30.578	29.857

Keterangan : satuan dalam ppm

Hasil persamaan regresi dari pengambilan sampel kerang terhadap air, sedimen dan variabel waktu selama tiga bulan ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 10. Analisis regresi data kerang terhadap air, sedimen dan waktu di muara

Predictor	Koefisien	Standar Deviasi	T	P
Konstanta	1,7163	0,1936	8,86	0,00
X₁	-0,239	1,295	-0,18	0,855
X₂	0,020570	0,005942	3,46	0,001
D₁	-1,228855	0,03426	-35,86	0,000
D₂	-0,28886	0,03008	-9,60	0,000
S = 0,07959		R-Sq = 98,2 %		R-Sq (adj) = 98,1 %

Selanjutnya data hasil regresi, dilakukan uji analisis varians dengan tujuan untuk mengetahui signifikansi dari model persamaan yang didapat, hal ini ditabelkan sebagai berikut

Tabel 11. Analisis varians terhadap model persamaan regresi pada kerang

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	14,035	3,5134	554,68	0,000
Residual error	40	0,2534	0,0063		
Total	44	14,3068			

Berdasarkan hasil analisis regresi Y dengan X₁, X₂, D₁ dan D₂ ternyata variabel X₂, D₁ dan D₂ yang mempengaruhi kandungan Pb dalam kerang dengan tingkat keragamannya atau R² adalah 98,2 %, artinya variabel X₂, D₁ dan D₂ sudah bisa

menerangkan sebesar 98,2 % keragaman kerang sebagai respon. Dari uji P terlihat nilai untuk variabel X_2 , D_1 dan D_2 adalah 0,001, 0,000 dan 0,000 sehingga kurang dari $\alpha = 5 \%$, jadi signifikan atau dapat disimpulkan mempengaruhi kandungan Pb pada kerang. Adapun model persamaan regresi yang didapat adalah sebagai berikut :

$$Y = 1,72 - 0,24 X_1 + 0,0206 X_2 - 1,23 D_1 - 0,289 D_2$$

Dari persamaan tersebut dapat disimpulkan :

- Meningkatnya kadar Pb pada sedimen sebesar 1 ppm akan meningkatkan kadar Pb kerang sebesar 0,0206 ppm
- Terjadi perbedaan antara bulan Pebruari, Maret dan April terhadap kandungan Pb pada kerang
- Variabel independen yang paling berpengaruh adalah kadar Pb pada sedimen
- Sedimen sangat mempengaruhi kehidupan kerang, karena merupakan habitat dari populasi kerang dan tempat kerang mencari makanan substratnya.

Setelah mendapatkan persamaan regresi di atas, dilakukan uji korelasi hubungan antara Y, X_1 dan X_2 , ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 12. Hasil uji korelasi terhadap model persamaan regresi pada kerang

Koefisien		Y	X_1
X_1	Tingkat Korelasi	0,010	
	P- Value	0,949	
X_2	Tingkat Korelasi	0,642	0,060
	P- Value	0,000	0,696

Dari hasil uji korelasi, ternyata hubungan antara kadar Pb pada kerang dengan kadar Pb pada air kecil yaitu sebesar 10 % atau 0,01 dengan nilai uji P valuenya adalah sebesar 0,949 jadi tidak signifikan. Sedangkan hubungan antara kadar Pb pada kerang dengan kadar Pb pada sedimen besar yaitu sebesar 64,2 % atau 0,642 dengan nilai uji P valuenya adalah sebesar 0,00 jadi signifikan. Jadi ada korelasi yang kuat antara kerang dengan sediment sebagai habitatnya. Hubungan antara kandungan logam berat pada air dengan kandungan logam berat pada sedimen kecil yaitu 6 % atau 0,06 nilai uji P valuenya adalah sebesar 0,696 jadi tidak signifikan.

Air laut hampir tidak berpengaruh terhadap kehidupan kerang, sebaliknya sedimen sangat berpengaruh bagi kehidupan kerang. Hal ini disebabkan mobilitas kerang yang rendah, maka untuk mencari makan atau substratnya dilakukan disekitar habitatnya tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Saluran Kenjeran mengandung logam berat Pb, baik itu pada kualitas air maupun pada sedimen. Ada perbedaan kandungan logam berat Pb dari daerah hulu sampai muara saluran.
2. Pada daerah muara saluran Kenjeran, kerang beserta air dan sedimennya juga mengandung logam berat Pb. Terdapat korelasi atau hubungan linear yang kuat antara sedimen di muara dengan kerang, ini terlihat dari koefisien korelasi sebesar 0,642. Hubungan antara kandungan Pb pada kerang dengan air, sedimen dan waktu, dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$Y = 1,72 - 0,24 X_1 + 0,0206 X_2 - 1,23 D_1 - 0,289 D_2$$
3. Terjadi pengaruh positif atau berbanding lurus antara kandungan logam berat Pb di saluran terhadap kandungan Pb di muara, karena semakin ke arah muara saluran, nilai kandungan logam berat Pb diindikasikan meningkat.
4. Strategi pengelolaan saluran bertujuan meningkatkan kualitas lingkungan dan pengendalian pencemaran, mencakup perencanaan pengelolaan, pelaksanaan program dan monitoring. Perlu dilakukan kerjasama antara instansi terkait untuk mewujudkan kebijakan pemerintah mengenai pengelolaan saluran.

DAFTAR PUSTAKA

- Algifari. (2000), *Analisis Regresi*, BPFE Press, Yogyakarta
- Azizah, R. (1999) *Pencemaran Logam Berat (Pb) di Pantai Timur Surabaya*, thesis, Universitas Airlangga Surabaya
- BTKL. (1998), *Analisis Kandungan Logam Berat Merkuri, Kuprum, dan Timbal pada Ikan dan Kerang serta Pengaruhnya terhadap Kesehatan*, Laporan Penelitian, BTKL dan Bappeda Tingkat I Jawa Timur
- Connell, Des. W, and Miller, Gregory. J. (1983), *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*, Academic Press Inc, London
- Coulston, Frederick. and Mrak, Emil. (1977), *Water Quality Proceedings of An Intenational Forum*, John Wiley and Sons Publication, Brisbane Australia

- Darmono, (1995), *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, UI Press, Jakarta
- Departemen KLH, 1990, Peraturan Pemerintah RI No 82 tahun 2001 tentang *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*,
- Dharma, Bunyamin. (1992), *Siput dan Kerang Indonesia*, UI Press, Jakarta
- Fardiaz, Srikandi. (1992), *Polusi Air dan Udara*, Penerbit Kanisius, Jakarta
- Hariono, Bambang. (1998), *Berbagai Masalah Pencemaran Logam Berat di Lingkungan Kita*, Jurnal Manusia dan Lingkungan No. 15 Th V, Pusat Penelitian Lingkungan Hidup UGM, Yogyakarta
- James, A. (1984), *An Introduction to Water Quality Modelling*, A Wiley Interscience Publication, Newcastle
- Lohani, Bindu. N. (1984), *Environmental Quality Management*, South Asian Publishers, New Delhi
- Nazir, Mohammad. (1983), *Metode Penelitian*, Penerbit Ghalia Indonesia
- Palar, Heryando. (1994), *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta
- Pikir, Suharno. (1993), *Sedimen dan Kerang sebagai Indikator Adanya Logam Berat Cd, Hg, dan Pb dalam Pencemaran di Lingkungan Estuaria*, Unair, Surabaya
- Schnoor, Jerald. L. (1996), *Environmental Modeling*, John Wiley and Sons, Canada
- Setijati, Hartinah. (1998), *Bentos Sebagai Indikator Pencemaran Logam Berat*, Majalah Ilmiah Lingkungan dan Pembangunan Edisi 8, Jakarta
- Smith, Harry. (1992), *Analisis Regresi Terapan Edisi Kedua*, Penerbit Gramedia, Jakarta
- Valentinus, Darsono. (1997), *Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran Air Sungai oleh Limbah Industri*, Vasthu Jurnal Fakultas Teknik Atmajaya, Yogyakarta
- Wardhana, Wisnu. A. (1995), *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta
- World Health Organization (WHO). (1989), *Lead Environmental Aspect*, United Nations Environmental Programme, Geneva Swiss
- Wibawa, Samudra dkk. (1996), *Pengelolaan Pencemaran Lingkungan : Analisis Isi Tentang Proses Kebijakan*, Jurnal Manusia dan Lingkungan No. 10 Th IV, Pusat Penelitian Lingkungan Hidup UGM, Yogyakarta