

Full Paper**PENGARUH KONSUMSI IKAN DAN KERANG TERHADAP KADAR Pb DARAH MANUSIA, STUDI KASUS DI KELURAHAN SUKOLILO, KENJERAN, SURABAYA****EFFECT OF FISH AND SHELLFISH CONSUMPTION ON LEAD CONCENTRATION IN HUMAN BLOOD, A CASE STUDY IN SUKOLILO SUBDISTRICT, KENJERAN SURABAYA**Muhammad Arief¹⁾**Abstract**

The industrial and domestic waste containing heavy metal contaminate river and the sea. Through bioaccumulation process, contaminant was absorbed by aquatic organisms such as fish, shellfish and shrimp. The aim of this research was to identify the influence of fish and shellfish consumption on lead concentration in blood of people who consumed fish and shellfish. Human blood samples were taken as specimens in this research. Maximum level of lead permitted by World Health Organization (WHO) in human blood is 80 µg/100 ml. Samples of human blood, fish, shellfish, and sea water were taken from two locations of fisher groups, i.e. from Sukolilo subdistrict, district of Kenjeran, Surabaya, and from Lobuk village, district of Sumenep, Madura. Lead concentration in the samples were analyzed by AAS (Atomic Absorbent Spectrophotometer) method. Data were subjected for t-test analysis. Results showed that lead concentration in women blood living in Sukolilo (Kenjeran, Surabaya) and Labuk village (Sumenep, Madura) were significantly different, while the mean level of lead in human blood in Sukolilo was higher than that in Labuk village. In Sukolilo, consumption of fish and shellfish had a major contribution to the level of lead in human blood.

Key words: fish, human blood, Pb, shellfish, water pollution**Pengantar**

Limbah industri, pertanian, dan hasil kegiatan manusia, yang mengandung logam berat, dapat mengkontaminasi perairan sungai maupun laut dan terjadi bioakumulasi melalui rantai makanan yang melibatkan organisme perairan tersebut seperti ikan, kerang, rumput laut dan sebagainya. Pikir (1994) menyatakan bahwa air sungai Brantas semakin ke arah hilir semakin banyak mengandung bahan-bahan pencemar yang disebabkan oleh peningkatan industri yang membuang limbahnya ke perairan tersebut. Adanya kadar logam berat dalam air yang melebihi nilai ambang merupakan salah satu indikator bahwa ikan dan kerang yang hidup di dalamnya

tercemar logam berat.

Hadisoegondo (1990) menyatakan bahwa dibandingkan dengan unsur merkuri dan kadmium maka unsur Pb (timah hitam) tergolong tidak begitu beracun. Akan tetapi unsur Pb ini bersifat kronis dan akumulatif. Senyawa Pb organik lebih beracun dibandingkan dengan senyawa anorganiknya. Umumnya unsur Pb ini berasal dari limbah industri cat, zat warna, bahan bakar mobil, baterai, limbah industri elektronika, bahan peledak, dan percetakan. Adapun dampak keracunan senyawa Pb ini adalah anemia, gangguan ginjal, kemerosotan mental pada anak, gangguan jiwa, kolik usus, penyakit hati, dan gangguan susunan syaraf.

¹⁾ Program Studi Perikanan, Fakultas Kedokteran, Hewan Universitas Airlangga, Jl. Mulyorejo Kampus C, Surabaya, 60115. Telp: 031-599-2785, Fax: 031-599-3015, E-mail: arief_thariq@yahoo.com.

Mukono (1997) menyatakan bahwa spesimen yang diambil untuk analisis biologis dari paparan Pb adalah darah, plasenta, urine, rambut, feces, ginjal, hati, dan tulang. Kadar Pb dalam darah merupakan gambaran yang baik pada keadaan "steady state" (dalam kisaran tetap) seperti pemaparan pada jangka waktu lama baik karena lingkungan atau tempat kerja (Departemen Kesehatan RI, 1996). Gejala keracunan timah akan terlihat pada kadar timah dalam darah antara 40-60 $\mu\text{g}/100$ ml pada orang dewasa, sedangkan keracunan berat pada kadar 100 $\mu\text{g}/100$ ml atau lebih. Kadar Pb pada orang dewasa 50 $\mu\text{g}/100$ ml mengakibatkan sintesis Hb menurun (Departemen Kesehatan RI, 1997). O'Neill (1993) menyatakan bahwa konsentrasi Pb dalam darah nampak bervariasi sebanding dengan pemaparan dan oleh karena itu merupakan indikator yang baik adanya pemaparan yang baru terjadi, dengan konsentrasi normal berkisar 10-20 $\mu\text{g}/100$ cm^3 darah.

Sungai-sungai dan cabang-cabangnya yang terdapat di Surabaya merupakan saluran pematusan, karena bermuara di daerah pantai timur Surabaya sehingga dapat diperkirakan bahwa daerah sepanjang pantai dekat muara sungai tersebut telah tercemar logam berat. Padahal daerah sekitar pantai timur Surabaya merupakan daerah penangkapan ikan dan kerang yang banyak dikonsumsi masyarakat Surabaya dan sekitarnya sehingga membahayakan bila terkontaminasi logam berat.

Mengingat bahwa mengkonsumsi hasil laut yang terkontaminasi logam berat Pb dapat membahayakan masyarakat, maka dirasa perlu melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh konsumsi ikan dan kerang terhadap kadar logam berat dalam Pb darah masyarakat di Kelurahan Sukolilo Kecamatan Kenjeran Surabaya.

Bahan dan Metode

Penelitian ini bersifat observasional, waktu pengambilan sampel di lapangan

dilakukan pada saat yang sama (*crossectional study*) (Pudjirahardjo *et al.*, 1993). Analisis data yang digunakan adalah analisis komparatif yaitu membandingkan kadar Pb ikan, kerang, dan konsumsi ikan terhadap kadar Pb dalam darah masyarakat. Sebagai data pendukung dilakukan analisis kadar Pb air laut di daerah terpapar dan daerah kontrol. Daerah penelitian dipilih di daerah pesisir Kenjeran Surabaya di Kelurahan Sukolilo Kecamatan Kenjeran. Hal ini berdasarkan hasil laporan Nurdamayanti & Mustiko (1999) bahwa di lokasi tersebut tercemar logam berat dalam air, ikan, dan kerang. Kondisi geografis wilayah ini secara umum meliputi daerah penangkapan ikan, pemukiman dan pariwisata. Daerah kontrol dipilih desa Lobuk Kecamatan Bluto, Sumenep, Madura. Pertimbangannya lokasi tersebut tidak terdapat aktivitas penyebab pencemaran Pb di perairan. Letak geografis Kecamatan Bluto di sebelah selatan bagian kota Sumenep. Sebagai responden adalah ibu-ibu rumah tangga yang mempunyai balita yang lahir di daerah penelitian. Penetapan unit observasi ini didasarkan atas asumsi bahwa ibu rumah tangga relatif lebih banyak di rumah sehingga tidak banyak terpapar oleh logam berat Pb.

Pengambilan sampel

Pengambilan sampel darah ibu-ibu yang memenuhi syarat untuk diambil dilakukan secara random. Darah sebanyak 3 ml diambil oleh tim medis dibantu tenaga Puskesmas setempat, selanjutnya disimpan dalam vial yang dimasukkan dalam pendingin supaya tidak rusak. Pb darah dianalisis di Laboratorium Kimia Analitik, BATAN Yogyakarta dengan metode AAS (*Atomic Absorbent Spectrophotometer*).

Pengambilan sampel ikan dan kerang yang sering dikonsumsi diperoleh dari pasar ikan setempat kemudian disimpan dalam pendingin. Sedangkan sampel air laut diambil sesuai dengan lokasi yang ditentukan kemudian dimasukkan dalam botol. Analisis kadar Pb pada ikan,

kerang, dan air laut dilakukan dengan metode AAS di Balai Laboratorium Kesehatan Surabaya.

Analisis data

Data kadar Pb dalam darah, ikan, kerang, dan air laut, konsumsi ikan antara kelompok terpapar, dan kelompok kontrol dianalisis dengan uji t dua sampel bebas.

Hasil dan Pembahasan

Kadar Pb dalam ikan dan kerang yang didapatkan di Kelurahan Sukolilo Kecamatan Kenjeran Surabaya dan di Desa Lobuk Kecamatan Bluto Sumenep Madura disajikan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 diketahui bahwa kadar Pb pada ikan dan kerang yang ada di perairan Kenjeran masih dalam batas yang boleh dikonsumsi oleh manusia yaitu di bawah 2 ppm. Pada kerang manuk kadar Pb lebih tinggi dibandingkan hasil laut lainnya yaitu 1,43 ppm. Hal ini disebabkan spesies tersebut sifatnya menetap di dasar perairan dan ukurannya lebih besar dibandingkan kerang darah dan kerang bulu.

Kadar logam berat dalam biota air biasanya akan selalu bertambah dari waktu ke waktu karena sifat logam yang bioakumulatif. Ikan, kerang, dan tiram di perairan Bluto, Sumenep, Madura, mengandung Pb melebihi batas yang ditentukan WHO yaitu Pb 2,75 ppm (Tabel 2). Hal ini disebabkan spesies tersebut termasuk binatang lunak (Mollusca) dan hidupnya menempel pada batu di dasar perairan, disamping bersifat statis sehingga kemungkinan terpapar lebih banyak.

Tabel 1. Kadar Pb dalam ikan dan kerang di Perairan Kenjeran, Surabaya, Juni 2000

Jenis Biota	Rata-rata (ppm)
Gulamah (<i>Sciaenidae</i>)	0,08±0,01
Bawal putih (<i>Pampus argenteus</i>)	0,12±0,06
Lidah (<i>Cynoglossus</i> spp.)	0,38±0,18
Sembilang (<i>Plotosus canius</i>)	0,09±0,03
Pari (<i>Trigon sephen</i>)	0,16±0,04
Kerang darah (<i>Anadara</i> spp.)	0,08±0,04
Kerang bulu (<i>Anadara</i> spp.)	0,27±0,14
Kerang manuk (<i>Septifer bifurcates</i>)	1,43±0,42

Tabel 2. Kadar Pb dalam ikan dan kerang di Perairan Desa Lobuk, Kecamatan Bluto Sumenep Madura, Juni 2000

Jenis biota	Rata-rata (ppm)
Teri (<i>Stolephorus</i> spp.)	0,14±0,07
Bawal putih (<i>Pampus argenteus</i>)	0,13±0,04
Tongkol (<i>Euthyarus</i> spp.)	1,77±0,17
Kerapu (<i>Epinephelus</i> spp.)	1,54±0,01
Petak Selar (<i>Selaroides</i> spp.)	1,34±0,14
Tiram (<i>Crassostrea</i> spp.)	2,75±2,75
Kerang darah (<i>Anadara</i> spp.)	1,44±0,10
Remis (<i>Meretrix</i> spp.)	0,48±0,04

Untuk membandingkan kadar Pb jenis ikan di daerah terpapar maupun di daerah kontrol dilakukan analisis statistik dengan uji t dua sampel bebas yang hasilnya menunjukkan perbedaan yang sangat bermakna ($P < 0,05$). Rata-rata kadar Pb dalam ikan di perairan Kenjeran sebesar 0,166 ppm, lebih rendah dibandingkan di perairan Bluto Sumenep yaitu 0,984 ppm. Hal ini disebabkan ikan yang dikonsumsi masyarakat Kenjeran pada umumnya ukurannya lebih kecil dengan berat hingga 200 g. Sedangkan ikan yang dikonsumsi masyarakat Lobuk Sumenep ukurannya lebih besar dengan berat di atas 500 g, sehingga kadar Pb dalam ikan lebih tinggi di daerah kontrol daripada di daerah terpapar. Kadar logam berat dalam biota air biasanya akan selalu bertambah dari waktu ke waktu karena sifat logam yang bioakumulatif.

Nurdamayanti & Mustiko (1999), melaporkan ikan hasil tangkapan nelayan di pantai Kenjeran dan Juanda pada bulan Oktober 1996 mengandung logam berat Pb rata-rata 0,479 ppm, lebih tinggi daripada hasil penelitian sebelumnya di pantai yang sama yaitu 0,166 ppm. Hal ini disebabkan faktor curah hujan pada saat penelitian dilakukan yaitu akhir musim penghujan sehingga konsentrasi Pb air laut menjadi lebih rendah yang mengakibatkan absorpsi logam berat Pb oleh ikan menjadi lebih rendah. Sumber pencemar Pb di pantai biasanya dari limbah industri dan perahu motor. Hubungan antara jumlah absorpsi logam dan kadar logam dalam air biasanya secara proporsional, kenaikan kadar logam dalam jaringan sesuai dengan kenaikan kadar logam dalam air.

Uji t kadar Pb dalam organisme non ikan antara daerah terpapar dan kontrol menunjukkan perbedaan yang bermakna ($P < 0,05$). Kadar Pb dalam organisme non ikan di perairan Kenjeran rata-rata sebesar 0,68 ppm lebih rendah dibandingkan dengan di perairan Bluto Sumenep yaitu 1,56 ppm. Kadar Pb pada kerang yang telah dilaporkan oleh Nurdamayanti & Mustiko (1999), di perairan Kenjeran dan Juanda rata-rata 0,46 ppm, nilai kadar Pb pada kerang hampir sama dengan penelitian pada saat dilakukan.

Kadar Pb pada ikan dan kerang yang tinggi di perairan Bluto Sumenep kemungkinan disebabkan pencemaran dari pembakaran bahan bakar perahu motor. Data dari Dinas Perikanan Jawa Timur (1989), jumlah armada perikanan yang menggunakan motor di Surabaya sebanyak 246 buah sedangkan Sumenep sebanyak 1962 buah. Boughey (1971) menyatakan bahwa Pb masuk ke dalam ekosistem manusia sebagai polutan air karena penggunaan kendaraan-kendaraan air.

Kadar Pb dalam organisme non ikan rata-rata lebih tinggi dibandingkan jenis ikan karena ikan selalu bergerak.

Kemampuan gerak yang cepat inilah yang menyebabkan ikan tidak banyak berpengaruh pada kondisi pencemaran logam seperti kerang, kepiting dan udang yang hidup di dasar perairan. Darmono (1995) menyatakan distribusi dan akumulasi logam tersebut sangat berbeda-beda untuk setiap organisme air. Hal tersebut tergantung pada spesies, konsentrasi logam dalam air, pH, fase pertumbuhan dan kemampuan untuk pindah

Kadar Pb air laut

Hasil analisis laboratorium kadar Pb air laut pada titik-titik yang ditentukan baik di daerah terpapar dan kontrol disajikan pada Tabel 3. Untuk membandingkan kadar air laut di daerah terpapar maupun kontrol, digunakan analisis statistik Uji t dua sampel bebas yang hasilnya menunjukkan perbedaan yang bermakna ($P < 0,05$) antara kelompok dari Sukolilo dan Lobuk. Ambang batas Pb air laut adalah 0,1 mg/l (WHO, 1977). Di perairan Kenjeran dan Bluto masing-masing ada 5 titik pengambilan sampel air dengan kadar Pb diatas 0,1 mg/l, selebihnya ada 7 titik di bawah 0,1 mg/l.

Tabel 3. Kadar Pb air laut di perairan Kenjeran Baru Surabaya dan Perairan Bluto Sumenep Madura, Juni 2000

No	Kadar Pb air laut (ppm)	
	Kenjeran	Bluto
1	0,934	0,318
2	0,844	0,675
3	0,973	0,161
4	1,082	0,179
5	1,094	0,165
6	0,094	0,117
7	0,004	0,000
8	0,034	0,126
9	0,049	0,000
10	0,089	0,109
11	0,051	0,000
12	0,113	0,023

Ada kecenderungan pada titik pengambilan sampel yang lebih dekat dengan tepi pantai, kadar Pb air lautnya lebih tinggi dibandingkan bagian tengah. Di daerah sekitar pantai kontaminasi logam

kebanyakan berasal dari mulut sungai yang didominasi oleh limbah buangan industri. Hal ini sejalan dengan Pikir (1994) yang menyatakan aliran sungai Brantas, semakin ke arah hilir semakin banyak mengandung bahan-bahan pencemar yang disebabkan peningkatan industri yang membuang limbahnya ke perairan daerah sungai.

Inswiasri *et al.* (1997) dan Darmono (1995) menyatakan biasanya kadar Pb di daerah pantai lebih tinggi daripada laut lepas. Kadar logam pada musim penghujan lebih kecil karena proses kelarutan, sedangkan musim kemarau kadar logam lebih tinggi karena logam menjadi terkonsentrasi. Pada saat penelitian ini berlangsung pada bulan Juni 2000, merupakan akhir musim penghujan, sehingga kemungkinan kadar Pb air laut lebih rendah bila dibandingkan pada musim kemarau. Untuk membandingkan kadar air laut di daerah terpapar maupun kontrol dilakukan analisis statistik uji t dua sampel bebas yang hasilnya menunjukkan perbedaan yang bermakna ($P < 0,05$). Kadar Pb air laut di perairan Kenjeran Surabaya rata-rata 0,535 ppm lebih tinggi dibandingkan di perairan Bluto Sumenep Madura rata-rata 0,1561 ppm.

Perairan Kenjeran merupakan saluran pematusan dari sungai-sungai dan cabang-cabangnya di Surabaya. Ada 65 industri besar yang membuang limbahnya di kali Surabaya, sehingga kadar Pb air laut di perairan Kenjeran lebih tinggi dibandingkan dengan perairan Bluto Sumenep Madura. Pencemaran di perairan Bluto Sumenep Madura diduga karena adanya pencemaran yang diakibatkan oleh perahu motor. Hal ini dapat dibuktikan bahwa kadar Pb dalam lumpur di kedua perairan hampir sama yaitu 7,334 ppm dan perairan Bluto Sumenep 6,085 ppm.

Konsumsi ikan

Aima (1997) menyatakan rata-rata konsumsi ikan nasional adalah 12,6 kg/kapita/th, tetapi untuk penduduk di pulau Jawa hanya sekitar 5,4 kg/kapita/th. Masyarakat daerah pantai biasanya

mengonsumsi ikan lebih tinggi dibandingkan masyarakat daerah lainnya.

Uji t dua sampel bebas menunjukkan konsumsi ikan berbeda sangat nyata ($P < 0,05$) antara kelompok terpapar dan kontrol. Rata-rata konsumsi ikan di daerah terpapar 5.503,18 g/bulan sedangkan di daerah kontrol rata-rata 3.113,24 g/bulan. Nilai rata-rata konsumsi ikan di daerah terpapar setara dengan 66,0 kg/kapita/th, dan daerah kontrol 37,3 kg/kapita/th, jauh di atas standar nasional konsumsi ikan yaitu 18 kg/kapita/th. Darmono, (1995) menyatakan, konsumsi ikan yang mengandung 2,5 mg Pb/hari akan memerlukan waktu hampir 4 tahun untuk menjadi toksik, dan hal itu terjadi pada waktu Pb terakumulasi pada jaringan lunak. Sedangkan konsumsi ikan uang mengandung 3,5 mg Pb/hari akan mengakibatkan kadar Pb yang toksik dalam beberapa bulan saja. Pada orang dewasa Pb yang diserap melalui usus berkisar 5-10%. Pada daerah terpapar konsumsi ikan rata-rata 5.503,18 g/bulan, kira-kira 10% dari jumlah yang tertelan akan diabsorpsi melalui saluran pencernaan sehingga didapatkan masukan Pb rata-rata 0,18 mg/hari, sedangkan daerah kontrol rata-rata 0,1 mg/hari. Menurut perhitungan di atas dalam kurun waktu puluhan tahun responden daerah terpapar akan keracunan Pb. Mereka sebagian besar merupakan penduduk tetap, hal ini harus diwaspadai agar tidak menjadi korban pencemaran logam berat Pb yang bersifat kronis dan akumulatif.

Kandungan Pb darah

Kadar Pb darah normal yaitu di bawah 40 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Kadar Pb meningkat tetapi belum berbahaya dengan nilai 40-80 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ dengan kategori dapat diterima ditemukan sekitar 3,6% pada daerah terpapar dan 2,7% pada daerah kontrol (Tabel 4). Populasi paling banyak pada kadar Pb dalam darah 81-120 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ dengan kategori berlebihan, sebesar 92,7% pada daerah terpapar dan 97,2% pada daerah kontrol, artinya absorpsi meningkat karena polusi Pb yang berlebihan sering disertai gejala ringan, kadang-kadang gejala berat.

Responden yang mempunyai kadar Pb dalam darah dengan kategori berbahaya yaitu lebih besar dari 120 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ sebanyak 3,6% hanya pada daerah terpapar. Menurut WHO (1977) kadar maksimum Pb darah adalah 80 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, kadar di atas angka tersebut dapat menimbulkan gangguan pada tubuh manusia. Hasil uji t kadar Pb dalam darah di daerah terpapar dan kontrol menunjukkan perbedaan yang sangat bermakna ($P < 0,05$), dengan nilai rata-rata kadar Pb darah di daerah terpapar 96,56 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ dengan kisaran 76,0-131,0 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ dan daerah kontrol 87,43 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ dengan kisaran 79,0-102,0 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Nurdamayanti & Mustiko (1999) menyatakan rata-rata kadar Pb darah orang dewasa di Kenjeran Surabaya adalah 41,15 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ dengan kisaran 56,5-166,6 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dalam kurun waktu 2 tahun terjadi peningkatan lebih dari 100% dari rata-rata 41,15 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ menjadi 96,56 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$.

Tabel 4. Distribusi kadar Pb darah manusia di daerah Kenjeran dan daerah Bluto (Juni, 2000)

Kadar Pb darah ($\mu\text{g}/100\text{ ml}$)	Kelompok terpapar		Kelompok kontrol		Total	
	n	%	n	%	n	%
< 40	-	-	-	-	-	-
41-80	2	3,6	1	2,7	3	3,2
81-120	51	92,7	36	97,2	87	84,5
>120	2	3,6	-	2,7	2	2,1
Jumlah	55	100	37	100	92	100

Faktor yang mempengaruhi kadar Pb darah yaitu banyaknya konsumsi ikan dan kerang. Rata-rata konsumsi ikan di daerah terpapar 5.503,18 g/bulan lebih tinggi dibandingkan dengan di daerah kontrol yaitu 3.113,24 g/bulan. Hal ini juga didukung oleh kadar Pb air laut antara daerah terpapar dan kontrol yang menunjukkan perbedaan yang bermakna ($P < 0,05$). Kadar Pb air laut di perairan Kenjeran Surabaya rata-rata 0,535 ppm, lebih tinggi dibandingkan di perairan Bluto Madura dengan rata-rata 0,1561 ppm. O'Neill (1993) menyatakan Pb terabsorpsi masuk dalam aliran darah, dimana lebih dari 90% terikat pada sel darah merah dengan waktu tinggal rata-rata sebulan.

Kadar Pb darah bervariasi sebanding dengan waktu pemaparan. Bila konsumsi ikan dan kerang yang terkontaminasi meningkat maka dapat menaikkan kadar Pb darah.

Kesimpulan

1. Semua jenis ikan dan kerang yang ada di perairan Kenjeran mengandung kadar Pb di bawah 2 ppm, masih di bawah batas ambang yang ditetapkan oleh WHO.
2. Ikan dan kerang yang terkontaminasi logam berat Pb berpengaruh terhadap kadar Pb darah ibu-ibu yang mengkonsumsinya. Kadar Pb darah kelompok terpapar dan kelompok kontrol secara statistik menunjukkan perbedaan yang bermakna, kelompok terpapar rata-rata 96,56 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ dan kontrol rata-rata 87,43 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$.
3. Kadar Pb air laut menunjukkan perbedaan yang bermakna antara kelompok terpapar dengan rata-rata 0,53 ppm dan kontrol 0,15 ppm. Ada kecenderungan pada tepi pantai kadar Pb air laut lebih tinggi dibandingkan bagian tengah.

Daftar Pustaka

- Aima, M.H. 1997. Keunggulan karakteristik individu dalam meningkatkan kinerja pembangunan. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang. 15 p.
- Boughey, A.S. 1971. Man and the environment, an introduction human ecology and evolution. Departement of Population and Environmental Biology. University of California. Irvine. 110 p.
- Darmono. 1995. Logam dalam sistem biologi makhluk hidup. Universitas Indonesia. Jakarta: 5-33.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 1996. Bahan-bahan berbahaya dan dampaknya terhadap

