

## **Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus sp.*) di Pantai Utara Jawa**

Izza Hananingtyas<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Prodi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Ampel Surabaya

\*Email: izzahanafkm@gmail.com

---

### **ABSTRAK**

Logam berat dalam lingkungan perairan akibat pembuangan limbah industri di sepanjang wilayah pantai utara dapat menjadi sumber racun bagi kehidupan perairan. Berdasarkan data penelitian dari Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Tengah diketahui adanya kandungan logam berat di perairan Laut Jawa, memungkinkan adanya kotaminasi pada ikan laut hasil Laut Jawa yang didistribusikan ke masyarakat. Hal ini menyimpang dari peraturan pemerintah yang mengatur dan melindungi keamanan pangan yaitu PP Nomor 28 tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu, dan Gizi Pangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mengukur kadar logam berat Pb dan Cd pada ikan tongkol di Pantai Utara Jawa. Penelitian ini bersifat deskriptif dengan pendekatan cross sectional study. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh ikan tongkol (*Euthynnus sp.*). Sampel penelitian ini diambil secara purposive sampling yaitu 10 ekor ikan tongkol yang berasal dari daerah Kendal, Rembang, Tuban, Batang, dan Jepara. Hasil penelitian ini berdasarkan Peraturan BPOM tahun 2009 dan SNI 7387 tahun 2009 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat pada Makanan, dari 10 sampel terdapat 4 sampel (40%) melebihi batas maksimum cemaran Pb pada ikan (< 0,3 mg/kg) dengan kadar antara 0,420-0,610 mg/kg dan 6 sampel (60%) melebihi batas maksimum cemaran Cd pada ikan (<0,1 mg/kg) dengan kadar antara 0,100-0,300 mg/kg.

**Kata Kunci:** logam berat, timbal, kadmium, *Euthynnus sp.*

### **PENDAHULUAN**

Logam berat merupakan logam toksik yang berbahaya bila masuk ke dalam tubuh melebihi ambang batasnya (Ashraf, 2006). Logam berat menjadi berbahaya disebabkan proses bioakumulasi. Bioakumulasi berarti peningkatan konsentrasi unsur kimia tersebut dalam tubuh makhluk hidup sesuai piramida makanan. Logam berat

dapat terakumulasi melalui rantai makanan, semakin tinggi tingkatan rantai makanan yang ditempati oleh suatu organisme, akumulasi logam berat di dalam tubuhnya juga semakin bertambah. Dengan demikian manusia yang merupakan konsumen puncak, akan mengalami proses bioakumulasi logam berat yang besar di dalam tubuhnya (BBLH Jateng, 2010). Logam berat

menimbulkan efek negatif dalam kehidupan makhluk hidup seperti mengganggu reaksi kimia, menghambat absorpsi dari nutrien-nutrien yang esensial (Ashraf, 2006).

Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Tengah pada tahun 2006 diketahui bahwa kandungan logam berat (Hg, Cd, Cu, Cr, Pb, Ni, Zn, dan As) di wilayah pantai utara Jawa Tengah menunjukkan sebagian besar logam-logam berat tersebut telah melebihi ambang batas baku mutu yang ditetapkan oleh otoritas Negara RI maupun otoritas dari manca negara (Budiharo, 2007). Adanya kandungan logam berat (Pb, Cd, Hg) di perairan Laut Jawa, memungkinkan adanya kontaminasi pada ikan laut hasil produksi Laut Jawa. Sebagaimana telah diketahui bahwa logam berat timbal, kadmium, dan merkuri merupakan logam yang memiliki toksisitas yang sangat tinggi dan banyak dihasilkan oleh sebagai limbah industri. Keberadaan logam di lingkungan yang melebihi batas aman merupakan indikasi dari pencemaran lingkungan dari kegiatan manusia seperti kegiatan industri-industri yang menghasilkan limbah logam berat. Adanya kontaminasi logam berat pada ikan laut yang didistribusikan ke masyarakat sebagai konsumen ini menyimpang dari

peraturan pemerintah yang mengatur dan melindungi keamanan pangan yaitu Peraturan Pemerintah Nomor 28 tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu, dan Gizi Pangan. Hal ini menjadi kepentingan peneliti untuk memilih ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) yang berasal dari Pantai Utara Jawa untuk diteliti.

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mengukur kandungan logam berat Pb dan Cd pada ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) di Pantai Utara Jawa. Sedangkan tujuan khususnya adalah mengukur dan membandingkan kadar logam berat Pb dan Cd pada ikan tongkol yang ada di Pantai Utara Jawa dengan batas maksimum logam berat dalam makanan yang ditetapkan oleh Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan tahun 2009 dan Standar Nasional Indonesia tahun 2009, serta menentukan kemungkinan sumber pencemaran logam berat pada ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) berdasarkan metode HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*).

## **METODE**

### **Jenis Penelitian**

Penelitian ini bersifat deskriptif dengan pendekatan *cross sectional study*.

## Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) yang berasal dari Pantai Utara Jawa. Sampel penelitian ini diambil secara *purposive sampling* yaitu 10 ekor ikan tongkol yang berasal dari daerah Kendal, Rembang, Tuban, Batang, dan Jepara.

## Instrumen Penelitian

Seperangkat peralatan laboratorium kimia analitik untuk mengukur kadar kandungan Pb dan Cd pada ikan tongkol. Komputer digunakan untuk mengolah dan menganalisis data hasil penelitian.

## Metode Analisa Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif yaitu memberikan diskripsi tentang sampel yang diteliti melalui data sampel sebagaimana adanya. Hasil pemeriksaan diuraikan dengan statistic deskriptif, yaitu dalam bentuk table untuk menggambarkan hasil identifikasi kandungan logam berat Pb dan Cd pada ikan tongkol (*Euthynnus sp.*), kemudian ditinjau dari faktor-faktor yang mempengaruhi hasil identifikasi kandungan logam berat Pb, Cd, dan Hg pada ikan tongkol (*Euthynnus sp.*).

Hasil pengukuran kadar logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada ikan tongkol di Pantai Utara Jawa tercantum dalam tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Kadar Logam Berat Pb, Cd, Hg pada Ikan Tongkol

Pengambilan Sampel	Asal Ikan	No Sampel	Kadar Pb (mg/kg)	Kadar Cd (mg/kg)
Tahap I	Kendal	1	0,570 *	0,240 *
	Rembang	2	0,420 *	0,220 *
	Tuban	3	0,610 *	0,240 *
	Batang	4	0,100	0,260 *
	Jepara	5	0,560 *	0,300 *
Tahap II	Kendal	6	0,100	0,008
	Rembang	7	0,100	0,100 *
	Tuban	8	0,100	0,050
	Batang	9	0,100	0,060
	Jepara	10	0,100	0,080
Rata-rata			0,2760	0,156

(\*) : Melebihi batas maksimum cemaran logam berat pada makanan berdasarkan Peraturan BPOM tahun 2009 dan Standar Nasional Indonesia (SNI: 7387 - 2009)

Hasil rata-rata kadar logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dari 5 daerah dapat dihitung rata-rata seluruh asal ikan (Kendal, Jepara, Rembang, Batang dan Tuban) pada pengambilan sampel pertama menunjukkan rata-rata kadar logam berat pada ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) yaitu sekitar 0,452 mg/kg logam timbal dan 0,252 mg/kg logam kadmium. Pada pengambilan sampel kedua rata-rata kadar logam berat pada ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) yaitu sekitar 0,1 mg/kg logam timbal, 0,060 mg/kg

## HASIL DAN PEMBAHASAN

logam kadmium, dan 0,176 mg/kg logam merkuri.

### Timbal (Pb)

Pemeriksaan kadar logam berat timbal (Pb) pada ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) di Pantai Utara Jawa menunjukkan hasil yang bervariasi. Pada hasil pemeriksaan kadar logam berat timbal pada ikan tongkol tertinggi sebesar 0,61 mg/kg dan terendah 0,1 mg/kg dengan rata-rata 0,2760 mg/kg dan standar deviasi 0,23220 mg/kg. Berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia tahun 2009 dan Standar Nasional Indonesia (SNI:7387) tahun 2009, secara rata-rata kadar logam berat timbal (Pb) pada ikan tongkol masih termasuk kategori aman, yaitu batas maksimum cemaran timbal (Pb) sebesar 0,3 mg/kg. Akan tetapi sebenarnya terdapat 40% sampel (4 dari 10 sampel) tersebut mengandung logam timbal (Pb) di atas batas maksimum yang diperkenankan (>0,3 mg/kg), sehingga perlu ditelusuri kembali sumber kontaminannya.

Tingginya kandungan logam Pb pada pengambilan pertama di perairan laut wilayah ikan yang dapat dipengaruhi oleh salinitas, arus dan gerakan pasang surut, selain itu juga dapat dikarenakan terjadi pencemaran logam Pb pada ikan saat proses distribusinya. Selain itu

adanya kandungan Pb pada sampel pengambilan pertama dapat dipengaruhi oleh rendahnya salinitas perairan pada saat pengambilan ikan tongkol oleh nelayan. Ikan tongkol sifatnya lebih kosmopolitan dapat hidup di perairan yang relatif dangkal dan bersalinitas lebih rendah (Rompas, 2010). Air laut dengan salinitas yang rendah ini akan menurunkan ion klorida yang menyebabkan penghambatan kompleks klorida, sehingga konsentrasi logam berat bebas akan meningkat (Peraturan BPOM, 2009). Disamping itu juga adanya arus dan gerakan pasang surut air laut pada saat pengambilan ikan juga mempengaruhi tingginya kandungan logam pada air laut. Apabila pada saat pasang nelayan mengambil ikan maka keadaan air laut pada saat itu dapat dimungkinkan air laut mengandung logam berat yang tinggi dari cemaran limbah yang dibuang di muara dan daerah sungai. Adanya pasang surut ini menggerakkan massa air secara horizontal, sehingga terjadi pencampuran (Peraturan BPOM, 2009)

Adanya kandungan Pb dalam ikan tongkol asal Tuban yang melebihi batas yang diperbolehkan, mengindikasikan adanya pencemaran Pb di perairan laut Kota Tuban. Hal ini dimungkinkan karena adanya kontaminasi dari limbah industri

di sekitar wilayah Tuban, terutama industri minyak lepas pantai yang memungkinkan limbahnya mencemari perairan Laut Tuban, karena mengingat terdapat industri minyak lepas pantai di wilayah perairan laut Tuban.

Berdasarkan penelitian Budiharjo (2007) perusahaan minyak menghasilkan limbah minyak dalam bentuk lumpur dari berbagai kegiatan produksi (Sivaperumal, 2007). Jenis limbah yang dihasilkan dari industri minyak lepas pantai adalah *oil sludge*. *Oil sludge* merupakan limbah sisa minyak yang masuk ke saluran pembuangan. *Oil sludge* terdiri dari minyak (hydrocarbon), air, abu, karat tangki, pasir, dan bahan kimia lainnya. Kandungan dari hydrocarbon antara lain benzene, toluene, ethylbenzene, xylenes dan logam berat seperti timbal (Pb). Komposisi logam berat limbah *oil sludge* tersusun atas, yaitu : arsen, barium, boron, kromium , kadmium, merkuri, timbal, dan zaikon (Wulandari, 2008).

Senyawa Pb yang ada dalam badan perairan dapat ditemukan dalam bentuk ion-ion divalen atau ion-ion tetravalen. Ion logam tetravalen ini mempunyai daya racun yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan ion Pb divalen. Badan perairan yang telah terkontaminasi senyawa atau ion-ion Pb dan melebihi konsentrasi yang semestinya, dapat mengakibatkan

kematian bagi biota perairan. Konsentrasi Pb yang mencapai 188 mg/l dapat membunuh ikan-ikan (Warlina, 2004).

Berdasarkan data terakhir dari Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Tengah diketahui beberapa kualitas air laut wilayah Pantai Utara Jawa Tengah Kota Semarang diketahui kadar Pb di perairan kota Semarang pada tahun 2009 dan kota Batang pada tahun 2004 telah tercemar logam Pb melebihi batas aman untuk biota laut yaitu 0,05 mg/l, sedangkan untuk daerah Jepara dan Pati pada tahun 2010 belum melebihi batas aman (Yulianto, 2010). Dari data di atas ada perbedaan dengan data kandungan Pb yang diukur pada ikan tongkol yang berasal dari kota Jepara yang didapatkan hasil pengukuran kandungan Pb sebesar 0,56 mg/kg, kandungan Pb dalam ikan tongkol ini lebih besar dari kandungan Pb dalam perairan di Pantai Kota Jepara yang menunjukkan hasil 0 mg/l. Adanya kandungan Pb dalam ikan tongkol dari kota Jepara ini perlu dikaji ulang sumber kontaminan Pb dalam ikan tersebut.

Adanya kandungan logam berat Pb pada ikan tongkol, dapat terakumulasi di dalam tubuh ikan yang membahayakan keamanan pangan. Hal ini menunjukkan adanya penyimpangan dari Peraturan Pemerintah Nomor 28 Tahun 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan,

dimana bahan pangan yang beredar harus memenuhi ketentuan bebas dari cemaran biologis, kimiawi, maupun fisik. Timbal merupakan suatu logam toksik yang bersifat kumulatif, dimana toksisitasnya dapat berpengaruh negatif pada kesehatan manusia yang terpapar melebihi batas amannya. *Food and Agricultural Organization / World Health Organization* (FAO/WHO) menyatakan bahwa toleransi asupan perminggu / *provisional tolerable weekly intake* (PTWI) untuk logam timbal dalam tubuh manusia adalah 25 µg/kg berat badan, ini berarti setara dengan 1500 mg/g timbal/minggu untuk orang dengan berat 60 kg.<sup>(15)</sup> Kandungan Pb dalam ikan tongkol yang beredar di Pasar Rejomulyo dikategorikan masih dalam batas aman, asalkan pola konsumsi masyarakat sesuai dengan PTWI yang telah ditetapkan oleh FAO/WHO.

### **Kadmium (Cd)**

Kadar logam kadmium (Cd) tertinggi pada ikan tongkol sebesar 0,30 mg/kg dan terendah 0,05 mg/kg dengan rata-rata 0,156 mg/kg dan standar deviasi 0,9684 mg/kg. Berdasarkan Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia tahun 2009 dan Standar Nasional Indonesia (SNI:7387) tahun 2009, secara rata-rata kadar logam berat

kadmium (Cd) pada ikan tongkol telah melebihi batas maksimum cemaran logam kadmium pada makanan (ikan olahan) yang diperkenankan yaitu sebesar 0,1 mg/kg. Terdapat 60% sampel (6 dari 10 sampel) mengandung logam kadmium (Cd) di atas batas maksimum yang diperkenankan, sehingga perlu ditelusuri kembali sumber kontaminannya dan perlu kewaspadaan dalam pola konsumsinya.

Adanya perbedaan kadar Cd pada sampel ikan tongkol pengambilan tahap pertama dan tahap kedua, ini dimungkinkan karena adanya beberapa faktor. Pengambilan pada tahap pertama dengan hasil kadar Cd yang melebihi batas maksimum, dikarenakan kemungkinan lokasi penangkapan ikan laut berada pada sumber pencemaran logam berat, adanya waktu yang berbeda dalam pengambilan sampel menyebabkan akumulasi yang berbeda karena akumulasi logam pada ikan dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Faktor lingkungan yang mempengaruhi adanya percepatan akumulasi logam yaitu seperti: salinitas, arus dan gerakan pasang surut air laut.

Berdasarkan penelitian Wulandari (2008), kandungan logam berat pada ikan dapat dipengaruhi oleh salinitas, arus dan gerakan pasang surut air laut.<sup>(8)</sup> Oleh karena itu, tingginya

kandungan logam Cd pada minggu pertama di perairan laut wilayah ikan dapat dipengaruhi oleh salinitas, arus dan gerakan pasang surut. Kandungan Cd pada sampel tahap pertama dapat dipengaruhi oleh rendahnya salinitas perairan pada saat pengambilan ikan tongkol oleh nelayan. Air laut dengan salinitas yang rendah akan menurunkan ion klorida yang menyebabkan penghambatan kompleks klorida, sehingga konsentrasi logam berat bebas akan meningkat. Adanya arus dan gerakan pasang surut air laut pada saat pengambilan ikan juga mempengaruhi tingginya kandungan logam berat dalam tubuh ikan. Apabila pada saat pasang nelayan mengambil ikan maka keadaan air laut pada saat itu dapat dimungkinkan mengandung tinggi logam berat dari cemaran limbah yang dibuang di muara dan daerah sungai. Adanya pasang surut ini menggerakkan massa air secara horizontal, sehingga terjadi pencampuran (Palar, 2009).

Adanya kontaminasi Cd dalam tubuh ikan tongkol, mengindikasikan adanya pencemaran logam berat Cd di perairan Laut Jawa. Adanya pencemaran Cd di perairan Laut Utara Jawa Tengah dapat diakibatkan karena adanya pembuangan limbah yang tidak ramah lingkungan dari proses kegiatan industri-

industri yang berdiri di sekitar wilayah pantura Jawa Tengah. Adapun industri yang banyak memakai kadmium untuk proses *electroplating* (pelapisan elektrik) serta galvanisasi karena kadmium memiliki keistimewaan nonkorosif. Kadmium banyak digunakan dalam pembuatan alloy, pigmen warna pada cat, keramik, plastik, stabilizer plastik, katode untuk Ni-Cd pada baterai, bahan fotografi, pembuatan tabung TV, karet, sabun, kembang api, percetakan tekstil, dan pigmen untuk gelas dan email gigi (Peraturan BPOM, 2009).

Pola konsumsi ikan tongkol secara berlebih dapat meningkatkan resiko efek negatif kesehatan pada manusia. Logam berat dapat menimbulkan efek negatif dalam kehidupan makhluk hidup seperti mengganggu reaksi kimia, menghambat absorpsi dari nutrien-nutrien yang esensial (Ashraf, 2006). Logam berat dapat menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia maupun hewan (Ginting, 2009)

Keracunan kadmium (Cd) secara epidemis pernah terjadi di Kota Toyama, Jepang pada tahun 1970 yang dilaporkan sebagai penyakit *itai-itai*, yaitu dengan

gejala keluhan sakit pinggang selama beberapa tahun dan akhirnya terjadi *osteomalacia* atau pelunakan tulang dan fraktur tulang punggung pada penderitanya (Kusnputrant, 1995). Begitu pula dengan timbal (Pb) yang memiliki tingkat toksisitas yang tinggi setelah Cd. Adanya paparan Pb dalam tubuh manusia dapat mengganggu sistem hemopoetik, sistem syaraf, sistem ginjal, sistem gastrointestinal, sistem kardiovaskuler, dan sistem reproduksi (Ginting, 2009).

Adanya kandungan logam berat (Pb dan Cd) pada ikan tongkol dapat diidentifikasi dan dianalisis bahaya atau kemungkinan adanya resiko bahaya yang menyebabkan masalah pangan melalui metode HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*). HACCP biasanya digunakan di industri-industri pangan, akan tetapi penilaian HACCP pada produk ikan di pasar juga penting untuk dilakukan. Hal ini berkaitan dengan penilaian mutu dan kualitas ikan sebagai bahan mentah dari suatu industri olahan pangan sebelum ikan tersebut masuk ke industri, sehingga mutu dan kualitas keamanannya dari hulu hingga hilir kegiatan industri dapat terjaga dengan baik.

Adanya kontaminasi logam berat (Pb dan Cd) dalam tubuh ikan tongkol yang berada di Pantai Utara Jawa ini

kemungkinan disebabkan oleh kontaminasi dari beberapa sumber kontaminan. Sumber kontaminan yang memungkinkan diduga berasal dari kontaminasi yang terjadi dalam lingkungan perairan dimana ikan tersebut hidup yang mempengaruhi sumber pangannya dalam rantai makanannya dan kontaminasi pada saat kegiatan penangkapan ikan, pengawetan, pengemasan, hingga kegiatan distribusi ikan sampai ke konsumen.

Menurut Rompas (2010) sebagian besar logam berat masuk ke dalam tubuh organisme air melalui rantai makanan dan dapat juga masuk melalui jaringan biota, seperti insang dan kulit (Notoatmodjo, 2005). Berdasarkan penelitian Sivaperumal (2006) menyatakan adanya kandungan logam berat (Pb dan Cd) pada ikan dapat dikaitkan dengan adanya kegiatan industri di wilayah lingkungan perairan tempat ikan hidup (Palar, 2008) Berdasarkan data dari Dinas Perindustrian Provinsi JawaTengah, bila dilihat dari karakteristik limbahnya yang memungkinkan menyumbangkan limbah logam berat ke badan air dan perairan pantai utara adalah industri garment, ban luar mobil, pembangkit listrik, kerajinan kuningan, dan perakitan sepeda motor. Adanya kandungan logam berat pada



perairan Laut Utara Jawa Tengah inilah yang dapat mengkontaminasi sumber pakan ikan tongkol yang berada di perairan dimana ikan tongkol tersebut hidup.

## KESIMPULAN

Kadar rata - rata logam berat timbal (Pb) pada ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) di Pantai Utara Jawa sebesar 0,276 mg/kg masih di bawah batas aman yang ditetapkan oleh Peraturan BPOM RI tahun 2009 dan SNI 7387 tahun 2009, walaupun terdapat 40% sampel (4 dari 10 sampel) memiliki kadar logam berat Pb di atas standar maksimum yang diperbolehkan (< 0,3 mg/kg).

Kadar rata-rata logam berat kadmium (Cd) pada ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) di Pantai Utara Jawa sebesar 0,156 mg/kg telah melebihi batas aman yang ditetapkan oleh Peraturan BPOM RI tahun 2009 dan SNI 7387 tahun 2009, terdapat 60% sampel (6 dari 10 sampel) memiliki kadar logam berat Cd di atas standar maksimum yang diperbolehkan (< 0,1 mg/kg).

Kemungkinan sumber pencemaran logam berat pada ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) berdasarkan metode HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*) berasal dari sumber pakan ikan yang terkontaminasi lingkungan perairan

yang tercemar oleh limbah industri disepanjang pantai utara Jawa.

## DAFTAR PUSTAKA

Ashraf. 2006. *Levels Of Selected Heavy Metals in Tuna*. The Arabian Journal for Science and Engineering, Vol.31, No.31.

Badan Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Tengah. 2010. *Laporan Kualitas Perairan Provinsi Jawa Tengah tahun 2001 sampai dengan 2010*. Semarang.

Budiharo. 2007. *Studi Pengaruh Bulking Agents pada Proses Bioremediasi Lumpur Minyak*. Jurnal Purifikasi. Vol.8. N0.1.

Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Universitas Indonesia, Jakarta.

Ginting. 2009. *Pemanfaatan Limbah (Oil Sludge) sebagai Bahan Utama dalam Pembuatan Konstruksi Paving Block*. Tesis.

Kusnoputranto, H. 1995. *Pengantar Toksikologi Lingkungan*. Jakarta: Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi.

Notoatmodjo. 2005. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta : Rineka Cipta.

Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.

*Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK.00.06.1.52.4011 tahun 2009 tentang Penetapan Batas Maksimum Cemaran Mikroba dan Kimia dalam Makanan*.

- Rompas. 2010. *Toksikologi Kelautan*. Jakarta: Sekretariat Dewan Kelautan Indonesia.
- Sivaperumal. 2007. *Heavy Metal Concentration in Fish, Shellfish, and Fish Products from Internal Market of India vis-à-vis Internasional Standards*. Food Chemistry 102 (2007) 612-620.
- Wulandari. 2008. *Pola Sebaran Logam Berat Pb dan Cd di Muara Sungai Babon dan Seringin di Semarang*. Jurnal Ilmu Kelautan. Vol.13(14):203-208.
- Warlina. 2004. *Pencemaran Air: Sumber, Dampak dan Penanggulangannya*. Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- Yulianto. 2006. *Penelitian Tingkat Pencemaran Logam Berat di Pantai Utara Jawa Tengah*. Semarang: Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Tengah. Diakses pada 10 Desember 2010) <<http://bkp.deptan.go.id/Artikel.pdf>>.