



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN
PENCEMARAN LOGAM KADMIUM PADA IKAN
DI KAMPUNG NELAYAN MUARA ANGKE KELURAHAN
PLUIT KECAMATAN PENJARINGAN JAKARTA UTARA
TAHUN 2010**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Kesehatan Masyarakat**

**FIRA SUSIYETI
NPM : 0806442922**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
KEKHUSUSAN EPIDEMIOLOGI KESEHATAN LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : FIRA SUSIYETI
NPM : 0806442922
Tanda Tangan : 
Tanggal : 28 Juni 2010

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : FIRA SUSIYETI
NPM : 0806442922
Mahasiswa Program : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Tahun Akademik : 2008

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan tesis saya yang berjudul:

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN
PENCEMARAN LOGAM KADMIUM PADA IKAN
DI KAMPUNG NELAYAN MUARA ANGKE KELURAHAN PLUIT
KECAMATAN PENJARINGAN JAKARTA UTARA
TAHUN 2010**

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan plagiat maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 28 Juni 2010

METERAI
TEMPEL
JALAN KESAWAN TANJONG
TGL. 20
300CAAFF174310200
ENAM RIBU RUPIAH
6000 DJP
(FIRA SUSIYETI)

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh
Nama : Fira Susiyeti
NPM : 0806442922
Program Studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Judul Tesis : Analisis Risiko Kesehatan Pencemaran Kadmium
Pada Ikan Di Kampung Nelayan Muara Angke
Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan
Jakarta Utara Tahun 2010

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Kesehatan Masyarakat pada Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Haryoto Kusnoputranto, dr, SKM, DrPH (.....)

Pembimbing : drs. Abdur Rahman, M.Env. (.....)

Penguji : Dr. Ririn Arminsih, drg, MKM (.....)

Penguji : Dr. Riris Nainggolan, SKM, M.Kes. (.....)

Penguji : Suhardi, SE, MSi. (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 28 Juni 2010

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **FIRA SUSIYETI**
NPM : 0806442922
Program Studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Departemen : Kesehatan Lingkungan
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
Jenis Karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN
PENCEMARAN LOGAM KADMIUM PADA IKAN
DI KAMPUNG NELAYAN MUARA ANGKE KELURAHAN PLUIT
KECAMATAN PENJARINGAN JAKARTA UTARA
TAHUN 2010**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok
Pada tanggal: 28 Juni 2010
Yang menyatakan



(FIRA SUSIYETI)

BIODATA DIRI

Nama : **FIRA SUSIYETI**
Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 2 Januari 1975
Jenis Kelamin : Perempuan
Menikah dengan : Darwa, SKM, M.AP.
Anak : 1. Muhammad Dafi Bagas Nugroho
2. Muhammad Daffa Fadhilah Athif
Alamat : Komplek Binong Permai Blok B20
No. 25-26 RT 006 RW 002 Binong
Curug Tangerang, Banten
Email : fira_barat@yahoo.co.id

RIWAYAT PENDIDIKAN

- SD Islamic Village Tangerang Tahun 1984-1987
- SMP Negeri 6 Tangerang Tahun 1987-1990
- SMA Negeri 1 Tangerang Tahun 1990-1993
- D3 Akademi Kesehatan Lingkungan
Depkes RI Hang Jebat Jakarta Tahun 1993-1996
- S1 FKM Universitas Indonesia
Jurusan Manajemen Rumah Sakit Tahun 2002-2004
- S2 FKM Universitas Indonesia
Peminatan Epidemiologi Kesling Tahun 2008-2010

RIWAYAT PEKERJAAN

- PT. Kenari Djaja Jakarta Tahun 1996-2001
- Sudin Kesehatan Jakarta Barat Tahun 2001- sekarang

ABSTRAK

Nama : Fira Susiyeti
Program Studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Judul : Analisis Risiko Kesehatan Pencemaran Kadmium Pada Ikan
di Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit
Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara Tahun 2010

Kampung Nelayan Muara Angke berada di tepi perairan Teluk Jakarta yang telah tercemar logam kadmium. Masyarakatnya biasa mengkonsumsi ikan dari Teluk Jakarta sehingga dapat menimbulkan risiko gangguan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko pajanan kadmium pada masyarakat Muara Angke melalui pendekatan analisis risiko kesehatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *intake* kadmium melalui ikan pada masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke sebesar 0,000012 mg/kg/hari, dengan durasi pajanan masyarakat Muara Angke sebesar 24 tahun, berat badan masyarakat Muara Angke sebesar 59 kg. Laju asupan ikan sebesar 197,4 gr/hari dan frekuensi pajanan sebesar 294,3 hari/tahun. Hasil analisis menunjukkan bahwa Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke baik secara populasi dan individu belum memiliki risiko dan masih aman dari gangguan kesehatan nonkarsinogenik akibat pajanan kadmium dalam ikan untuk saat ini sampai dengan 30 tahun mendatang dengan asumsi bahwa sumber pajanan hanya berasal dari ikan saja dan tidak memperhitungkan pajanan kadmium dari sumber lain.

Kata kunci: kadmium, ikan, muara angke, pencemaran air laut, analisis risiko kesehatan

ABSTRAC

Title : Health Risk Assessment of Cadmium Exposure in Fish
at Kampung Nelayan Muara Angke Sub District Pluit
District Penjaringan North Jakarta 2010

Muara Angke located on the shores of Teluk Jakarta which have been polluted by heavy metals cadmium. The Community always eat fish from Teluk Jakarta, this would pose a risk of health problems. This study aimed to determine the level of risk exposure to cadmium at Muara Angke community through health risk analysis approach. The results showed that the intake of cadmium on fish for people in Kampung Nelayan Muara Angke at 0,000012 mg/kg/day, with duration of exposure to the community Muara Angke for 24 years, Muara Angke community weight of 59 kg. Fish intake rate of 197,4 g/day and frequency of exposure of 294,3 days/year. The results showed that Muara Angke community, population and individual do not have risks and still safe from health disorders noncancerogenic because of cadmium exposure in fish at this time to 30 years ahead on the assumption that cadmium exposure comes from fish only and do not take into account exposure to cadmium from other sources.

Key words: cadmium, fish, Muara Angke, sea water contamination, health risk assessment

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINIL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.4.1 Tujuan Umum.....	5
1.4.2 Tujuan Khusus.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Ruang Lingkup Penelitian.....	6
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Kondisi Perairan Teluk Jakarta.....	8
2.2 Deskripsi Wilayah Penelitian.....	15
2.3 Kadmium.....	17
2.3.1 Sifat dan Penggunaannya.....	17
2.3.2 Kadmium Pada Lingkungan.....	18
2.3.3 Kadmium Dalam Tubuh.....	21
2.3.3.1 Penyerapan (Absorpsi) Kadmium.....	21
2.3.3.2 Distribusi Kadmium.....	22
2.3.3.3 Bio-Transformasi (Metabolisme) Kadmium.....	22
2.3.3.4 Ekskresi Kadmium.....	23
2.4 Efek Kadmium Pada Tubuh.....	24
2.4.1 Akut.....	24
2.4.2 Efek Terhadap Ginjal.....	24
2.4.3 Efek Terhadap Paru-Paru.....	25
2.4.4 Efek Terhadap Darah dan Jantung.....	25
2.4.5 Efek Terhadap Tulang.....	25
2.4.6 Efek Terhadap system Reproduksi.....	25
2.5 Pencegahan dan Penanggulangan.....	26
2.5.1 Pencemaran Logam Kadmium.....	26
2.5.2 Toksisitas Kadmium.....	27

2.6 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan.....	28
2.6.1 Identifikasi Bahaya (<i>Hazard Potential Identification</i>).....	30
2.6.2 Analisis Paparan (<i>Exposure Assessment</i>).....	31
2.6.3 Analisis Efek (<i>Effect Assessment</i>).....	33
2.6.4 Karakteristik Risiko (<i>Risk Characterization</i>).....	34
3. KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL.....	36
3.1 Kerangka Teori.....	36
3.2 Kerangka Konsep.....	37
3.3 Definisi Operasional.....	38
4. METODOLOGI PENELITIAN.....	40
4.1 Rancangan Studi.....	40
4.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	40
4.3 Populasi dan Sampel.....	41
4.3.1 Populasi Subyek.....	41
4.3.2 Sampel Subyek.....	41
4.3.3 Populasi Ikan.....	42
4.3.4 Sampel Ikan.....	42
4.4 Metode Analisis Logam Kadmium Dalam Ikan.....	42
4.5 Pengumpulan Data.....	43
4.5.1 Persiapan Pengumpulan Data.....	43
4.5.2 Penentuan Jenis Ikan.....	43
4.5.3 Menghitung Laju Asupan (R).....	44
4.5.4 Menghitung Frekuensi Paparan (f_E).....	45
4.5.5 Menghitung Tingkat Risiko Kadmium (RQ).....	45
4.6 Pengolahan Data.....	46
4.7 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan.....	46
5. HASIL PENELITIAN.....	50
5.1 Karakteristik Responden.....	50
5.2 Konsentrasi Kadmium Dalam Ikan.....	51
5.3 <i>Intake</i> Kadmium Dalam Ikan.....	53
5.3.1. Distribusi Konsentrasi Kadmium (C).....	53
5.3.2. Distribusi Laju Asupan (R).....	54
5.3.3. Distribusi Frekuensi Paparan (f_E).....	55
5.3.4. Distribusi Berat Badan (W_b) dan Durasi Paparan (D_t).....	56
5.4 Analisis Dosis Respon.....	56
5.5 Karakteristik Risiko.....	57
5.5.1 Tingkat Risiko (RQ) Untuk Populasi.....	57
5.5.2 Tingkat Risiko (RQ) Untuk Individu.....	61

6. PEMBAHASAN.....	63
6.1 Keterbatasan Penelitian	63
6.2 Karakteristik Responden.....	63
6.3 <i>Intake</i>	64
6.3.1. Konsentrasi Kadmium Dalam Ikan.....	64
6.3.2. Durasi Paparan.....	66
6.3.3. Laju Asupan.....	67
6.3.4. Berat Badan.....	68
6.4 Tingkat Risiko.....	68
6.5 Manajemen Risiko.....	69
7. KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
7.1 Kesimpulan	71
7.2 Saran.....	72

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konsentrasi Logam Berat di Teluk Jakarta Tahun 1997 – 1996.....	10
Tabel 2.2	Konsentrasi Logam Berat di Perairan Ancol dan Perairan Dadap Teluk Jakarta Tahun 2004.....	10
Tabel 2.3	Hasil Pemeriksaan Logam Berat Cd dalam Sampel Hasil Laut Berdasarkan Jenisnya di Kepulauan Seribu 2005.....	11
Tabel 2.4	Kandungan Logam Berat Cd dan Hg Pada Kerang Hijau di Muara Kamal Teluk Jakarta Tahun 1996.....	12
Tabel 2.5	Produksi Ikan di Tempat Pelelangan Ikan Muara Angke Tahun 2008.....	16
Tabel 2.6	Hasil Observasi 10 Jenis Ikan yang Sering Dikonsumsi Masyarakat Muara Angke Tahun 2010.....	17
Tabel 2.7	Kandungan Kadmium Dalam Berbagai Jenis Air Buangan	19
Tabel 2.8	Jenis <i>Food Supplement</i> Untuk Mengurangi Toksisitas Kadmium.....	27
Tabel 2.9	Aspek-Aspek yang Perlu diperhatikan Dalam Analisis Paparan.....	32
Tabel 5.1	Distribusi Menurut Jenis Kelamin, Status Perkawinan, Umur, Pendidikan dan Pekerjaan Responden Di Muara Angke Tahun 2010.....	50
Tabel 5.2	Konsentrasi Kadmium Dalam Ikan yang Berasal Dari Perairan Teluk Jakarta Tahun 2010.....	52
Tabel 5.3	Distribusi Konsentrasi Kadmium Dalam Ikan yang Dikonsumsi Masyarakat Nelayan Muara Angke Tahun 2010.....	54
Tabel 5.4	Distribusi Menurut Laju Asupan Responden Di Muara Angke Tahun 2010.....	54
Tabel 5.5	Distribusi Menurut Frekuensi Paparan Responden Di Muara Angke Tahun 2010.....	55
Tabel 5.6	Distribusi Menurut Berat Badan dan Durasi Paparan Responden Di Muara Angke Tahun 2010.....	56
Tabel 5.7	Nilai Untuk Menghitung Tingkat Risiko Populasi di Muara Angke Tahun 2010.....	57
Tabel 5.8	Tingkat Risiko (RQ) Populasi Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke Dalam Mengonsumsi 3 Jenis Ikan Tahun 2010.....	58
Tabel 5.9	Tingkat Risiko (RQ) Populasi Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke Dalam Mengonsumsi Gabungan Ketiga Jenis Ikan Tahun 2010.....	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Faktor Yang Mempengaruhi Toksisitas Logam Berat Dalam Larutan.....	14
Gambar 2.2	Peta Lokasi Penelitian Kampung Nelayan Muara Angke	15
Gambar 2.3	Perjalanan Logam Sampai Ke Tubuh Manusia.....	20
Gambar 2.4	Analisis Risiko, Evaluasi Risiko dan Pengelolaan Risiko	29
Gambar 2.5	Analisis Risiko dan Manajemen Model.....	30
Gambar 3.1	Kerangka Teori.....	36
Gambar 3.2	Kerangka Konsep.....	37
Gambar 5.1	Grafik Tingkat Risiko (RQ) Populasi Masyarakat Muara Angke Untuk Durasi Paparan <i>Real Time</i> , Prediksi 10, 20 dan 30 Tahun Mendatang.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kuesioner Analisis Risiko Kesehatan Pencemaran Logam Kadmium Pada Ikan Di Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara)
- Lampiran 2 Hasil Pemeriksaan Laboratorium
- Lampiran 3 Surat Ijin Penelitian
- Lampiran 4 Tingkat Risiko (RQ) Kadmium Pada Ikan Kembung Masyarakat Muara Angke Tahun 2010
- Lampiran 5 Tingkat Risiko (RQ) Kadmium Pada Ikan Tongkol Masyarakat Muara Angke Tahun 2010
- Lampiran 6 Tingkat Risiko (RQ) Kadmium Pada Ikan Teri Masyarakat Muara Angke Tahun 2010
- Lampiran 7 Tingkat Risiko (RQ) Kadmium Pada Gabungan Semua Jenis Ikan Masyarakat Muara Angke Tahun 2010
- Lampiran 8 Lampiran Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
- Lampiran 9 Lampiran Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan RI No. HK.00.06.1.52.4011 Tahun 2009 Tentang Penetapan Batas Maksimum Cemar Mikroba dan Kimia Dalam Makanan
- Lampiran 10 Hasil Analisis Data Variabel
- Lampiran 11 Dokumentasi Penelitian

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan ekonomi menitikberatkan pada pembangunan sektor industri. Dampak positif dari suatu pembangunan adalah meningkatnya kualitas hidup manusia ditandai dengan meningkatnya pendapatan masyarakat, sedangkan dampak negatifnya terdapatnya pencemaran yang dapat menurunkan kesehatan masyarakat. Salah satunya adalah pencemaran air, pengertian pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu sehingga tidak sesuai dengan peruntukannya (Keputusan Gubernur DKI No. 582 Tahun 1995). Pada buangan industri tersebut terdapat unsur atau senyawa logam berat, di Indonesia, pencemaran logam berat cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya proses industrialisasi.

Pencemaran logam berat di Perairan Teluk Jakarta pertama kali dikemukakan oleh Yatim dalam Hutagalung & Rochyatun (1997), dari hasil penelitiannya menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat dalam air di Teluk Jakarta sudah tergolong tinggi. Kegiatan industri merupakan sumber potensial dalam menyumbangkan pencemaran logam berat di wilayah pesisir dan perairan Teluk Jakarta.

Kadmium merupakan logam berat yang paling berbahaya setelah merkuri. Tingkat toksisitas logam berat terhadap hewan air, mulai dari yang paling toksik adalah Hg, Cd, Zn, Pb, Cr, Ni, Co. Sementara itu, tingkat toksisitas terhadap manusia dari yang paling toksik adalah Hg, Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn (Widowati, Sastiono, & Rumampuk, 2008). Terjadi kecenderungan peningkatan konsentrasi logam berat di perairan Teluk Jakarta bahkan ada yang telah melampaui baku mutu yang telah ditetapkan. Terjadi peningkatan konsentrasi kadmium sebesar 86,2% dari tahun 1979 sampai dengan tahun 1996. Pada tahun 1996 konsentrasi kadmium pada perairan Teluk Jakarta sebesar 0,0362 mg/l, nilai ini telah melebihi ambang batas yang diperbolehkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. B-2354/MENLH/12/1993 tentang Baku Mutu Air

Laut dimana konsentrasi kadmium pada perairan laut harus di bawah 0,01 mg/l. (Bapedalda, 2000).

Penelitian-penelitian yang berkaitan dengan kontaminasi kadmium pada makanan telah banyak dilakukan, May & McKinney dalam WHO (1992) telah meneliti ikan air tawar di Amerika pada tahun 1976-1977 dan telah menentukan konsentrasi kadmium, yaitu antara 0,01 sampai 1,04 mg/kg (berat basah) dengan rata-rata 0,085 mg/kg. Pada tahun 1983 konsentrasi kadmium pada biota laut berkisar antara 0,02 – 0,08 mg/kg dan terjadi peningkatan pada tahun 1990 menjadi 10,7 mg/kg (KP2L DKI Jakarta, 1994). Berdasarkan penelitian Rais dalam Bapedalda DKI Jakarta (2000) terdapat kandungan logam kadmium yang tinggi pada kerang bulu (*Anadara indica*) dengan konsentrasi antara 0,2176 sampai 0,8143 mg/kg. Penelitian juga dilakukan oleh Hartati (2001) terhadap daging kerang hijau di perairan Cilincing dan Marunda Teluk Jakarta didapatkan hasil konsentrasi kadmium sebesar 0,22 dan 0,12 mg/kg. Sedangkan penelitian kandungan logam kadmium pada kerang hijau di Muara Kamal didapatkan hasil berkisar antara 0,2158 sampai dengan 0,6976 mg/kg. Pada penelitian oleh Anwar, Musadad & Sukar (2008) didapatkan hasil pemeriksaan logam berat kadmium pada berbagai jenis hasil laut yaitu untuk ikan konsentrasi kadmium sebesar 0,016 – 0,08 mg/kg. Purnomo (2006) meneliti konsentrasi kadmium dalam ikan di Pulau Pasaran Kota Karang-Bandar Lampung dan didapatkan hasil konsentrasi kadmium sebesar 0,212 mg/kg. Menurut Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan RI No. HK.00.06.1.52.4011 Tahun 2009 Tentang Penetapan Batas Maksimum Cemarkan Mikroba dan Kimia Dalam Makanan, untuk cemarkan logam berat kadmium pada ikan olahan sebesar 0,1 mg/kg.

Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia, tergantung pada bagian mana dari logam berat tersebut yang terikat dalam tubuh serta besarnya dosis paparan. Pencemaran yang disebabkan oleh logam kadmium telah menyebabkan timbulnya penyakit di sekitar sungai Jinzu kota Toyama bagian barat Jepang yang dikenal dengan *itai-itai disease*. Penyakit ini ditandai dengan osteomalacia dan osteoporosis yang disertai dengan kerusakan ginjal (WHO, 1992). Keracunan akibat logam kadmium bersifat kronis dan terjadi dalam selang waktu yang sangat panjang. Peristiwa ini terjadi karena logam

kadmium yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah kecil, akan tetapi karena proses pemajanan tersebut berlangsung terus menerus maka akan terakumulasi dalam tubuh hingga pada konsentrasi tertentu dapat menimbulkan gangguan kesehatan (Palar, 2004).

Kampung Nelayan Muara Angke merupakan salah satu daerah yang berada di tepi Teluk Jakarta. Masyarakat disana merupakan *high fish consumption* yaitu masyarakat yang lebih banyak mengkonsumsi ikan dibandingkan dengan masyarakat yang tidak tinggal dekat perairan Teluk Jakarta. Hal ini bisa disebabkan karena sebagian besar masyarakat disana berprofesi sebagai nelayan dan juga tempat tinggal mereka berada dekat dengan tempat pelelangan ikan. Mereka makan ikan hampir setiap selain didapatkan dari tangkapan sehari-hari kadang-kadang mereka mendapatkan ikan secara cuma-cuma dari tempat pelelangan ikan. Ikan yang mengandung logam kadmium walaupun dalam konsentrasi yang rendah, bila dikonsumsi hampir setiap hari maka lama kelamaan akan menimbulkan gangguan kesehatan.

Selama ini di Kampung Nelayan Muara Angke belum ada penelitian mengenai kejadian penyakit kronis yang disebabkan oleh keracunan karena mengkonsumsi hasil laut terutama ikan yang mengandung logam kadmium. Sebagaimana diketahui penyakit kronis yang disebabkan oleh logam kadmium terjadi dalam kurun waktu yang relatif lama yaitu sekitar 20 sampai 30 tahun. (Palar, 2004). Muara Angke merupakan daerah hulu dan juga tempat pertemuan sungai dan laut. Sehingga Muara Angke merupakan tempat bermuaranya limbah baik yang berasal dari kali di Jakarta maupun dari Laut Jawa. Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke sering mengkonsumsi ikan hasil tangkapan dari Teluk Jakarta sehingga mereka sangat berisiko terkena dampak logam berat kadmium yang kemungkinan terdapat pada ikan tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Terjadinya peningkatan konsentrasi logam berat kadmium pada Perairan Teluk Jakarta sebesar 82,6% dari tahun 1979 sampai dengan tahun 1996 (Bapedalda, 2000), serta ditemukannya logam kadmium pada ikan dengan konsentrasi sebesar 0,016 – 0,08 mg/kg (Anwar, Musadad & Sukar, 2008)

berisiko mengancam kesehatan masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke Kecamatan Pluit Jakarta Utara yang selama ini selalu mengkonsumsi ikan yang berasal dari perairan Teluk Jakarta.

Ikan yang mengandung kadmium yang dikonsumsi secara terus menerus akan menimbulkan risiko keracunan yang bersifat kronis, terjadi akumulasi logam berat kadmium pada tubuh manusia dimana pada suatu saat tubuh tidak lagi mampu memberikan toleransi terhadap daya racun yang dibawa oleh kadmium. Keracunan yang bersifat kronis ini membawa akibat yang lebih buruk dan penderitaan yang lebih menakutkan bila dibandingkan dengan keracunan akut. Pada keracunan kronis yang disebabkan oleh kadmium umumnya berupa kerusakan-kerusakan pada banyak sistem fisiologis tubuh. Sistem-sistem tubuh yang dapat dirusak oleh keracunan kronis logam kadmium adalah pada sistem urinaria (ginjal), sistem respirasi (pernafasan/paru-paru), sistem sirkulasi (darah) dan jantung. Di samping semua itu, keracunan kronis tersebut juga merusak kelenjar reproduksi, sistem penciuman dan bahkan dapat mengakibatkan kerapuhan pada tulang (Widowati, Sastiono & Rumampuk, 2008).

Dalam penelitian ini akan dilihat apakah masyarakat di Kampung Nelayan Muara Angke aman dalam mengkonsumsi ikan yang berasal dari perairan Teluk Jakarta. Walaupun logam kadmium bersifat toksik namun tidak serta merta menimbulkan keracunan pada manusia karena banyak faktor yang mempengaruhi, salah satunya tergantung dari asupan (*intake*) kadmium yang masuk ke tubuh manusia. Studi epidemiologi hanya melihat efek dari logam kadmium tapi belum bisa memberikan solusi bagaimana caranya agar masyarakat tidak terkena efek dari logam kadmium tersebut.

Maka rumusan permasalahannya adalah sebagai berikut :

1. Belum diketahuinya konsentrasi kadmium dalam ikan di tempat pelelangan ikan Muara Angke yang berasal dari Teluk Jakarta
2. Belum diketahuinya asupan (*intake*) kadmium dalam ikan pada Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke
3. Belum pernah dilakukan analisis risiko kesehatan lingkungan pada Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke, untuk melihat berapa tingkat risiko timbulnya gangguan kesehatan akibat pajanan logam

kadmium dan bagaimana manajemen risikonya agar bisa dikendalikan resiko tersebut dengan tidak menghentikan mengkonsumsi ikan yang berasal dari perairan Teluk Jakarta.

1.3. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka yang menjadi pertanyaan dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa konsentrasi kadmium dalam ikan di Tempat Pelelangan Ikan Muara Angke yang berasal dari Teluk Jakarta?
2. Berapa asupan (*intake*) kadmium dalam ikan pada Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara ?
3. Berapa tingkat risiko yang bisa menimbulkan gangguan kesehatan akibat pajanan logam kadmium pada Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara ?
4. Bagaimana manajemen risiko untuk menurunkan tingkat risiko kesehatan Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara ?

1.4. Tujuan Penelitian

1.4.1. Tujuan Umum

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat risiko gangguan kesehatan akibat pajanan logam kadmium pada ikan yang dikonsumsi Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara dan merumuskan upaya-upaya pengendalian risiko kesehatan tersebut.

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui konsentrasi kadmium pada ikan yang berasal dari perairan Teluk Jakarta
2. Mengetahui karakteristik antropometri dan pola aktifitas masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara

3. Mengestimasi tingkat risiko kesehatan oleh asupan kadmium dalam ikan yang dikonsumsi Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara
4. Merumuskan manajemen risiko untuk menurunkan tingkat risiko kesehatan Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara

1.5. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi awal kepada instansi terkait pada umumnya dan Masyarakat Muara Angke pada khususnya tentang risiko kesehatan akibat mengkonsumsi ikan yang mengandung logam kadmium.
2. Memberikan informasi awal kepada pengambil kebijakan, khususnya Pemerintah DKI Jakarta untuk melakukan manajemen risiko.
3. Bagi peneliti sendiri merupakan suatu kesempatan yang berharga untuk dapat menambah pengetahuan serta pengalaman dalam menganalisa risiko dampak kadmium dalam ikan terhadap kesehatan masyarakat yang mengkonsumsinya.

1.6. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah studi analisis risiko kesehatan lingkungan, khususnya tentang pengamanan pangan akibat mengkonsumsi ikan yang mengandung kadmium. Subyek penelitian ini adalah masyarakat yang tinggal di Kampung Nelayan di Muara Angke. Obyek penelitian adalah konsentrasi logam kadmium dalam ikan yang dikonsumsi oleh Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara. Kelebihan analisis risiko kesehatan lingkungan adalah mampu memprediksi risiko menurut proyeksi pemajanan ke depan. Dengan kemampuan ini maka risiko gangguan kesehatan yang akan terjadi di masa yang akan datang akibat *risk agent* yang ada di lingkungan, dapat dicegah.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kondisi Perairan Teluk Jakarta

Perairan teluk Jakarta adalah sebuah teluk di perairan laut Jawa yang terletak di sebelah utara provinsi DKI Jakarta. Berdasarkan laporan dari BPLHD dalam KP2L DKI Jakarta (1994), kondisi fisik perairan Teluk Jakarta sebagai berikut :

1. Kedalamam Teluk Jakarta berkisar dari 4,00 – 29,0 meter.
2. Kemiringan dasar lautnya ke arah utara, artinya makin ke utara makin dalam.
3. Kedalamam di muara berkisar 0,50 – 3,00 meter.
4. Pada daerah pesisir dalam waktu 24 jam terjadi satu kali pasang tertinggi dan satu kali surut rendah.
5. Pada musim kemarau perbedaan pasang surut sekitar 1,2 meter dan besaran diurnal pada mulut Teluk Jakarta 3,8 meter di Tanjung Pasir besaran diurnalnya 2,6 meter sedangkan di Kepulauan Seribu adalah 4,2 meter.
6. Kecepatan arus berkisar antara 0,20 – 1,20 m/detik dengan arah barat (332°) sampai dengan tenggara (144°).
7. Umumnya tinggi gelombang di Teluk Jakarta berkisar antara 0,1 – 1 meter, dengan periode 1 sampai 8 detik dan memiliki panjang gelombang 1 – 21 meter.
8. Suhu di perairan laut berkisar antara $27,90 - 28,87^{\circ}\text{C}$.
9. Salinitas perairan laut berkisar antara $31,50 - 32,59^{\circ}/_{00}$.

Teluk Jakarta membentang dari Tanjung Kait di bagian Barat hingga Tanjung Kerawang di bagian Timur, dan merupakan muara dari 13 sungai yang membelah kota Jakarta, diantaranya sungai Cisadane di bagian Barat, sungai Ciliwung di bagian tengah dan sungai Citarum serta sungai Bekasi yang berada di bagian Timur. Sebagai pintu gerbang menuju ibu kota negara, perairan Teluk Jakarta merupakan media transportasi yang sangat vital bagi kegiatan yang

mendukung pembangunan berbagai sektor seperti perhubungan, perdagangan, industri, pariwisata, pertambangan dan sektor lainnya. Sepanjang pantai Teluk Jakarta selain padat dengan pemukiman penduduk, berbagai jenis kegiatan manusia juga banyak menempati wilayah ini seperti kegiatan industri. Dalam posisinya sebagai tempat pembuangan akhir dari proses daur air, maka perairan laut akan menerima beban limbah yang terbesar yang mengalir melalui media air. Dan telah memberikan indikasi nyata penurunan kualitas air, terutama di sekitar muara dan pantai Teluk Jakarta. Selain sumber pencemar yang berasal dari daratan, berbagai kegiatan di perairan laut juga berperan sebagai sumber pencemar (Hartati, 2001).

Secara umum, sumber pencemaran dari daratan dapat dikelompokkan sebagai sumber pencemar industri, pemukiman atau domestik, pertambangan, transportasi, pertanian, pariwisata dan budidaya perikanan. Bagi Teluk Jakarta sumber pencemar potensial dari daratan adalah limbah cair perkotaan, limbah industri dan limbah transportasi. Kegiatan tersebut menghasilkan limbah atau pencemar mengandung bahan organik cair dan padat, logam berat, deterjen, fenol dan minyak. Sedang sumber pencemar dari perairan laut berasal dari kegiatan pertambangan lepas pantai, perikanan yang menggunakan bahan peledak, transportasi laut dan buangan limbah ke laut oleh kegiatan pariwisata bahari. Pemantauan kualitas perairan pantai dan laut di Teluk Jakarta secara garis besar menunjukkan bahwa hingga batas 5 km dari garis pantai ke arah laut, kualitas air relatif buruk hingga melampaui baku mutu bagi kehidupan biota perairan (KP2L DKI Jakarta, 1994).

Menurut penelitian Rozanah dalam Anwar, Musadad & Sukar (2008) pencemaran yang terjadi di Teluk Jakarta diakibatkan oleh pembuangan limbah industri kertas, minyak goreng, limbah industri rumah tangga, industri pengolahan logam di kawasan Pantai Marunda dan industri dari 13 sungai yang ada di DKI Jakarta serta pembuangan minyak secara rutin dari kapal dan perahu kecil di kawasan Teluk Jakarta.

Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar Teluk Jakarta yang membutuhkan perhatian seksama oleh sifatnya yang beracun dan berbahaya bagi kehidupan organisme dan manusia. Pengaruh logam berat terhadap kesehatan

manusia dapat bersifat kronis maupun akut. Limbah industri diduga memberikan kontribusi yang nyata terhadap perairan Teluk Jakarta. Limbah industri dari kota Jakarta dibuang ke laut melalui sungai dan kanal yang melintasi Jakarta, antara lain Kali Ciliwung, Kali Angke, Kali Sunter, Kali Cakung, Kali Krukut, Kali Grogol dan lainnya. Pemantauan terhadap kualitas air badan sungai dan kanal menunjukkan terdapatnya kandungan logam berat, terutama Cd, Pb dan Zn (Bapedalda DKI Jakarta, 2000). Logam berat adalah "trace metal" yang mempunyai berat jenis sedikitnya 5 kali lebih besar dari air, misalnya kadmium, timbal dan merkuri (Kusnoputranto, 1995). Pencemaran di Teluk Jakarta tersebut membutuhkan perhatian oleh karena (Bapedalda DKI Jakarta, 2000):

- Sifat logam berat yang tidak terdegradasi, sehingga dapat terakumulasi dalam lingkungan perairan.
- Logam berat dapat terakumulasi dalam organisme. Dalam aliran rantai makanan maka penduduk yang mengkonsumsi hasil perikanan tersebut berpotensi mengalami gangguan kesehatan.
- Logam berat mudah terakumulasi dalam sedimen. Konsentrasi logam berat dalam sedimen umumnya lebih tinggi dibandingkan konsentrasinya dalam air. Sedimen juga mudah tersuspensi karena pergerakan massa air sehingga sedimen akan menjadi sumber pencemar potensial pada skala waktu yang tertentu.

Tidak seperti polutan organik yang dapat terurai oleh pemaparan sinar matahari atau panas, logam mempunyai sifat menetap. Logam-logam tersebut akan tertimbun dalam "landfill" dan tercuci ke dalam sedimen, tetapi mereka tidak pernah menghilang seluruhnya dan selalu tetap mengancam dimasa mendatang (Kusnoputranto, 1995). Pengukuran konsentrasi logam berat yang mencemari Teluk Jakarta telah dilakukan sejak tahun 1979, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.1:

Tabel 2.1 Konsentrasi Logam Berat di Teluk Jakarta Tahun 1979-1996

Logam Berat	1979 (Illahude) mg/l	1995 (LAPAN) mg/l	1996 (Bapedalda) mg/l	Baku Mutu Air Laut mg/l
Hg	0,0028	0,0002	0,0002	0,0006
Pb	0,04	0,194	0,64	0,05
Cd	0,005	0,029	0,0362	0,01
Zn	0,14	0,26	-	0,1

Sumber: Bapedalda DKI, 2000

Dari Tabel 2.1 terlihat untuk Hg dari tahun 1979 sampai dengan 1996 terjadi penurunan konsentrasi sebanyak 92,8% dan masih berada di bawah baku mutu air laut yang diizinkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. B-2354/MENLH/12/1993. Pb mengalami peningkatan konsentrasi sebesar 93,8% dan telah melampaui baku mutu yang ditetapkan. Cd (kadmium) mengalami peningkatan konsentrasi sebesar 86,2% dan telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Zn mengalami kenaikan konsentrasi dari tahun 1979 sampai dengan 1995 sebesar 46,2% dan telah melebihi baku mutu yang ditetapkan. Hasil penelitian Kusumastanto dalam Widowati, Sastiono & Rumampuk (2008) dapat dilihat pada Tabel 2.2:

Tabel 2.2 Konsentrasi Logam Berat di Perairan Ancol dan Perairan Dadap Teluk Jakarta Tahun 2004

Parameter	Konsentrasi di Perairan Ancol (mg/l)	Konsentrasi di Perairan Dadap (mg/l)
Timbal (Pb)	0,120	0,093
Kadmium (Cd)	0,068	0,054
Kuprum (Cu)	0,068	0,059
Merkuri (Hg)	0,005	0,006

Sumber : Widowati, Sastiono & Rumampuk (2008)

Dari tabel 2.2 terlihat bahwa konsentrasi Pb di Perairan Ancol lebih tinggi 22,5% dari konsentrasi Pb di Perairan Dadap. Konsentrasi kadmium di Perairan Ancol lebih tinggi 20,6% dari konsentrasi kadmium yang ada di Perairan Dadap dan telah melebihi batas baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan

Pengendalian Pencemaran Air. Konsentrasi Cu di Perairan Ancol juga lebih tinggi 13,2% dari konsentrasi Cu yang ada di Perairan Dadap, hanya Hg yang mempunyai konsentrasi lebih tinggi 16,7 di Perairan dadap dari konsentrasi Hg yang ada di Perairan Ancol.

Sumber daya alam yang dimiliki oleh Teluk Jakarta antara lain adalah perikanan yang menjadi sumber penghidupan masyarakat nelayan di Jakarta Utara. Penelitian yang dilakukan oleh Anwar, Musadad & Sukar (2008) mengenai kandungan kadmium pada hasil laut di Kepulauan Seribu, didapatkan hasil sebagai berikut (Tabel 2.3):

Tabel 2.3 Hasil Pemeriksaan Logam Berat Cd Dalam Sampel Hasil Laut Berdasarkan Jenisnya di Kepulauan Seribu Tahun 2005

Jenis Hasil Laut	Konsentrasi Cd (mg/kg)	
	Rentang	Rata-rata \pm SE
Ikan (n = 97)	0,016 – 0,080	0,060 \pm 0,008
Kerang (n = 6)	0,099 – 0,530	0,261 \pm 0,071
Cumi-cumi (n = 5)	0,031 – 0,301	0,106 \pm 0,049
Udang (n = 2)	0,344 – 0,356	0,350 \pm 0,006

Sumber : Anwar, Musadad & Sukar (2008)

Pada Tabel 2.3 terlihat bahwa konsentrasi kadmium dalam biota laut yang diteliti sebagian besar telah melampaui batas yang diperbolehkan menurut Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan RI No. HK.00.06.1.52.4011 Tahun 2009 Tentang Penetapan Batas Maksimum Cemar Mikroba dan Kimia Dalam Makanan. Hal ini menunjukkan menurunnya kualitas sumber daya laut berupa hasil perikanan terutama dalam kaitan dengan kebutuhan untuk konsumsi masyarakat yang berasal dari Teluk Jakarta. Bagi Jakarta Utara dan Kepulauan Seribu, kegiatan perikanan merupakan kegiatan utama dimana Muara Angke merupakan salah satu pusat aktifitas perikanan dan sebagian besar masyarakatnya berprofesi sebagai nelayan. Pada penelitian di Muara Kamal (Bapedalda DKI Jakarta, 2000) didapatkan hasil sebagai berikut (Tabel 2.4) :

Tabel 2.4 Kandungan logam Berat Cd dan Hg Pada Kerang Hijau Di Muara Kamal Teluk Jakarta Tahun 1996

Stasiun	Ukuran	Kadmium (Cd) mg/kg	Raksa (Hg) mg/kg
I	Besar	0,6976	0,0074
	Sedang	0,3466	0,0109
	Kecil	0,6358	0,0073
II	Besar	0,2336	0,0036
	Sedang	0,2335	0,0084
	Kecil	0,404	0,0041
III	Besar	0,2203	0,0079
	Sedang	0,2158	0,0076
	Kecil	0,3915	0,0036

Sumber : Bapedalda DKI Jakarta Tahun 2000

Dari tabel 2.4 terlihat bahwa konsentrasi kadmium pada kerang juga telah melebihi baku mutu yang telah ditetapkan Badan POM RI.

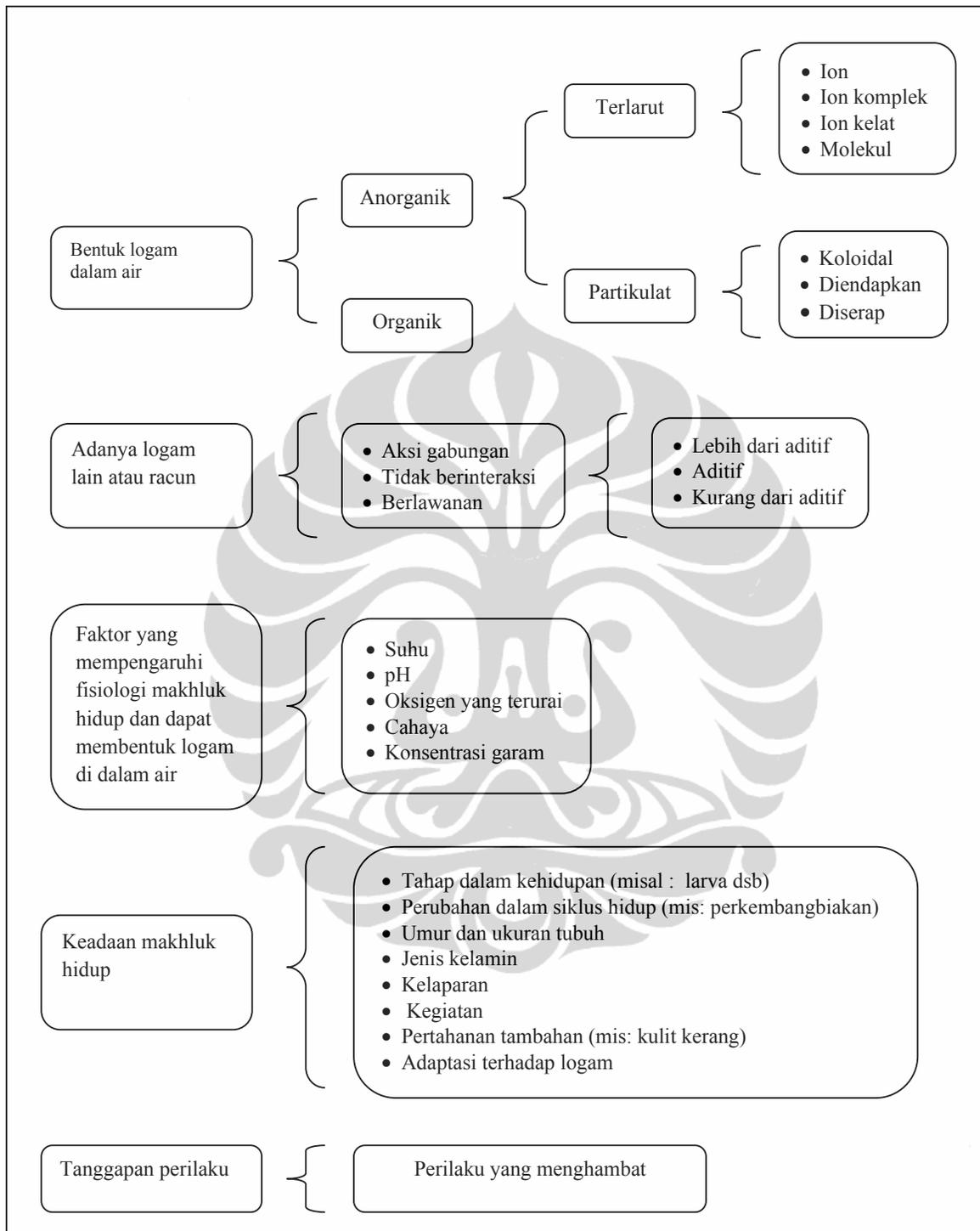
Logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh. Tingkat toksisitas logam berat terhadap hewan air, mulai dari yang paling toksik adalah Hg, Cd, Zn, Pb, Cr, Ni, Co. Sementara itu, tingkat toksisitas terhadap manusia dari yang paling toksik adalah Hg, Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn (Widowati, Sastiono & Rumampuk, 2008).

Banyak faktor yang mempengaruhi toksisitas logam berat dalam larutan, menurut Bryan faktor-faktor tersebut sebagai berikut (Connel & Miller, 1995): (Gambar 2.1)

1. Perubahan secara histologis atau morfologis dalam jaringan dari berbagai jenis ikan setelah kontak subletal dengan logam merupakan pengaruh sekunder dari gangguan pada proses enzim yang terlibat dalam penggunaan makanan. Kerusakan tulang belakang oleh Zn pada ikan kecil air tawar, sama halnya dengan ketidaknormalan struktural dan perkembangan.
2. Hambatan dalam pertumbuhan dan perkembangbiakan banyak terjadi di antara vertebrata dan invertebrata perairan yang terkena logam dengan kepekatan yang relatif rendah.

3. Perkembangan pada banyak makhluk hidup air terpengaruh oleh sebagian besar ion-ion logam yang toksik dalam air.
4. Logam esensial dan non-esensial dalam kepekatan rendah dapat merangsang makhluk hidup dan dalam kepekatan yang lebih tinggi dapat menjadi penghambat.
5. Perubahan perilaku yang diamati dalam percobaan di laboratorium sangat Beragam dan sulit dihubungkan dengan keadaan di lapangan. Namun demikian, logam dapat mengganggu proses seperti makan, belajar, kegiatan berenang dan tanggapan terhadap rangsangan luar.





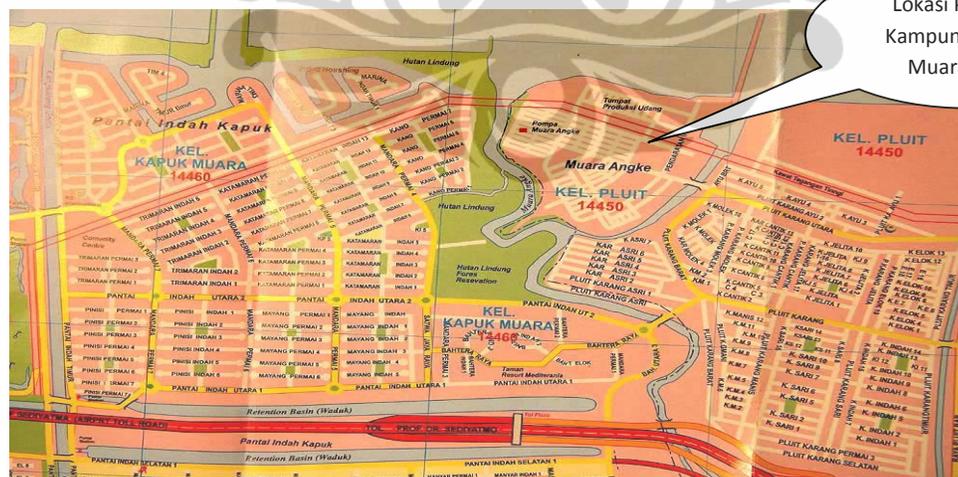
Sumber : Connel, D.W., & Miller, G.J. (1995)

Gambar 2.1 Faktor yang Mempengaruhi Toksisitas Logam Berat di dalam Larutan

2.2. Deskripsi Wilayah Penelitian

Muara Angke terletak pada $6^{\circ}6'21''\text{LS}$, $106^{\circ}46'29.8''\text{BT}$ adalah pelabuhan kapal ikan atau nelayan di Jakarta. Ditandai dengan dioperasikannya penunjang kebutuhan nelayan seperti pelelangan ikan (struktur dan fasilitasnya). Secara administratif pemerintahan, Muara Angke terletak di Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara. Meski dikenal banyak orang Jakarta sebagai kampung nelayan, tempat pelelangan dan pelabuhan ikan serta tempat makan ikan bakar, namun Muara Angke menyimpan potensi lain. Di daerah ini, terdapat Suaka Margasatwa Muara Angke, kawasan hutan bakau seluas 25,02 hektar yang dihuni tak kurang dari 90 spesies burung. Muara Angke merupakan bagian dari hutan bakau terakhir yang tersisa di propinsi DKI Jakarta. Kawasan hutan ini memiliki luas keseluruhan sekitar 170,60 ha. Muara Angke yang terletak di kelurahan Pluit mempunyai jumlah penduduk sebanyak 2573 jiwa dimana jumlah penduduk laki-laki sebanyak 1278 jiwa dan penduduk perempuan sebanyak 1295 jiwa (Wikipedia, 2010).

Dari posisinya Muara Angke merupakan daerah hulu dan juga tempat pertemuan sungai dan laut. Sehingga Muara Angke merupakan tempat bermuaranya limbah-limbah baik yang berasal dari kali di Jakarta maupun dari Laut Jawa (KP2L DKI Jakarta, 1994).



Sumber : : http://www.google.co.id/www.kolumbus.fi/juha_honkala/indonesian_birds.htm&usg

Gambar 2.2 Peta Lokasi Penelitian Muara Angke

Muara Angke merupakan perkampungan nelayan dimana sebagian besar berprofesi sebagai nelayan dan pedagang ikan. Di sana juga terdapat Tempat Pelelangan Ikan dan Pangkalan Pendaratan Ikan. Berdasarkan laporan dari Tempat Pelelangan Ikan Muara Angke, pada tahun 2008 terdapat 27 jenis hasil laut yang berasal dari Perairan Teluk Jakarta. Ikan paling banyak diproduksi di Tempat Pelelangan Ikan Muara Angke adalah ikan tembang sebanyak 436,769 kg dan paling sedikit adalah ikan bawal putih sebanyak 544 kg (Tabel 2.5).

Tabel 2.5 Produksi Ikan di Tempat Pelelangan Ikan di Muara Angke Tahun 2008

Jenis Ikan	Jumlah (Kg)
Bawal Hitam	30,219
Bawal Putih	544
Bloso	217,829
Bentrong	91,380
Cakalang	289,011
Como	52,868
Cucut	114,815
Tuna	131,995
Ekor Kuning	2,878
Golok-golok	65,242
Kakap Merah	38,021
Kembung	103,618
Krapu	14,183
Kuro	3,736
Kwe	46,575
Layang	399,181
Layur	29,959
Manyung	87,672
Pari	324,581
Peperek	14,045
Kambing kambing	98,675
Selar	80,921
Tembang	436,769
Tenggiri	150,203
Teri	27,383
Tongkol	86,448
Lemuru	197,516

Sumber: Laporan Tahunan Seksi Pelelangan Ikan Pangkalan Pendaratan Ikan Muara Angke Tahun 2008

Dari ke 27 jenis ikan tersebut diambil 10 jenis ikan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat Muara Angke berdasarkan wawancara dengan Petugas Pengelola Kawasan Pelabuhan Perikanan dan Pangkalan Pendaratan Ikan

(PKPP dan PPI) Muara Angke. Kemudian dilakukan observasi terhadap 134 responden di Muara Angke dengan menanyakan satu jenis ikan yang paling sering dikonsumsi. Observasi tersebut bertujuan untuk menentukan 3 jenis ikan yang paling sering atau paling banyak dikonsumsi oleh Masyarakat Muara Angke. Lalu sampel dari ke tiga jenis ikan tersebut akan dibawa ke laboratorium untuk diperiksa konsentrasi kadmiumnya (Tabel 2.6):

Tabel 2.6 Hasil Observasi Terhadap 10 Jenis Ikan yang Banyak Dikonsumsi Masyarakat Muara Angke Tahun 2010

Jenis Ikan	Jumlah Responden
Kembung	54 (40,3%)
Tongkol	32 (23,9%)
Teri	21 (15,7%)
Tenggiri	10 (7,5%)
Ekor Kuning	0 (0%)
Kerapu	0 (0%)
Bawal	0 (0%)
Kakap	0 (0%)
Kwe	0 (0%)
Selar	17 (12,6%)

Pada Tabel 2.6 terlihat bahwa yang paling banyak dikonsumsi oleh Masyarakat Muara Angke berdasarkan observasi adalah ikan kembung dengan jumlah responden yang memilih sebanyak 54 responden (40,3%), disusul ikan tongkol sebanyak 32 responden (23,9%) lalu ikan teri sebanyak 21 responden (15,7%). Masyarakat Muara Angke sering mengonsumsi ikan kembung, tongkol dan teri tersebut karena ketiga jenis ikan tersebut paling gampang ditemui disana dan juga harga relatif murah.

2.3 Kadmium

2.3.1 Sifat dan Penggunaannya

Kadmium adalah suatu unsur alami di dalam kerak bumi. Biasanya ditemukan sebagai mineral dikombinasikan dengan unsur-unsur lain seperti oksigen (kadmium oksida-CdO), klor (kadmium klorida-CdCl₂), atau belerang (kadmium sulfida-CdSO₄) (ATSDR, 2007). Kadmium pertama kali ditemukan

oleh *Stromeyer* pada tahun 1817 dan ada didalam kandungan murni seng karbonat. Sebagian besar kadmium terdapat pada kandungan Zn yang digunakan pada beberapa kegiatan dan kadmium dapat terlepas dari Zn bila dipanaskan. Kadmium merupakan logam yang lunak berwarna putih seperti putih perak, biru muda, tidak berbau dan mudah rusak jika dikenai uap ammonia. Titik didih dari kadmium adalah 765° C dan titik lelehnya 321° C. Kadmium memiliki berat molekul sebesar 112.41 g/mol dan kepadatan molekulnya sebesar 8.65 pada 25° C (Widowati, Sastiono & Rumampuk, 2008).

Beberapa senyawa kadmium sebagai kadmium sulfide, karbonat dan oksidanya bersifat tidak larut dalam air. Namun demikian pada beberapa data menunjukkan senyawa ini larut dalam cairan biologis dalam *gastrointestinal* dan paru-paru. Beberapa kadmium terdapat dalam mamalia, burung dan ikan yang kemungkinan berikatan dengan molekul protein (WHO, 1992).

Ratusan mikrogram logam kadmium dimungkinkan dapat diukur dalam jumlah kecil dari ginjal, limbah lumpur dan plastik tetapi hanya beberapa nanogram (atau lebih) logam kadmium dapat ditentukan dalam sampel air dan udara. Berbagai tehnik dibutuhkan untuk mengumpulkan, mempersiapkan dan menganalisis sampel. Secara umum tehnik yang sesuai untuk menentukan kadmium di lingkungan dan material biologi tidak dapat dipisahkan antar senyawa yang berbeda. Dengan tehnik pemisahan yang khusus, kadmium dalam protein dapat diisolasi dan diidentifikasi. Dalam berbagai studi konsentrasi atau sejumlah kadmium dalam air, udara, tanah, tumbuh-tumbuhan dan lingkungan lainnya atau material biologi dapat ditentukan sebagai elemen (WHO, 1992).

Logam ini telah digunakan semenjak tahun 1950. Prinsip dasar dalam penggunaan kadmium adalah sebagai bahan pewarna dalam industri plastik dan pada electroplating. Namun sebagian dari substansi logam kadmium ini juga digunakan untuk solder dan alloy-alloynya digunakan pada baterai. Penggunaan kadmium dan persenyawaannya seperti Cd-Sulfat (CdSO_4) dan Cd-bromida (CdBr) juga digunakan dalam industri pencelupan, fotografi dan lain-lain (Palar, 2004).

2.3.2. Kadmium Pada Lingkungan

Logam kadmium dan bermacam-macam bentuk persenyawaannya dapat masuk ke lingkungan, terutama sekali merupakan efek sampingan dari aktifitas yang dilakukan manusia. Semua bidang industri yang melibatkan kadmium dalam proses operasional industrinya menjadi sumber pencemaran kadmium. Konsentrasi kadmium dalam air buangan berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Klein pada tahun 1974 (Palar, 2004) adalah sebagai berikut (Tabel 2.7):

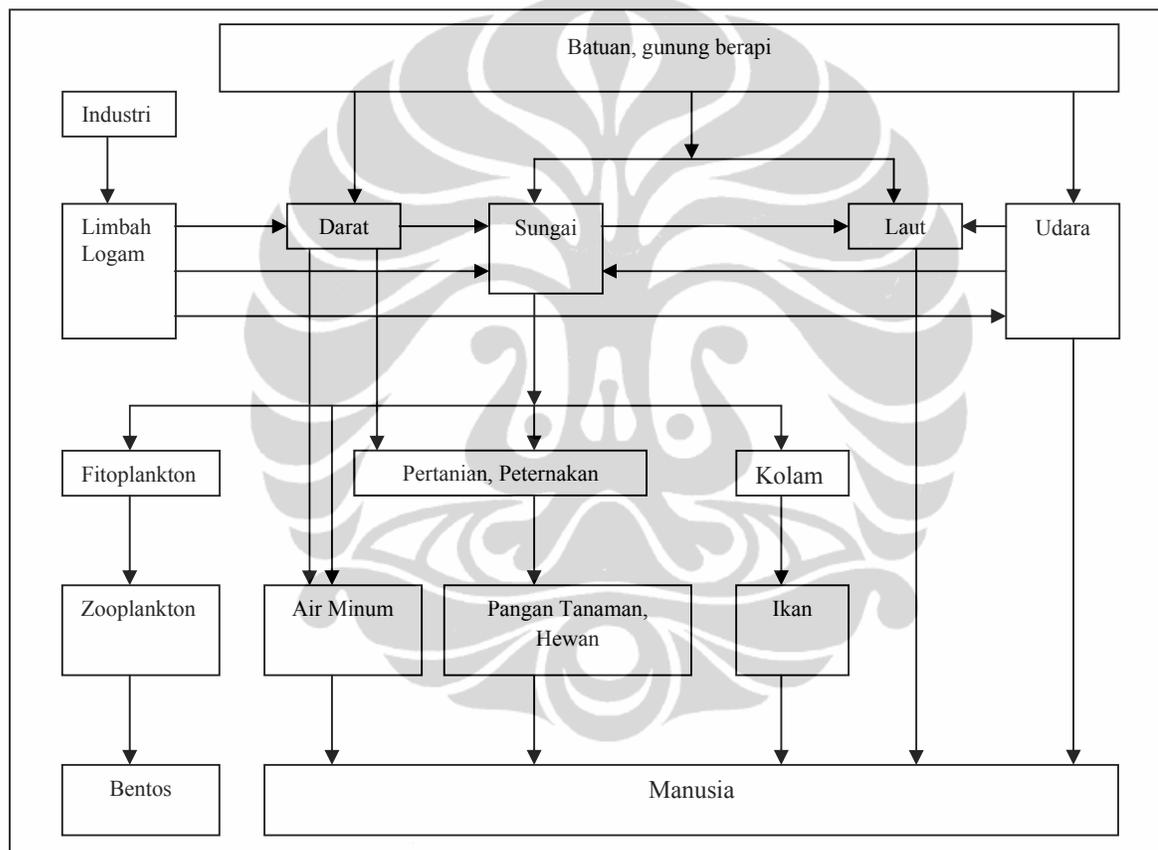
Tabel 2.7 Kandungan Kadmium Dalam Berbagai Jenis Air Buangan

Jenis Industri	Konsentrasi Cd ($\mu\text{g/l}$)
Pengolahan roti	11
Pengolahan Ikan	14
Makanan Lain	6
Makanan Ringan	3
Pencelupan Tekstil	30
Bahan Kimia	27
Pengolahan Lemak	6
Bakery	2
Minuman	5
Es Cream	31
Pengolahan dan Pencelupan Bulu Binatang	115
Laundry	134

Sumber : Palar, 2004

Logam kadmium juga mengalami biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan, manusia). Logam ini dapat masuk ke dalam tubuh manusia bersama makanan yang telah terkontaminasi oleh kadmium. Dalam biota air jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan dengan adanya proses biomagnifikasi di badan perairan. Disamping itu, tingkatan biota dalam sistem rantai makanan turut menentukan jumlah kadmium yang terakumulasi. Pada biota yang lebih tinggi stratanya akan ditemukan akumulasi kadmium yang lebih tinggi, sedangkan pada biota top level merupakan tempat akumulasi paling besar. Bila jumlah kadmium yang masuk

telah melebihi baku mutu maka biota dari suatu level atau strata tersebut akan mengalami kematian dan bahkan kepunahan. Keadaan inilah yang menjadi penyebab kehancuran suatu tatanan sistem lingkungan (ekosistem) karena salah satu mata rantainya telah hilang (Connel & Miller, 1995). Polutan logam kadmium mencemari lingkungan, baik lingkungan udara, air dan tanah yang berasal dari proses alami dan kegiatan industri. Perjalanan logam kadmium sampai ke tubuh manusia dapat digambarkan sebagai berikut (Gambar 2.3) :



Sumber : Widowati, Sastiono, & Rumampuk (2008).

Gambar 2.3 Perjalanan Logam Sampai Ke Tubuh Manusia

Salah satu dari sedikit penelitian ekologis mengenai pengaruh logam di ekosistem laut dilaporkan oleh Ward dan Young (1982) dalam (Connel & Miller, 1995). Frekuensi penurunan 20 spesies umum, sebagian besar ikan, berhubungan dengan kepekatan logam pencemar (Cd, Cu, Pb, Mn dan Zn) di dalam sedimen.

Mereka berkesimpulan bahwa kedua pencemar baik logam maupun ukuran partikel sedimen sangat menentukan pengaruhnya terhadap struktur komunitas. Lebih jauh, logam pencemar menunjukkan pengaruh yang lebih besar terhadap ikan dibandingkan terhadap krustasea (udang dll). Perkembangan toleransi terhadap logam pada beberapa spesies meningkatkan kapasitas mereka untuk mengakumulasi logam dengan kepekatan yang relatif tinggi dan dapat menyebabkan beberapa modifikasi pada struktur komunitas yang berubah setiap waktu (Connel & Miller, 1995).

2.3.3 Kadmium Dalam Tubuh

2.3.3.1 Penyerapan (Absorpsi) Kadmium

Logam berat kadmium bisa masuk ke dalam tubuh hewan atau manusia melalui berbagai cara (Widowati, Sastiono & Rumampuk, (2008) yaitu :

- Dari udara yang tercemar, misalnya asap rokok dan asap pembakaran batu bara
- Melalui wadah / tempat berlapis kadmium yang digunakan untuk tempat makanan atau minuman
- Melalui kontaminasi perairan dan hasil pertanian yang tercemar kadmium
- Melalui jalur rantai makanan
- Melalui konsumsi daging yang diberi obat *anthelmhithes* yang mengandung kadmium.

Absorpsi kadmium dalam saluran pencernaan meliputi 2 tahap yaitu :

- Penyerapan kadmium dari lumen usus melewati membran *brush border* ke dalam sel mukosa
- Transpor kadmium ke dalam aliran darah dan deposisi dalam jaringan terutama dideposit di hati dan ginjal. Seperti halnya Zn, kadmium memiliki afinitas yang tinggi pada testis sehingga konsentrasi pada jaringan testis jauh lebih tinggi dibandingkan pada jaringan lain.

Absorpsi pada makhluk hidup air seperti ikan dibagi dalam tiga proses utama, yaitu dari air melalui permukaan pernapasan (misalnya insang), penyerapan dari air ke dalam permukaan tubuh dan dari makanan, partikel atau air

yang dicerna melalui sistem pencernaan. Kecepatan penyerapan dipengaruhi oleh perubahan dalam faktor fisika-kimia (misal, suhu, pH, konsentrasi garam) dan ciri fisiologis dan perilaku makhluk hidup tersebut. Kadmium tidak diabsorpsi dengan baik, yaitu sekitar 5 – 8%. Namun itu tetap lebih tinggi dibandingkan absorpsi mineral dan sulit dieliminasi dari dalam tubuh sehingga akan dideposit di dalam tubuh. Kadmium diabsorpsi dan diakumulasi (Connel & Miller, 1995).

2.3.3.2 Distribusi Kadmium

Setelah kadmium memasuki darah kemudian didistribusikan dengan cepat ke seluruh tubuh. Pengikatan kadmium dalam jaringan bisa menyebabkan lebih tingginya konsentrasi kadmium dalam jaringan tersebut. Ikatan kovalen bersifat nonreversible dan akan memberikan efek toksik, sedangkan ikatan nonkovalen bersifat *reversible*. Ikatan non kovalen terdiri dari :

- Protein plasma yang bisa mengikat senyawa asing (kadmium) sehingga sulit untuk didistribusikan ke ruang ekstrasvaskuler
- Hepar dan ginjal memiliki kapasitas yang lebih tinggi untuk mengikat kadmium. Pengikatan kadmium bisa meningkatkan konsentrasinya dalam organ.

Kadmium memiliki afinitas yang kuat terhadap hepar dan ginjal. Pada umumnya sekitar 50 – 75% dari beban kadmium dalam tubuh terdapat pada kedua organ tersebut (Widowati, Sastiono, & Rumampuk, 2008).

2.3.3.3 Bio-transformasi (Metabolisme) Kadmium

Metabolisme atau proses fisiologis tubuh, dikenal juga dengan transformasi biologis (bio-transformasi). Metabolisme merupakan suatu proses atau peristiwa kinerja yang terjadi dalam tubuh setiap organisme hidup. Metabolisme atau bio-transformasi dari bahan-bahan beracun merupakan faktor penentu utama terhadap daya racun dari zat terkait. Melalui proses bio-transformasi ini, bahan-bahan beracun seperti kadmium yang masuk dalam tubuh akan mengalami peningkatan daya racunnya atau akan mengalami penurunan daya racun yang dimilikinya. Karena dalam peristiwa ini, setiap zat atau material yang masuk akan diolah dan diubah menjadi bentuk-bentuk yang lebih sederhana.

Proses perubahan bentuk yang merupakan rangkaian peristiwa kimiawi, suatu bahan beracun dapat saja berikatan dengan bahan beracun lain yang akan meningkatkan daya racunnya yang sudah ada dan atau sebaliknya, berikatan dengan bahan beracun lain yang antagonis sehingga menurunkan dan bahkan menetralkan daya racun yang semula ada (Palar, 2004).

Kadmium yang ditransportasikan dalam darah berikatan dengan protein yang memiliki berat molekul rendah yaitu metalotionin (MT) yang memiliki berat molekul 6.000, banyak mengandung sulfhidril dan dapat mengikat 11% Cd dan Zn. Dalam isolat MT yang berasal dari ginjal, ditemukan Zn sebesar 2,2% dan Cd 5,9%. Metalotionin memiliki daya ikat yang sama terhadap beberapa jenis logam berat sehingga kandungan logam berat bebas dalam jaringan berkurang. Kemungkinan besar pengaruh toksisitas kadmium disebabkan oleh interaksi antara kadmium dan protein tersebut sehingga menimbulkan hambatan terhadap aktivitas kerja enzim. Metalotionin merupakan protein yang sangat peka dan akurat sebagai indikator pencemaran. Logam Cu dapat digantikan oleh kadmium sehingga peran Cu dalam pembentukan ikatan-ikatan kovalen koordinasi antarmolekul protein terganggu. Logam berat kadmium memiliki afinitas yang tinggi terhadap unsur S yang menyebabkan kadmium menyerang ikatan belerang dalam enzim sehingga enzim yang bersangkutan menjadi tidak aktif. Menurut Manahan dalam Widowati, Sastiono & Rumampuk (2008), kadmium terikat pada sel-sel membran sehingga menghambat proses transformasi melalui dinding dinding sel. Defisiensi Ca, Fe dan rendah protein di dalam makanan dapat meningkatkan absorpsi kadmium dalam tubuh. Sedangkan kecukupan Zn dalam makanan bisa menurunkan absorpsi kadmium. Hal tersebut diduga karena Zn merangsang produksi metalotionin (Widowati, Sastiono & Rumampuk, 2008).

2.3.3.4 Ekskresi Kadmium

Sebagian besar kadmium masuk melalui saluran pencernaan dan dibuang melalui feses sekitar 3 – 4 minggu setelah terpapar kadmium sebagian kecil dikeluarkan melalui urin. Pada manusia sebagian besar kadmium diekskresikan melalui urin. Pada makhluk hidup air seperti ikan, ekskresi terjadi melalui insang, usus, kotoran dan urine (Connel & Miller, 1995).

2.4 Efek Kadmium Pada Tubuh

2.4.1 Akut

Keracunan yang disebabkan oleh kadmium dapat bersifat akut dan kronis. Keracunan akut biasanya terjadi pada para pekerja yang bekerja di industri logam. Gejala-gejala keracunan akut ini timbul dengan adanya rasa sakit dan panas pada bagian dada. Gejala keracunan tidak langsung dirasakan. Biasanya gejala muncul setelah 4-10 jam pajanan kadmium. Uap kadmium dapat menimbulkan kematian bila konsentrasi yang diterima sekitar 2500-2900 mg/m³. Di Swedia telah terjadi 206 kematian selama 20 tahun yang disebabkan oleh pabrik peleburan seng-kadmium. Walaupun pabrik telah ditutup tetapi kontaminasi lingkungan tetap terus menerus sebagai sumber pemaparan. Paparan lingkungan dapat meningkatkan total kadmium dan kematian noncardiovascular secara terus menerus tanpa batas (Nawrot, 2008).

2.4.2. Efek Terhadap Ginjal

Logam kadmium dapat menimbulkan gangguan bahkan mampu menimbulkan kerusakan pada sistem yang bekerja di ginjal. Penelitian yang pernah dilakukan di Swedia menunjukkan bahwa pada batu ginjal yang ditemukan dari 44% pekerja yang terpajan oleh kadmium selama 15 tahun, mengandung kadmium dan posfor yang tinggi dan menyebabkan kerusakan pada ginjal (Palar, 2004). Pada tahun 1995-1996 juga dilakukan penelitian di Swedia dengan melakukan biopsi kortek ginjal dari 171 pada orang yang meninggal mendadak dan kecelakaan. Ternyata terjadi penurunan konsentrasi kadmium dalam ginjal sebesar 40% dibandingkan dengan konsentrasi kadmium pada tahun 1970 untuk yang berusia 40 tahun ke bawah. Hal ini disebabkan karena mengurangi kontaminasi dari industri pabrik di Swedia (Friis, Petersson & Edling, 1998). Kadmium yang terakumulasi di dalam ginjal sepanjang waktu, dan mencapai konsentrasi yang toksik sesudah bertahun-tahun terpapar dapat menyebabkan penyakit ginjal (Kusnoputranto, 1995).

2.4.3. Efek Terhadap Paru-Paru

Efek radang paru-paru meningkatkan kematian kepada para pekerja yang terpajan kadmium. Paparan debu kadmium selama 20 tahun oleh para pekerja telah menyebabkan terjadinya pembengkakan paru-paru (pulmonary emphysema). Kerusakan paru-paru juga terjadi pada pekerja pabrik perhiasan di Amerika Serikat yang selalu menghirup asap dan bubuk kadmium selama bekerja di pabrik tersebut (Wittman & Hu, 2002).

2.4.4. Efek Terhadap Darah dan Jantung

Keracunan kronis yang disebabkan oleh kadmium oksida dapat mengakibatkan penyakit anemia hal ini ditemukan pada pekerja yang telah bekerja selama 5-30 tahun pada industri-industri yang melibatkan CdO. Gangguan terhadap jantung yang disebabkan oleh peristiwa keracunan kadmium tidak dapat dibuktikan (Palar, 2004).

2.4.5. Efek Kadmium Terhadap Tulang

Serangan yang paling hebat dari keracunan yang disebabkan oleh logam kadmium adalah kerapuhan pada tulang. Nogawa (1987) dalam WHO (1992) melaporkan pada penderita *itai-itai* diperkirakan kadmium telah menyebabkan gangguan pada tulang terutama gangguan terhadap vitamin D dan *metabolism hormone parathyroid*. *Osteomalacia* telah dilaporkan terjadi pada sebagian kecil pekerja industri yang terpajan kadmium dan penduduk yang terkena penyakit *itai-itai* (WHO, 1992).

2.4.6 Efek Terhadap Sistem Reproduksi

Ramayana dan Pomerantzeva menyatakan efek kadmium terhadap sistem reproduksi yang paling menyolok sekali adalah penurunan berat testis pada tikus setelah 1,3, dan 6 bulan terpajan kadmium dengan konsentrasi 4 mg kadmium/kg yang menyebabkan kemandulan dan hasil mikroskopis didapatkan perubahan morfologi pada testis. Daya racun yang dimiliki oleh kadmium yang mempengaruhi sistem reproduksi dan organ-organnya. Pada konsentrasi tertentu kadmium dapat mematikan sel-sel sperma pada laki-laki (Palar, 2004).

2.5 Pencegahan dan Penanggulangan

2.5.1 Pencemaran Logam Kadmium

Metode yang bisa digunakan untuk membersihkan/mengurangi pencemaran adalah dengan tanaman yang disebut fitoremediasi. Tanaman dapat dianggap hiperakumulator kadmium apabila mampu menyerap unsur kadmium sebesar 100 ppm. Terdapat 400 jenis tanaman hiperakumulator, bukan hanya mampu membersihkan logam, nonlogam, metaloid, tetapi juga senyawa organik. Berdasarkan jenis logam yang bisa diakumulasi, dikenal 3 jenis golongan tanaman, yaitu akumulator Cu/Co, akumulator Zn/Cd/Pb dan akumulator Ni. Tanaman yang bersifat hiperakumulator kadmium adalah *Thlaspi caerulescens*, daunnya mampu mengakumulasi kadmium sebesar 1.800 ppm (Aiyen dalam Widowati, Sastiono & Rumampuk, 2008).

Proses bioremoval ion logam berat umumnya terdiri dari dua mekanisme yang melibatkan proses *active uptake* dan *passive uptake*. Jenis mikroorganisme yang mampu melakukan proses bioremoval terhadap logam kadmium secara *passive uptake* adalah alga *Ecklonia radiata*, fungi *Phellinus badius* dan *Pinus radiata*. Sementara itu proses bioremoval terhadap logam kadmium secara *active uptake* adalah yeast *Saccharomyces cerevisie* dan bakteri *Citrobacter* sp (Suhendrayatna dalam Widowati, Sastiono & Rumampuk, 2008).

Penyerapan kadmium pada pH 4,5 sebesar 87 mgCd/g untuk *Sargassum vulgare*, 80 mgCd/g untuk *Sargassum fluitans*, dan 74 mgCd/g untuk *Sargassum filipendula*. Jenis alga yang memiliki kemampuan tinggi untuk mengabsorpsi logam kadmium sehingga bisa digunakan sebagai bioindikator pencemaran adalah *Chaetocerus* sp, *Euchema* sp, *Cladophora glomerata*, *Euchema isiforme*, *Sargassum* sp (Putra dalam Widowati, Sastiono & Rumampuk, 2008).

Penanggulangan pencemaran polutan dalam air dengan pengendapan yaitu melalui proses fisika dan kimia, dilakukan dengan menaikkan pH, yakni dengan menambahkan NOH hingga pH 8,5, sehingga logam berat berubah menjadi oksida-logam yang mudah mengendap. Dengan begitu, endapan bisa dipisahkan sehingga kadar logam berat dalam air berkurang. Pada penelitian Tontowi dalam Widowati, Sastiono & Rumampuk (2008) menunjukkan bahwa sistem pengendapan mampu menurunkan kadar logam Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn

dengan efektifitas 80-100%. Sistem pengendapan paling efektif terhadap logam Cd, Cu dan Mn adalah sebesar 100%.

2.5.2 Toksisitas Kadmium

Untuk mencegah dan mengurangi paparan dan toksisitas kadmium dapat dilakukan dengan cara (Widowati, Sastiono & Rumampuk, 2008):

1. Mengurangi rokok, mengurangi konsumsi makanan yang rentan terkontaminasi kadmium, antara lain kerang dan *shellfish*, serta mengurangi minuman yang rentan tercemar kadmium antara lain kopi dan teh.
2. Untuk mencegah toksisitas kadmium, pertahankan kecukupan Zn dalam tubuh dengan mengkonsumsi makanan mengandung Zn tinggi, antara lain biji-bijian yang tidak ditumbuk halus, makanan dari golongan *leguminosae* dan kacang-kacangan. *Food supplement* bisa mengurangi toksisitas kadmium yaitu jenis mineral Cu, Zn, Fe dan Mg yang berperan mampu menggantikan atau mengeliminasi kadmium dari tubuh. Demikian juga antioksidan vitamin E, vitamin K dan klorofil. Untuk lebih jelasnya, perhatikan perhatikan Tabel 2.8:

Tabel 2.8 Jenis *Food Supplement* Untuk Mengurangi Toksisitas Kadmium

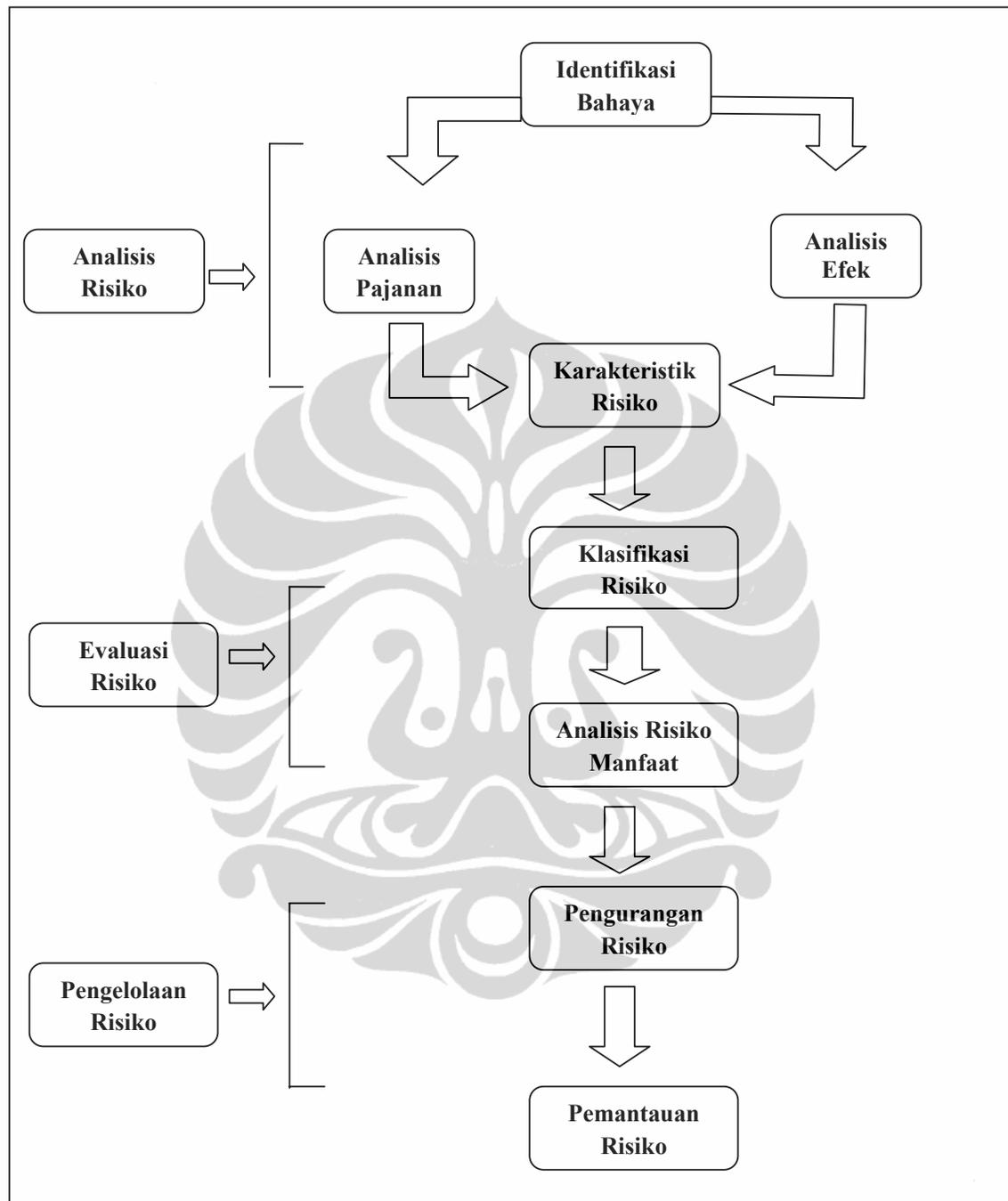
Suplemen	Dosis yang diajurkan	Peranan
Alfalfa	2000-3000 mg/hari	Kandungan klorofil dan vitamin K membantu mengurangi beban kadmium dalam tubuh.
Kalsium (Ca) Magnesium (Mg)	2000 mg/hari 1000 mg/hari	Mineral membantu mengusir kadmium dari tubuh
Vitamin E	600-1000 IU/hari	Antioksidan
Seng (Zn)	50-60 mg/hari. Jangan melebihi 100 mg/hari dari keseluruhan suplemen	Menggantikan posisi kadmium
Kuprum (Cu)	3 mg/hari	Membantu Zn mengurangi deposit kadmium
Besi (Fe)	Diberikan bersamaan dengan 100 mg vitamin C agar penyerapan lebih baik.	Jangan diberikan bila tidak didiagnosa menderita anemia

Sumber : Widowati, Sastiono & Rumampuk, 2008

Tindakan terhadap seseorang yang mengalami keracunan kadmium dengan memberikan EDTA (etilendiamin tetraacetic acid) dan DTPA (dietilentriamin pentaacetic acid) dapat memperkecil daya racun kadmium. Tindakan pencegahan pada korban yang memperlihatkan gejala-gejala keracunan akut oleh kadmium dengan memberikan EDTA dan DTPA. Untuk keracunan yang kronis, hal ini sama sekali tidak berlaku (Palar, 2004).

2.6 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Risiko didefinisikan sebagai dugaan frekuensi efek-efek yang tidak diinginkan yang muncul akibat pajanan suatu bahan berbahaya (Lu, 1995). Analisis risiko meliputi identifikasi dan kuantifikasi risiko yang mungkin dapat terjadi yang diakibatkan oleh pajanan bahan berbahaya, dengan memperhitungkan kemungkinan terjadinya efek yang membahayakan kesehatan manusia. Manfaat analisis risiko adalah untuk melindungi manusia dari kemungkinan efek yang merugikan dari suatu bahan berbahaya. Tujuan analisis risiko adalah untuk memperkirakan risiko yang mungkin dapat terjadi. Adapun proses analisis risiko bahan kimia meliputi 4 langkah yaitu identifikasi bahaya (*hazard potential identification*), analisis pajanan (*exposure assessment*), analisis efek (*effects assessment*) dan karakteristik risiko (*risk characterization*). Langkah-langkah analisis, evaluasi dan pengelolaan risiko digambarkan sebagai berikut (BPOM RI, 2001a) :

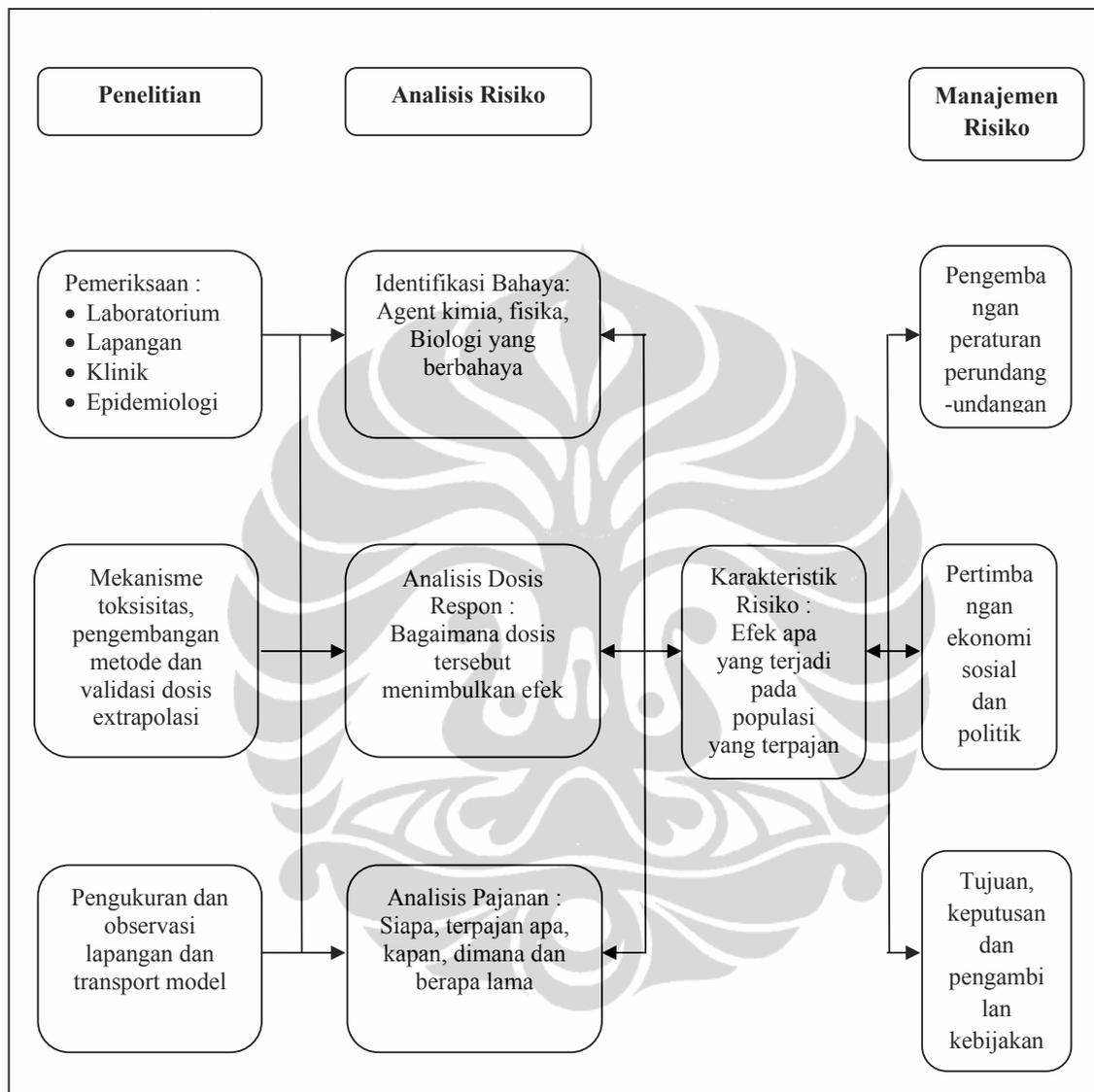


Sumber : BPOM RI, 2001

Gambar 2.4 Analisis Risiko, Evaluasi Risiko dan Pengelolaan Risiko

Menurut Louver (1998) dan Kolluru (1996) menggambarkan analisis risiko kesehatan juga terdiri dari 4 langkah yaitu identifikasi bahaya (*hazard identification*), analisis paparan (*exposure assessment*), analisis dosis-respon

(*dose-respons assessment*) dan karakteristik risiko (*risk characterization*). Model analisis kesehatan digambarkan sebagai berikut :



Sumber : Louvar & Louvar (1998).

Gambar 2.5 Analisis Risiko dan Manajemen Model

2.6.1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Potential Identification*)

Identifikasi bahaya adalah langkah identifikasi efek yang merugikan atau kapasitas yang dimiliki suatu bahan yang dapat menyebabkan kerugian. Bahaya diidentifikasi sebagai zat – zat toksik yang berpotensi menimbulkan gangguan

kesehatan. Dilakukan identifikasi bahan kimia yang dipastikan berperan terjadinya risiko kesehatan oleh karena toksisitasnya (IPCS, 1997).

Menurut IPCS (1997) bahan yang mempunyai bahaya antara lain : bahan toksik yang dapat menimbulkan efek yang merugikan atau merusak pada organism hidup, bahan korosif yang dapat menimbulkan kerusakan pada permukaan kulit apabila terjadi kontak langsung dan bahan karsinogenik yang dapat menyebabkan terjadinya kanker.

2.6.2. Analisis Paparan (*Exposure Assessment*)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi tentang dosis atau jumlah yang diterima seseorang, *intake* (asupan) yang masuk melalui *ingesti* (saluran pencernaan). *Intake* (asupan) adalah jumlah asupan yang diterima individu per berat badan per hari. Data mengenai *intake* (asupan) digunakan persamaan Louvar & Louvar, 1998 sebagai berikut :

$$I = \frac{C \times R \times fe \times Dt}{Wb \times Tavg} \dots\dots\dots (1)$$

- Keterangan :
- I : *intake* (asupan), jumlah *risk agent* yang diterima individu per berat badan per hari (mg/kg/hari)
 - C : konsentrasi *risk agent*, untuk makanan (mg/kg)
 - R : laju (*rate*) asupan (gr/hari)
 - Fe : frekuensi paparan tahunan (hari/tahun)
 - Dt : durasi paparan, real time atau 30 tahun proyeksi
 - Wb : berat badan (kg)
 - Tavg : periode waktu rata-rata, 30 tahun x 365 hari/tahun (nonkarsinogenik)
Atau 70 tahun x 365 hari/tahun (karsinogenik)

Analisis paparan dapat dilakukan dengan menetapkan konsentrasi paparan. Penetapan emisi, jalur dan laju perpindahan suatu bahan kimia menggambarkan keadaan dan ukuran populasi yang terpajan, tinggi rendah paparan dan lama

pajanan. Hal ini perlu dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi pajanan atau dosis pajanan yang mengenai populasi manusia (IPCS, 2007)

Dalam analisis risiko kesehatan manusia (*risk health risk assessment*), berbagai jalur pajanan sering diintegrasikan untuk menetapkan Asupan Harian Total (*Total Daily Intake*) yang dinyatakan sebagai dosis aktual (mg/kgBB/hari). Hal-hal yang penting untuk diperhatikan dalam melakukan penilaian terhadap analisis pajanan terdapat pada Tabel 2.9:

Tabel 2.9 Aspek-Aspek yang Perlu Diperhatikan Dalam Analisis Pajanan (WHO, 2000)

Aspek-aspek	Keterangan
Agent	Biologis, kimia, fisika agent tunggal, berganda dan campuran
Sumber	Antropogenik/non antropogenik, area/titik, bergerak/diam, indoor/outdoor
Media pembawa (<i>carrier medium</i>)	Air, udara, tanah, debu, makanan, produk
Jalur pajanan (<i>exposure pathways</i>)	Makan makanan yang terkontaminasi, menghirup udara yang terkontaminasi, menyentuh permukaan benda
Konsentrasi pajanan	mg/kg (makanan), mg/liter (air), $\mu\text{m}/\text{cm}^3$ (udara), $\mu\text{m}/\text{cm}^2$ (permukaan terkontaminasi), % berat
Rute Pajanan	Inhalasi, kontak kulit, ingesti, rute berganda
Durasi	Detik, menit, jam, hari, minggu, bulan, tahun, seumur hidup
Frekuensi	Kontinu, intermiten, bersiklus, acak
Latar Pajanan	Lingkungan kerja/bukan lingkungan kerja, pemukiman/bukan pemukiman, <i>indoor/outdoor</i>
Populasi Terpajan	Populasi umum, sub populasi, individu
Lingkup Geografis	Tempat/sumber spesifik, local, regional, nasional, internasional, global
Kerangka Waktu	Masa lalu, sekarang, masa depan, trend

Sumber : Human Exposure Assessment, Environmental Health Criteria 214 (WHO, 2000)

2.6.3 Analisis Dosis Respon (*Dose-Response Assessment*)

Tahap analisis risiko ini menyangkut identifikasi jenis efek merugikan yang berhubungan dengan pajanan zat toksik yang telah diidentifikasi juga menyangkut hubungan besar pajanan dengan efek yang merugikan. Analisis efek adalah perkiraan hubungan antara dosis atau tingkat pajanan dari suatu bahan pada suatu organism, dengan insidensi dan tingkat efek yang diakibatkannya. Termasuk diskripsi hubungan kuantitatif antara derajat pajanan terhadap suatu bahan kimia dengan dengan derajat efek toksik. Pada analisis risiko kesehatan manusia (*Human Health Risk Assessment*), risiko yang dikaji hanya terpusat pada manusia, oleh karena itu ketidakpastian dalam analisis risiko kesehatan manusia hanya terbatas pada variasi jalur pajanan dan perbedaan sensitivitas setiap individu (BPOM RI, 2001a).

Konsep risiko mengandung pengertian probabilitas yang disebut dengan RfD (*reference dose*, dosis rujukan). RfD menyatakan risiko nonkarsinogenik dan efek-efek nonkarsinogenik zat karsinogen. RfD adalah estimasi pajanan harian dengan rentang ketidakpastian bagi populasi umum termasuk subkelompok yang sensitif yang tidak akan mengalami risiko efek-efek merugikan kesehatan sepanjang hayat. Dengan kata lain RfD adalah jumlah zat kimia yang memajani manusia setiap hari dalam waktu lama (umumnya *lifetime*) yang tidak menimbulkan efek merugikan. RfD bukan dosis yang *acceptable* melainkan hanya referensi saja, jika dosis yang diterima manusia melebihi RfD maka probabilitas untuk mendapatkan risiko juga bertambah (US-EPA, 1990).

Dosis-respon atau efek dosis suatu zat toksik menunjukkan tingkat toksisitas zat tersebut dan dinyatakan sebagai :

- (1). Tingkat pajanan paling tinggi yang efek biologinya tidak teramati (*No Observed Adverse Level, NOAEL*).
- (2). Tingkat pajanan paling rendah yang efek biologinya teramati (*Low Observed Adverse Effect Level, LOAEL*)
- (3). Efek-efek temporer dan permanen atau dosis efektif, seperti iritasi mata atau saluran pernapasan
- (4). Luka permanen

- (5). Efek fungsional kronik
- (6). Efek mematikan

RfD ditetapkan dengan membagi NOAEL dengan UF (*Uncertainty Factor*) x MF (*Modifying Factor*) sebagai berikut :

$$\text{RfD} = \frac{\text{NOAEL atau LOAEL}}{\text{UF 1 X UF 2 X UF 3 x UF 4 x MF}}$$

- UF1 : 1-10 untuk variasi sensitivitas dalam populasi manusia
- UF2 : 1-10 untuk ekstrapolasi dari hewan ke manusia
- UF3 : 1-10 untuk NOAEL uji subkronik (bukan kronik)
- UF4 : 1-10 bila digunakan LOAEL (bukan NOAEL)
- MF : berkisar antara > 0 sampai ≤ 10

Menentukan dosis respon suatu *risk agent* sangat sulit, namun saat ini *RfD* zat-zat kimia dalam berbagai spesi termasuk formulanya, telah ada dalam pangkalan data *Integrated Risk Information System* dari US-EPA.

2.6.4. Karakteristik Risiko (*Risk Characterization*)

Karakteristik risiko adalah perkiraan suatu risiko yang merugikan yang dapat terjadi pada manusia, akibat dari pajanan. Perkiraan tersebut dapat dilakukan melalui estimasi risiko, yaitu kuantifikasi probabilitas terjadinya risiko berdasarkan identifikasi bahaya, analisis efek dan analisis pajanan.

Untuk menganalisis risiko, pajanan pada manusia (*intake*) dibandingkan dengan dosis acuan (*Reference Dose*), disingkat RfD. Rasio antara intake dengan RfD dikenal dengan tingkat risiko (*Risk Quotients*) disingkat RQ, dipakai untuk efek-efek nonkarsinogenik. Tingkat Risiko (*Risk Quotients*) dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$RQ = \frac{\text{Intake (mg/kg/ hari)}}{\text{RfD (mg/kg/ hari)}}$$

Apabila $RQ \leq 1$ menunjukkan indikasi tidak adanya kemungkinan terjadinya risiko efek yang merugikan. Sedangkan $RQ > 1$ menunjukkan indikasi adanya kemungkinan terjadinya risiko efek yang merugikan.

Karakteristik risiko kesehatan untuk yang karsinogenik dinyatakan dengan ECR (*Excess Cancer Risk*). ECR dihitung dengan mengalikan CFS dengan asupan karsinogenik *risk agent* (I_k):

$$ECR = CSF \times I_k$$

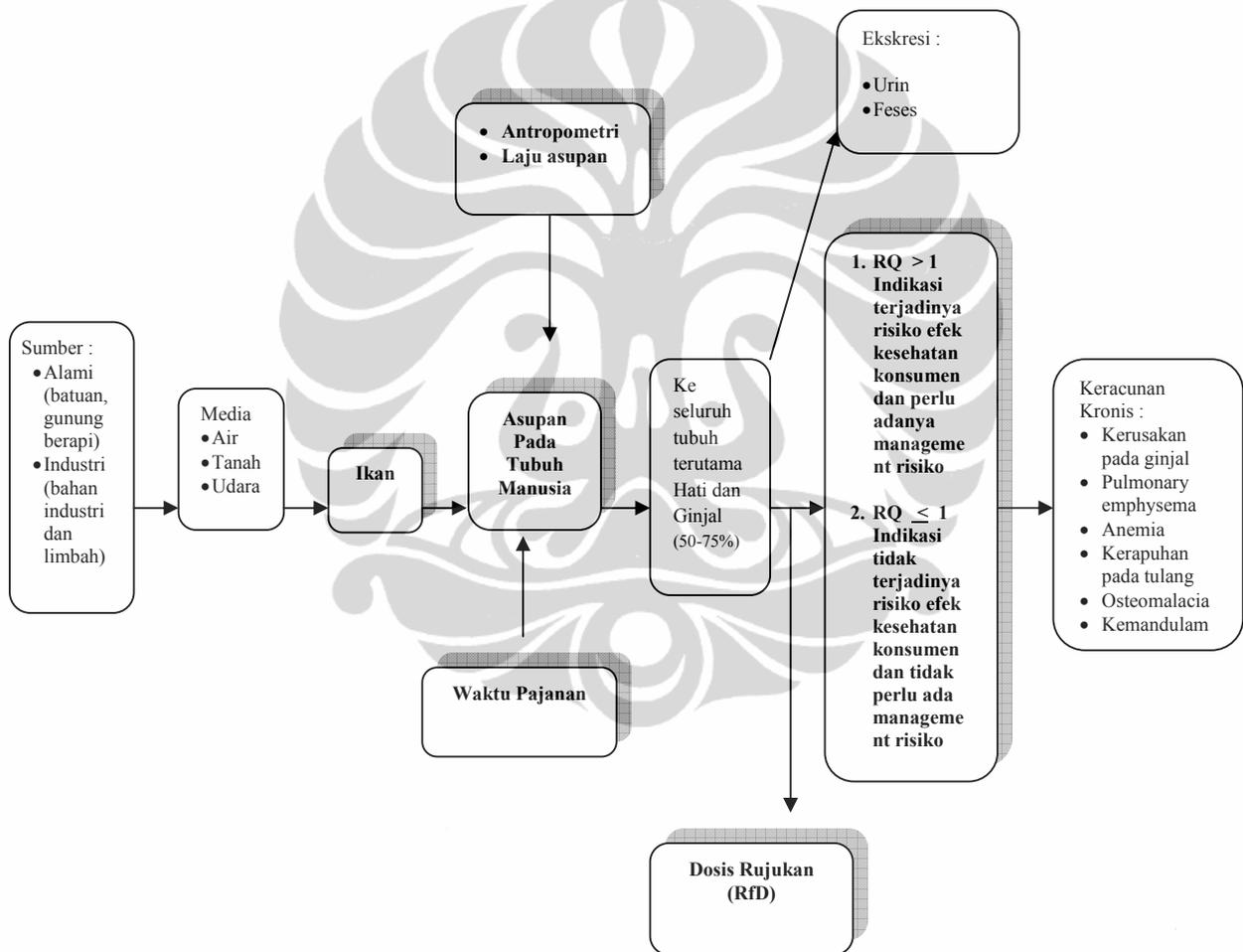
Baik *CFS* maupun I_k harus spesifik untuk bentuk spesi kimia *risk agent* dan jalur pajanannya. Karena secara teoritis karsinogenisitas tidak mempunyai ambang atau *non threshold* maka risiko dinyatakan tidak bisa diterima (*unacceptable*) bila $E-6 < ECR < E-4$. Kisaran angka $E-6$ sampai dengan $E-4$ diambil dari nilai *default* karsinogenisitas (US-EPA, 1990).

BAB 3

KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1. Kerangka Teori

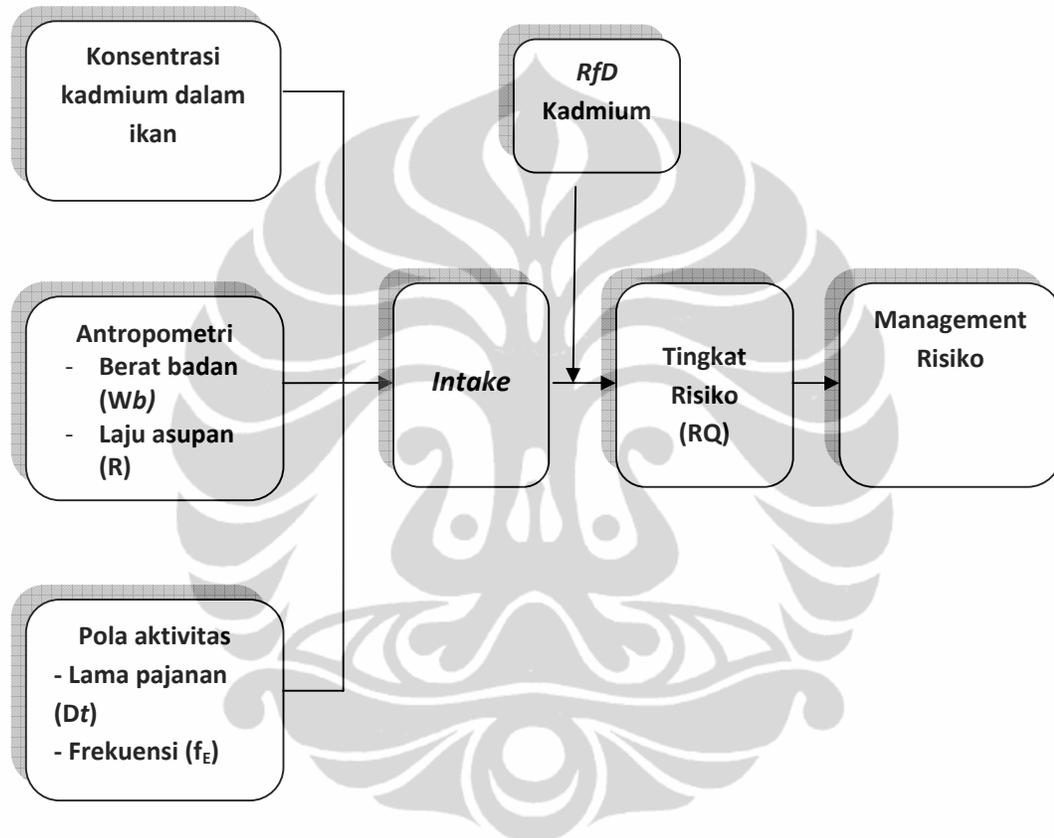
Dari uraian teori di bab sebelumnya maka dapat dibuat kerangka teori sebagai berikut :



Gambar 3.1 Kerangka Teori Analisis Risiko Kesehatan Pencemaran Logam Kadmium Pada Ikan

3.2. Kerangka Konsep

Berdasarkan kerangka teori di atas, untuk mengetahui risiko kesehatan masyarakat akibat mengonsumsi ikan yang mengandung kadmium maka dibuat kerangka konsep sebagai berikut :



Gambar 3.2 Kerangka Konsep Analisis Risiko Kesehatan Pencemaran Logam Kadmium Pada Ikan

3.3 Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Satuan	Skala
Konsentrasi Kadmium dalam Ikan	Jumlah kadmium yang terdapat dalam ikan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat nelayan Muara Angke Jakarta Utara	Pemeriksaan di Laboratorium	<i>Inductively Coupled Plasma (ICP)</i>	mg/gr	Rasio
Frekuensi Pemajanan (f_E)	Keseringan responden mengkonsumsi ikan per hari selama setahun	Wawancara	Kuesioner	hari/tahun	Rasio
Laju Asupan (R)	Jumlah berat ikan yang dikonsumsi responden per hari	Wawancara	Kuesioner	gram/hari	Rasio
Durasi Paparan (D_t)	Lamanya waktu (tahun) kontak responden dengan paparan (<i>risk agent</i>) di tempat tinggal	Wawancara	Kuesioner	Tahun	Rasio
Berat Badan (W_b)	Berat badan responden saat penelitian	Melakukan penimbangan berat badan	Timbangan berat badan (<i>Bathroom scale</i>)	Kilo gram	Rasio

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Satuan	Skala
Besar risiko terjadinya toksisitas kadmium	Perbandingan laju asupan dibagi dosis respon	Melakukan perhitungan dengan pendekatan bilangan risiko atau <i>risk quotient (RQ)</i> berdasarkan besarnya asupan (I) dan dosis acuan (RfD) dengan rumus :	-	-	Rasio

$$RQ = \frac{I}{RfD}$$

RQ ≥ 1 : Risiko terjadinya gangguan kesehatan semakin besar
RQ < 1 : Risiko terjadinya gangguan kesehatan semakin kecil

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1 Rancangan Studi

Analisis risiko merupakan metode yang digunakan untuk menilai dan melakukan prediksi tingkat risiko yang akan terjadi akibat pajanan agen lingkungan. Langkah-langkah dalam analisis ini adalah ;

- 1) Identifikasi bahaya atau identifikasi sumber
- 2) Karakterisasi bahaya atau analisis dosis respon
- 3) Analisis pemajanan
- 4) Karakteristik risiko

Analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) berbeda dengan studi epidemiologi. ARKL mampu meramalkan risiko menurut proyeksi waktu pemajanan kedepan sedangkan studi epidemiologi digunakan untuk mempelajari kejadian dan distribusi penyakit menurut orang, tempat dan waktu. Estimasi risiko kesehatan dilakukan secara deterministik dengan membandingkan jumlah rata-rata asupan harian dengan dosis referensi. Risiko kesehatan dinyatakan ada dan perlu dikendalikan bila risiko asupan terhadap $RfD > 1$. Estimasi risiko bukan pengujian hubungan atau pengaruh pajanan agen / lingkungan dengan kesehatan.

Sumber data dalam penelitian ini menggunakan data primer hasil pengukuran konsentrasi kadmium dalam ikan yang berasal dari perairan Teluk Jakarta serta wawancara dengan menggunakan kuesioner untuk pengumpulan data antropometri dan pola aktivitas masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara tahun 2010.

4.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kampung Nelayan Muara Angke Kecamatan Pluit Jakarta Utara, sedangkan tempat pengujian sampel ikan untuk menganalisis konsentrasi logam kadmium dalam ikan dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Jakarta di Percetakan Negara. Waktu penelitian dilaksanakan dari bulan Maret sampai dengan bulan Mei 2010.

4.3 Populasi dan Sampel

4.3.1 Populasi Subyek

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh masyarakat yang tinggal di RW 01 Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara dengan jumlah populasi 2573 jiwa.

4.3.2 Sampel Subyek

Sampel dalam penelitian ini adalah individu dewasa (≥ 17 tahun), laki-laki dan perempuan yang tinggal di kampung Nelayan Muara Angke Jakarta Utara dengan unit analisis adalah individu/orang yang mengkonsumsi ikan. Pemilihan sampel ini didasarkan pada asumsi bahwa gangguan kesehatan akibat logam kadmium secara kronis dapat terjadi pada manusia yang terpajan lebih dari 10 tahun (satu dekade)

Sampel dihitung berdasarkan ukuran sampel dari satu populasi (*one-sample situation*) dengan variable dependen data kontinyu maka besaran sampel minimal yang harus diambil dalam penelitian ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Lwanga & Lemeshow, 1991):

$$n = \frac{Z^2_{1-\alpha/2} P (1 - P)}{d^2}$$

- n = jumlah sampel yang dibutuhkan
- Z = nilai baku distribusi normal pada derajat kepercayaan 95 % ($Z_{1-\alpha/2} = 1,96$)
- P = Proporsi populasi manusia yang terpajan kadmium (untuk populasi yang tidak diketahui, $P = 0,5$)
- d = presisi absolute (jumlah orang yang harus dimasukkan dalam sampel sehingga prevalensi dapat diduga dalam jarak 10 % (0,1) di atas dan dibawah prevalensi yang sesungguhnya dengan tingkat kepercayaan 95%)

Dengan persamaan di atas, maka sampel minimal dalam penelitian ini dapat dihitung sebagai berikut ;

$$n = \frac{(1,960)^2 (0,5) (1-0,5)}{(0,1)^2} = 97$$

Jadi jumlah sampel minimal yang akan diambil dalam penelitian ini adalah 97 responden. Pengambilan sample secara *simple random sampling*.

4.3.3 Populasi Ikan

Populasi ikan dalam penelitian ini adalah ikan yang ada di Tempat Pelelangan Ikan Muara Angke dan merupakan hasil tangkapan dari perairan Teluk Jakarta.

4.3.4. Sampel Ikan

Sedangkan jenis ikan yang dianalisis kandungan kadmiumnya ditentukan berdasarkan informasi hasil kuesioner mengenai 3 jenis ikan yang paling banyak dikonsumsi oleh masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke. Untuk memenuhi standar minimal sampel maka jumlah sampel ikan yang diambil sebanyak 30 sampel. Pengambilan sampel dilakukan dalam satu hari dari 30 pedagang ikan yang ada di Tempat Pelelangan Ikan Muara Angke

4.4. Metode Analisis Logam Kadmium Dalam Ikan

Langkah–langkah analisis logam kadmium pada ikan adalah sebagai berikut :

- Sampel ikan ditimbang sekitar 9 – 14 gr.
- Lalu sampel dimasukkan ke dalam furnace dengan suhu sebesar 450⁰ C sehingga menjadi abu lalu ditutup dengan alumunium foil agar tidak berterbangan.
- Kemudian ditambahkan asam pekat ± 2 ml sampai berasap lalu diuapkan dan difurnace sampai abu berwarna putih
- Setelah itu abu dilarutkan dengan HCl 6 molar sebanyak 5 ml.

- Lalu masukkan ke dalam labu ukur dan ditambahkan dengan asam nitrat encer (7 ml dalam 1 liter) dengan konsentrasi 0,1 molar sehingga mencapai ukuran 100 ml.
- Kemudian masukkan ke dalam alat ICP (*Inductively Coupled Plasma*) untuk dibaca konsentrasi kadmium yang terdapat dalam sampel ikan.

4.5 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data antropometrik yang terdiri dari berat badan dan laju asupan, data pola aktivitas yang terdiri dari lama pajanan dan frekuensi serta data konsentrasi kadmium dalam ikan.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang berupa hasil pengukuran kadmium dalam ikan dengan ICP yang dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Jakarta. Data kuisioner yang didapat dari hasil wawancara dengan penduduk yang tinggal di Kampung Nelayan Muara Angke Jakarta Utara, digunakan untuk mengetahui data antropometri tiap responden yang meliputi berat badan (W_b) dan laju asupan (R) serta data pola aktivitas yang meliputi lama tinggal (D_t), frekuensi pajanan (f_E). Selanjutnya data-data tersebut digunakan untuk menghitung asupan (*intake*) konsentrasi kadmium dalam ikan yang masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pencernaan

4.5.1 Persiapan Pengumpulan Data

Petugas pengumpul data adalah peneliti sendiri yang dibantu oleh petugas RT setempat dan kader. Agar data yang dikumpulkan tetap terjaga kualitasnya sesuai kondisi di lapangan maka dilakukan upaya-upaya sebagai berikut :

- Menyatukan persepsi antara peneliti dan para petugas pengumpul data tentang cara-cara atau teknis pengumpulan data dan cara penggunaan daftar pertanyaan.
- Melakukan editing dengan maksud apabila ada pertanyaan yang belum terisi/kosong atau ada kekeliruan lain akan segera diperbaiki atau melakukan wawancara ulang.

4.5.2 Penentuan Jenis Ikan

Ada berbagai jenis ikan laut hasil tangkapan dari perairan Teluk Jakarta. Dari 27 jenis ikan tersebut (Tabel 2.5) menurut Petugas Pengelola Kawasan Pelabuhan Perikanan dan Pangkalan Pendaratan Ikan (PKPP dan PPI) Muara Angke terdapat 10 jenis ikan laut yang sering dijumpai dan biasa dikonsumsi oleh masyarakat Muara Angke yaitu ikan kembung, tongkol, teri, tenggiri, kakap, kerapu, bawal, ekor kuning, kwe dan ikan selar (Tabel 2.6). Langkah berikutnya:

- Dari hasil observasi dan wawancara didapatkan 3 jenis ikan yang paling sering dikonsumsi adalah ikan kembung, ikan tongkol dan ikan teri (Tabel 2.7).
- Dipilihnya 3 jenis ikan dengan asumsi bahwa masyarakat tidak mungkin dalam 1 tahun hanya memakan 1 jenis ikan saja, jadi diambil 3 jenis agar lebih mewakili pola konsumsi masyarakat Muara Angke.
- Dari hasil wawancara didapatkan berbagai macam alasan mengapa mereka lebih sering memakan ikan tersebut yaitu dikarenakan harganya yang sangat murah, selalu ada setiap hari dan sering juga diberi secara gratis dari tempat pelelangan ikan.
- Kemudian ketiga jenis ikan tersebut yaitu ikan kembung, tongkol dan teri diperiksa konsentrasi kadmiumnya di laboratorium.
- Sampel ikan diambil dari tempat pelelangan ikan yang ada di Muara Angke sebanyak 30 sampel berarti 10 ekor dari masing-masing ikan tersebut yang diperiksa konsentrasi kadmiumnya. Sampel diambil pada hari yang sama dari 30 pedagang yang ada di Tempat Pelelangan Ikan Muara Angke.

4.5.3 Menghitung Laju Asupan (R)

Untuk mengetahui berapa banyak ikan yang dimakan oleh responden per harinya maka dilakukan tahap-tahap berikut ini :

- Membuat alat peraga (*food model*) berupa gambar ikan dimana sebelumnya ikan yang sesungguhnya telah diukur beratnya oleh peneliti (lihat lampiran dokumentasi penelitian gambar 8, 9 dan 12).

- Responden hanya perlu menjawab memakan berapa ekor dari gambar ikan yang ditunjukkan oleh pewawancara (lihat lampiran dokumentasi penelitian gambar 14 dan 15).
- Peneliti menghitung jumlah asupan, misal Responden A menjawab memakan ikan kembung (lampiran dokumentasi penelitian gambar 12), tongkol masing-masing sebanyak 1 ekor dan teri (lampiran dokumentasi penelitian gambar 10,11) sebanyak 1 genggam dalam sekali makan dan dalam sehari dia makan 3 kali maka laju asupan si Responden A untuk
 - Ikan kembung : 1 ekor x 3 kali x 90 gr = 270 gr/hari
 - Ikan teri : 1 genggam x 3 kali x 50 gr = 150 gr/hari
 - Ikan tongkol : 1 ekor x 3 kali x 100 gr = 300 gr/hari

Untuk mencari laju asupan untuk konsumsi semua jenis ikan di atas maka diambil rata-rata dari penjumlahan laju asupan ketiga ikan di atas.

- Makan semua jenis ikan $(270 + 150 + 300)/3 = 240$ gr/hari

4.5.4 Menghitung Frekuensi Pajanan (Fe)

Agar mempermudah perhitungan frekuensi pajanan ikan maka dipakai per minggu dimana dalam 1 tahun ada 52 minggu. Contoh Responden B makan:

- Ikan kembung 3 x seminggu hasilnya $3 \times 52 = 156$ hari/tahun
- Ikan teri 1 x seminggu hasilnya $1 \times 52 = 52$ hari/tahun
- Ikan tongkol 2 x seminggu hasilnya $2 \times 52 = 104$ hari/tahun
- Gabungan semua jenis ikan hasilnya $156 + 52 + 104 = 312$ hari/tahun

4.5.5 Menghitung Tingkat Risiko Kadmium

Pada penelitian ini tingkat risiko yang dihitung adalah :

1. Menghitung tingkat risiko dari masing-masing ikan. Untuk melihat ikan mana yang paling berisiko.
2. Menghitung tingkat risiko masyarakat mengkonsumsi gabungan dari ketiga jenis ikan tersebut yaitu kembung, tongkol dan teri. Dan diasumsikan bahwa dalam satu hari responden hanya mengkonsumsi satu jenis ikan saja.

4.5.6 Pengolahan Data

Data yang terkumpul kemudian diolah dan dianalisis dengan menggunakan komputerisasi. Tahapan pengolahan data adalah sebagai berikut :

1) Pemeriksaan data

Dilakukan untuk melihat apakah data yang dikumpulkan pada kuesioner sudah benar dan tidak terjadi kesalahan pengisian.

2) Memasukkan data

Memasukkan data ke dalam komputer dengan memanfaatkan program komputer untuk memudahkan dan menghindari kesalahan perhitungan dalam analisis data

3) Membersihkan data

Mengecek kembali data yang telah dimasukkan ke dalam program komputer untuk menghindari kemungkinan terjadinya kesalahan *entri* data, dengan cara memeriksa kembali seluruh data yang telah dientri ke dalam program komputer termasuk aplikasi rumus yang digunakan.

4.6 Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Penelitian ini menggunakan metode analisis risiko, hal ini digunakan karena dapat memberikan perkiraan terhadap risiko kesehatan konsumen berdasarkan konsentrasi Kadmium dalam ikan. Menurut Leeuwen dan Hermens (1995) dan Louvar & Louvar (1998), analisis risiko terdiri dari 4 langkah sebagai berikut ;

1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Potential Identification*)

Melakukan identifikasi bahaya logam berat Kadmium yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan dengan mengacu pada hasil pemeriksaan sampel air di Teluk Jakarta kemudian dibandingkan dengan standar kualitas air dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air.

Ditetapkannya kadmium (Cd) sebagai *risk agent* yang perlu dikaji besar risikonya terhadap kesehatan karena pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan terdapat pencemaran logam kadmium pada perairan Teluk

Jakarta. Data konsentrasi kadmium di perairan Teluk Jakarta dan pada ikan (2005) konsentrasi kadmium sebesar 0,016 – 0,080 mg/kg, artinya telah melampaui nilai baku mutu sesuai dengan PP No. 82 tahun 2001 sebesar 0,010 mg/kg.

2. Analisis Paparan (*Exposure Assessment*)

Analisis paparan dilakukan dengan pengukuran besarnya paparan, yaitu dengan mengestimasi jumlah asupan (*intake*) ikan yang masuk ke dalam tubuh manusia setiap harinya atau minggu atau bulan dengan memperhitungkan konsentrasi kadmium dalam ikan serta laju asupan, frekuensi paparan, durasi paparan, berat badan dan periode waktu rata-rata.

$$I = \frac{C \times R \times fe \times Dt}{Wb \times Tavg} \dots\dots\dots (1)$$

3. Analisis Dosis Respon (*Dose-Response Assessment*)

Dosis respon logam kadmium didapat dari *Integrated Risk Information Sistem* (IRIS) dimana nilai RfD logam kadmium yang pemajannya melalui makanan yaitu sebesar 0,001 mg/kg/hari (U.S. EPA, 2002)

4. Karakteristik Risiko (*Risk Characterization*)

Karakteristik risiko adalah perkiraan risiko secara numeric, melalui estimasi risiko dengan kuantifikasi probabilitas yaitu rasio antara *intake* (asupan) dengan dosis acuan (RfD)

$$RQ = \frac{Intake (mg/kg/ hari)}{RfD (mg/kg/ hari)} \dots\dots\dots(2)$$

Hasil perhitungan *risk quotients* (RQ) dapat menunjukkan tingkat risiko kesehatan konsumen akibat mengkonsumsi ikan yang mengandung kadmium. Apabila $RQ \leq 1$ menunjukkan paparan masih berada di bawah batas normal dan penduduk yang mengkonsumsi ikan tersebut aman dari

risiko kesehatan oleh kadmium sepanjang hidupnya. Sedangkan bila nilai $RQ > 1$ menunjukkan pajanan berada di atas batas normal dan penduduk yang mengkonsumsi ikan tersebut berisiko mengalami gangguan kesehatan oleh kadmium sepanjang hidupnya.

5. Manajemen Risiko

Dalam Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) prinsip pengelolaan risiko dilakukan apabila tingkat risiko (RQ) > 1 . Formula generik untuk manajemen risiko adalah membuat skenario hingga *intake* atau *risk agent* sama dengan *RfD*-nya. Caranya adalah dengan mengurangi laju asupan, frekuensi pajanan dan konsentrasi pajanan.

Untuk mengurangi laju asupan dilakukan dengan cara memodifikasi persamaan (1) secara matematik sehingga menjadi :

$$R = \frac{RfD \times W \times t_{avg}}{C \times f_E \times D_t} \dots\dots\dots(3)$$

Untuk mengurangi frekuensi pajanan, diperoleh dengan memanipulasi variabel perhitungan pada persamaan (3) di atas secara matematik untuk memperoleh nilai f_E sehingga menghasilkan persamaan berikut :

$$f_E = \frac{RfD \times W \times t_{avg}}{C \times R \times D_t} \dots\dots\dots(4)$$

Untuk melihat konsentrasi pajanan yang aman maka digunakan *RfD* yang menyatakan dosis harian yang aman. Karena *RfD* berarti dosis aman seluruh jalur pajanan, langkah pertama adalah mengubah *RfD* menjadi tingkat kesetaraan makanan atau *Food Equivalen Level (FEL)* dengan menggunakan berat badan dan laju konsumsi ikan.

$$\text{FEL} = \frac{\text{RfD (mg/kg/hari)} \times \text{W}_b \text{ (kg)}}{\text{R (gr/hari)}} \dots\dots\dots (5)$$

Ikan bukanlah satu-satunya sumber asupan kadmium. Belum ada data mengenai sumber kontribusi relatif (*relative contribution source, RCS*) ikan, maka dipakai asumsi 60 – 80% untuk kadmium dari ikan. Setelah itu bisa dicari batas aman menurut kesehatan yang dianjurkan (disarankan) menjadi baku mutu bagi populasi dengan berat badan dan laju asupan tertentu disebut juga *Maximum Contaminant Level Goal* (MCLG). MCLG didapat dari hasil perkalian *Food Equivalen Level* (FEL) dengan sumber kontribusi relatif (*relative contribution source, RCS*).

$$\text{MCLG} = \text{FEL} \times \text{RCS} \dots\dots\dots (6)$$

BAB 5

HASIL PENELITIAN

5.1 Karakteristik Responden

Karakteristik responden di Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit menurut jenis kelamin, status perkawinan, pendidikan dan pekerjaan yang diperoleh melalui wawancara dan kuesioner, hasil selengkapnya terdapat dalam Tabel 5.1:

Tabel 5.1 Distribusi Menurut Jenis Kelamin, Status Perkawinan, Umur, Pendidikan dan Pekerjaan Responden di Muara Angke Tahun 2010

Variabel	Jumlah (n=97)	Persentase
Jenis Kelamin		
• Laki-laki	61	62,9
• Perempuan	36	37,1
Status Pernikahan		
• Menikah	75	77,3
• Belum menikah	22	22,7
Umur		
• 20 - 30 tahun	38	39,2
• 31 – 40 tahun	27	27,8
• 41 – 50 tahun	23	23,7
• > 50 tahun	9	9,3
Pendidikan		
• SD	41	42,3
• SMP	23	23,7
• SMA	32	33,0
• Akademi/PT	1	1,0
Pekerjaan		
• Nelayan	34	35,1
• Buruh	14	14,4
• Pedagang	17	17,5
• Karyawan Swasta	16	16,5
• Lain-lain (Ibu Rumah Tangga)	16	16,5

Distribusi jenis kelamin responden paling banyak adalah laki-laki yaitu 61 orang (62,9%) sedangkan perempuan sebanyak 36 orang (37,1%). Distribusi responden menurut status pernikahan paling banyak berstatus menikah yaitu 75 orang (77,3%) dan yang belum menikah sebanyak 22 orang (22,7%). Distribusi responden menurut umur yang paling banyak responden berumur 20-30 tahun 38 orang (39,2%) sedangkan responden paling sedikit terdapat pada kelompok umur > 50 tahun sebanyak 9 orang (9,3%). Untuk distribusi responden menurut pendidikan, yang banyak responden berpendidikan SD yaitu sebesar 41 orang (42,3%) dan paling sedikit berpendidikan akademi/ perguruan tinggi sebanyak 1 orang (1,0%). Distribusi responden menurut pekerjaan yang paling banyak adalah berprofesi sebagai nelayan sebesar 34 orang (35,1%) dan paling sedikit berprofesi sebagai buruh yaitu 14 orang (14,4%).

5.2 Konsentrasi Kadmium Dalam Ikan

Pengukuran konsentrasi kadmium pada ikan yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke diperlukan agar bisa menentukan tingkat risiko yang ada. Hasil pengukuran selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Konsentrasi Kadmium Dalam Ikan yang Berasal Dari Perairan Teluk Jakarta Tahun 2010

Sampel	Konsentrasi Kadmium (mg/kg)
Tongkol 1	0.0042
Tongkol 2	0.0068
Tongkol 3	0.0135
Tongkol 4	0.0021
Tongkol 5	0.0104
Tongkol 6	0.0051
Tongkol 7	0.0056
Tongkol 8	0.0062
Tongkol 9	0.0054
Tongkol 10	0.0032
Kembung 1	0.0048
Kembung 2	0.0083
Kembung 3	0.0092
Kembung 4	0.0051
Kembung 5	0.0019
Kembung 6	0.0036
Kembung 7	0.0008
Kembung 8	0.0024
Kembung 9	0.0019
Kembung 10	0.0010
Teri 1	0.0301
Teri 2	0.0108
Teri 3	0.0079
Teri 4	0.0054
Teri 5	0.0068
Teri 6	0.0077
Teri 7	0.0042
Teri 8	0.0070
Teri 9	0.0058
Teri 10	0.0092

Pada tabel 5.2 didapatkan hasil rata-rata konsentrasi kadmium pada ikan sebesar 0,0065 mg/kg. Nilai ini ternyata masih berada dibawah batas maksimum yang diperbolehkan menurut Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan RI No. HK.00.06.1.52.4011 Tahun 2009 Tentang Penetapan Batas Maksimum Cemar Mikroba dan Kimia Dalam Makanan, untuk cemaran logam berat kadmium pada ikan olahan batas maksimum yang diperbolehkan sebesar 0,1 mg/kg.

5.3 *Intake* Kadmium dalam Ikan

Dari hasil penelitian *intake* konsentrasi kadmium dalam ikan yang masuk ke dalam tubuh masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke sebesar 0,000012 mg/kg/hari. Untuk menentukan *intake* kadmium dalam ikan tergantung pada variabel konsentrasi kadmium pada ikan (C), laju asupan (R), frekuensi pajanan (f_E), berat badan responden (W_b) dan durasi pajanan (persamaan 1).

Dalam mencari distribusi variabel-variabel yang ada, harus dicari juga distribusi normal atau tidaknya karena hal ini diperlukan dalam penghitungan tingkat risiko populasi. Perhitungannya dengan menggunakan *Coeffisient of Variance* (*CoV*), yaitu SD dibagi mean. Bila $CoV > 20\%$ dianggap tidak normal karena itu menggunakan nilai median, sebaliknya jika $CoV \leq 20\%$ distribusi dianggap normal sehingga dapat menggunakan nilai mean.

5.3.1 Distribusi Konsentrasi Kadmium

Data hasil pengukuran konsentrasi kadmium pada Tabel 5.2 dianalisis, sehingga mendapatkan distribusi data sebagai berikut (Tabel 5.3), rata-rata konsentrasi kadmium pada ikan kembung di Teluk Jakarta yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke yaitu sebesar 0,0039 gr/kg, median 0,0030 gr/kg dan standar deviasi 0,0029 gr/kg, dengan konsentrasi kadmium paling rendah 0,0008 gr/kg dan yang paling tinggi 0,0060 gr/kg. Hasil *CoV* diperoleh 74% maka berdistribusi tidak normal (Tabel 5.3).

Rata-rata konsentrasi kadmium pada ikan tongkol yaitu sebesar 0,0062 gr/kg, median 0,0055 gr/kg dan standar deviasi 0,0039 gr/kg, dengan konsentrasi kadmium paling rendah 0,0021 gr/kg dan yang paling tinggi 0,0013 gr/kg. Hasil *CoV* 63 % berarti berdistribusi tidak normal (Tabel 5.3).

Rata-rata konsentrasi kadmium pada ikan teri yaitu sebesar 0,0095 gr/kg, median 0,0074 gr/kg dan standar deviasi 0,0075 gr/kg, dengan konsentrasi kadmium paling rendah 0,0042 gr/kg dan yang paling tinggi 0,0301 gr/kg. Hasil *CoV* diperoleh 79% berarti berdistribusi tidak normal (Tabel 5.3).

Maka dapat disimpulkan untuk semua jenis ikan jenis ikan berdistribusi tidak normal maka nanti dalam menghitung tingkat risiko (RQ) menggunakan nilai median.

Tabel 5.3 Distribusi Konsentrasi Kadmium Dalam Ikan yang Dikonsumsi Masyarakat Nelayan Muara Angke Tahun 2010

Jenis Ikan	Mean (mg/kg)	Median (mg/kg)	SD (mg/kg)	Min – Max (mg/kg)
Kembung	0,0039	0,0030	0,0029	0,0008– 0,0092
Tongkol	0,0062	0,0055	0,0039	0,0021- 0,0135
Teri	0,0095	0,0074	0,0075	0,0042 - 0,301
Gabungan	0,0065	0,0055	0,0054	0,0008 – 0,0301

5.3.2 Distribusi Laju Asupan (R)

Dari hasil analisis diperoleh rata-rata laju asupan ikan kembung responden masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke adalah 222,7 gr/hr, median 180 gr/hr dan standar deviasi 45,2 gr/hr, dengan laju asupan ikan kembung paling kecil adalah 180 gr/hari dan yang paling banyak adalah 270 gr/hari. Hasil *CoV* diperoleh 20% maka berdistribusi normal (Tabel 5.4).

Rata-rata laju asupan ikan tongkol responden masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke adalah 246,4 gr/hari, median 200 gr/hr dan standar deviasi 50,1 gr/hr, dengan laju asupan ikan tongkol paling kecil adalah 200 gr/hari dan yang paling banyak adalah 300 gr/hari. Hasil *CoV* sebesar 20% maka berdistribusi normal (Tabel 5.4).

Rata-rata laju asupan ikan teri responden masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke adalah 123,2 gr/hr, median 100 gr/hr dan standar deviasi 25,1 gr/hr, dengan laju asupan ikan teri paling kecil adalah 100 gr/hari dan yang paling banyak adalah 150 gr/hari. Hasil *CoV* diperoleh 20% jadi berdistribusi normal. (Tabel 5.4).

Tabel 5.4 Distribusi Menurut Laju Asupan Responden di Muara Angke Tahun 2010

Jenis Ikan	Laju Asupan (gr/hari)			
	Mean	Median	SD	Min - Max
Kembung	222,7	180	45,2	180 - 270
Tongkol	246,4	200	50,1	200 - 300
Teri	123,2	100	25,1	100 - 150
Gabungan	197,4	160	39,9	160 - 240

Dapat disimpulkan bahwa untuk laju asupan semua jenis ikan berdistribusi normal sehingga dalam menghitung tingkat risiko menggunakan nilai mean.

5.3.3 Distribusi Frekuensi Pajanan (Fe)

Rata-rata frekuensi pajanan ikan kembung responden masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke adalah 107,2 hari/tahun, median 104 hr/tahun dan standar deviasi 35,1 hr/tahun, dengan frekuensi pajanan ikan kembung paling kecil adalah 52 hari/tahun dan yang paling banyak adalah 208 hari/tahun. Nilai *CoV*nya sebesar 33% maka berdistribusi tidak normal (Tabel 5.5).

Rata-rata frekuensi pajanan ikan tongkol responden masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke adalah 90,6 hari/tahun, median 104 hr/tahun dan standar deviasi 34,6 hr/tahun, dengan frekuensi pajanan ikan tongkol paling kecil adalah 52 hari/tahun dan yang paling banyak adalah 156 hari/tahun. Nilai *CoV* sebesar 38% maka berdistribusi tidak normal (Tabel 5.5).

Rata-rata frekuensi pajanan ikan teri responden masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke adalah 96,5 hari/tahun, median 104 hr/tahun dan standar deviasi 38,9 hr/tahun, dengan frekuensi pajanan ikan teri paling kecil adalah 52 hari/tahun dan yang paling banyak adalah 156 hari/tahun. Nilai *CoV* sebesar 40% maka berdistribusi tidak normal. (Tabel 5.5).

Tabel 5.5 Distribusi Menurut Frekuensi Pajanan Responden di Muara Angke Tahun 2010

Jenis Ikan	Frekuensi Pajanan (hari/tahun)			
	Mean	Median	SD	Min - Max
Kembung	107,2	104	35,1	52 - 208
Tongkol	90,6	104	34,6	52 - 156
Teri	96,5	104	38,9	52 - 156
Gabungan	294,3	312	30,8	208 - 312

Untuk frekuensi pajanan ikan kembung, tongkol dan teri berdistribusi tidak normal maka pada perhitungan tingkat risiko memakai nilai median.

5.3.4 Distribusi Berat Badan (W_b) dan Durasi Paparan (D_t)

Hasil analisis data berat badan dan durasi paparan responden merupakan variabel yang diperlukan dalam menghitung tingkat risiko paparan kadmium dalam ikan. Rata-rata berat badan responden Muara Angke adalah 59 kg, median 60 kg dan standar deviasi 9,9 kg, dengan berat badan paling kecil adalah 40 kg dan yang paling besar adalah 85 kg. Dari perhitungan *CoV* diperoleh 17 % berarti berdistribusi normal (Tabel 5.6).

Sedangkan untuk durasi paparan rata-rata 24 tahun, median 25 tahun dan standar deviasi 8,9 tahun, dengan durasi paparan paling kecil adalah 1 tahun dan yang paling lama adalah 50 tahun. Durasi paparan tidak berdistribusi normal karena *CoV* di atas 20% yaitu 37% (Tabel 5.6).

Tabel 5.6 Distribusi Menurut Berat Badan dan Durasi Paparan Responden di Muara Angke Tahun 2010

Variabel	Mean	Median	SD	Min-Max
Berat Badan (kg)	59	60	9,9	40 – 85
Durasi Paparan (tahun)	24	25	8,9	1 - 50

Dapat disimpulkan bahwa dalam menghitung tingkat risiko, untuk berat badan menggunakan nilai mean dan untuk durasi paparan menggunakan nilai median.

5.4 Analisis Dosis Respon

Nilai dosis respon yang dipakai pada penelitian ini berasal dari IRIS (*Integrated Risk Information Sistem*) (1985). Dosis referensi untuk efek-efek nonkarsinogenik dinyatakan sebagai *Reference Dose (RfD)*. Untuk efek-efek karsinogenik dinyatakan sebagai *Cancer Slope Factor (CSF)* atau *Cancer Unit Risk (CCR)*

Efek kesehatan dari logam kadmium lewat pencernaan adalah kategori non-kanker, berdasarkan IRIS, *RfD* kadmium pada makanan sebesar 0,001 mg/kg/hari, sedangkan *RfD* kadmium pada air sebesar 0,0005 mg/kg/hari.

5.5 Karakteristik Risiko

5.5.1 Tingkat Risiko (RQ) Untuk Populasi

Untuk mencari tingkat risiko (RQ) dengan hasil perhitungan *intake* dibagi dengan nilai *RfD*. Tingkat risiko dihitung berdasarkan durasi pajanan saat ini (*real time*), prediksi 10, 20 dan 30 tahun mendatang. Dengan asumsi data variabel yang berhubungan dengan *intake* yaitu konsentrasi kadmium, laju asupan, frekuensi pajanan, dan berat badan tidak berubah. Seperti telah diterangkan di atas maka nilai dari variabel-variabel yang dipakai tergantung dari nilai *Coeffisient of Variance (CoV)*, Bila $CoV > 20\%$ maka memakai nilai median sedangkan bila $CoV \leq 20\%$ maka akan dipakai nilai mean dari variabel tersebut. Pada Tabel 5.7 menunjukkan nilai dari variabel yang dipakai untuk menghitung tingkat risiko populasi:

Tabel 5.7 Nilai Untuk Menghitung Tingkat Risiko Populasi di Muara Angke Tahun 2010

Jenis Ikan	C (mg/g)	R (gr/hr)	f_E (hari/thn)	D_t (tahun)	Wb (kg)	Tavg (hari)
Kembung	3E-06	222,7	104	25	59	10950
Tongkol	5,5E-06	246,4	104	25	59	10950
Teri	7,4E-06	123,2	104	25	59	10950

Memakai data pada Tabel 5.7 maka dapat dihitung tingkat risiko populasi masyarakat yang mengkonsumsi ikan kembung pada saat ini (Tabel 5.7 no.1 dan Tabel 5.8 no.1) yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Intake (I)} &= \frac{3,0E-06 \text{ mg/gr} \times 222,68 \text{ gr/hr} \times 104 \text{ hari/tahun} \times 25 \text{ tahun}}{59 \text{ kg} \times 365 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}} \\
 &= 3E-06 \text{ mg/kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 RQ &= \text{Intake} / RfD \\
 RQ &= \frac{3E-06 \text{ mg/kg hari}}{0,001 \text{ mg/kg hari}} \\
 &= \mathbf{0,003}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat dikatakan bahwa pada saat ini populasi masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke masih aman dan tidak berisiko mengonsumsi ikan kembung yang berasal dari perairan Teluk Jakarta.

Pada Tabel 5.8 terlihat bahwa untuk saat ini populasi masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke masih aman dan tidak berisiko dalam mengonsumsi ikan kembung yang berasal dari Teluk Jakarta karena RQ masih dibawah 1. Dan juga mereka masih aman dan tidak berisiko dalam mengonsumsi ikan tongkol yang berasal dari Teluk Jakarta karena RQ masih dibawah 1. Demikian juga untuk mengonsumsi ikan teri, tingkat risikonya masih di bawah 1 sehingga mereka masih aman untuk mengonsumsi ikan tersebut.

Untuk durasi pajanan 10 tahun ke depan, populasi masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke masih aman dan tidak berisiko dalam mengonsumsi ikan kembung, ikan tongkol dan ikan teri yang berasal dari Teluk Jakarta karena RQ masih dibawah 1

Sedangkan untuk durasi pajanan 20 tahun ke depan, populasi masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke masih aman dan tidak berisiko dalam mengonsumsi ikan kembung, ikan tongkol dan ikan teri yang berasal dari Teluk Jakarta karena RQ masih dibawah 1.

Pada durasi pajanan 30 tahun kedepan, populasi masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke masih aman dan tidak berisiko dalam mengonsumsi ikan kembung, ikan tongkol dan ikan teri yang berasal dari Teluk Jakarta karena RQ masih dibawah 1.

Jadi dapat disimpulkan untuk saat ini, 10, 20 dan 30 tahun mendatang, populasi masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke masih aman dan tidak

berisiko dalam mengonsumsi ikan kembung, teri dan tongkol yang berasal dari Perairan Teluk Jakarta.

Tabel 5.8 Tingkat Risiko (RQ) Populasi Masyarakat Muara Angke Dalam Mengonsumsi 3 Jenis Ikan Tahun 2010

Jenis Ikan	C (mg/g)	Intake (mg/kg/hr)				RQ			
		Realtime	10 th	20 th	30 th	realtime	10 th	20 th	30 th
Kembung	3E-06	3E-06	4E-06	5E-06	6E-06	0,003	0,004	0,005	0,006
Tongkol	5,5E-06	5E-06	8E-06	1E-05	1E-05	0,005	0,008	0,010	0,012
Teri	7,4E-06	4E-06	5E-06	7E-06	8E-06	0,004	0,005	0,007	0,008

Berdasarkan asupan (*Intake*) dari ikan kembung, tongkol dan teri dapat dihitung *intake* total bagi masyarakat Muara Angke yang mengonsumsi ketiga jenis ikan tersebut sehingga dapat diketahui tingkat risiko (RQ) populasi Masyarakat Muara Angke yang mengonsumsi ketiga jenis ikan tersebut.

$$\begin{aligned}
 RQ_{\text{Gabungan}} &= \frac{I_{\text{Kembung}} + I_{\text{Tongkol}} + I_{\text{Teri}}}{RfD} \\
 RQ_{\text{Gabungan}} &= \frac{3E-06 + 5E-06 + 4E-06 \text{ mg/kg/hari}}{0,001 \text{ mg/kg/hari}} \\
 RQ_{\text{Gabungan}} &= \frac{0,000012 \text{ mg/kg/hari}}{0,001 \text{ mg/kg/hari}} \\
 RQ_{\text{Gabungan}} &= 0,012
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas dapat dikatakan bahwa pada saat ini Populasi Masyarakat Muara Angke masih aman dan tidak berisiko untuk mengonsumsi semua jenis ikan tersebut. Pada Tabel 5.9 terlihat bahwa untuk

durasi pajanan 10, 20 dan 30 tahun yang akan datang, Populasi Masyarakat Muara Angke masih aman dan tidak mempunyai risiko kesehatan dalam mengkonsumsi semua jenis ikan (teri, tongkol dan kembung) yang berasal dari Perairan Teluk Jakarta dengan asumsi sumber pajanan kadmium hanya berasal dari ikan saja dan tidak memperhitungkan pajanan kadmium dari sumber yang lain. (Tabel 5.9).

Tabel 5.9 Tingkat Risiko (RQ) Populasi Masyarakat Muara Angke Dalam Mengkonsumsi Gabungan Ketiga Jenis Ikan Tahun 2010

Variabel	Durasi Pajanan			
	realtime	10 th	20 th	30 th
<i>Intake</i>	0,000012	0,000017	0,000022	0,000027
RfD	0,001	0,001	0,001	0,001
RQ	0,012	0,017	0,022	0,027

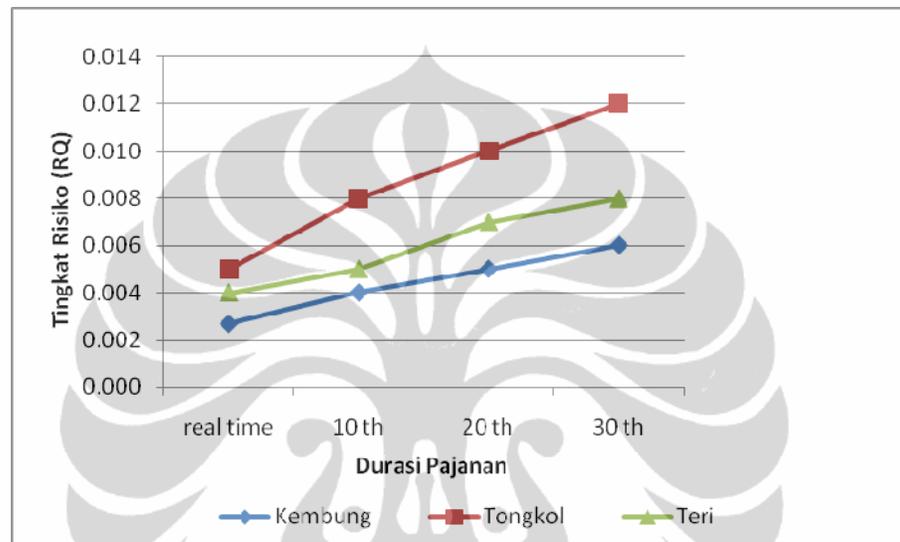
Untuk melihat tingkat risiko menurut jenis ikan dapat dilihat pada Gambar 5.1. Tingkat risiko (RQ) berdasarkan durasi pajanan *real time* tingkat risiko paling tinggi terdapat pada responden yang mengkonsumsi ikan tongkol dengan RQ 0,005, responden yang mengkonsumsi ikan teri mempunyai tingkat risiko 0,004 dan tingkat risiko yang terkecil terdapat pada responden yang mengkonsumsi ikan kembung dengan RQ sebesar 0,003.

Untuk durasi pajanan prediksi 10 tahun mendatang tingkat risiko yang paling tinggi dimiliki oleh responden yang mengkonsumsi ikan tongkol dengan RQ 0,008, disusul ikan teri dengan tingkat risiko 0,005 yang terakhir ikan kembung dengan RQ 0,004.

Begitu juga untuk durasi pajanan 20 tahun yang akan datang, responden yang mengkonsumsi ikan tongkol yang memiliki tingkat risiko paling tinggi 0,010, ikan teri RQ 0,007 dan yang paling rendah ikan kembung dengan RQ 0,006.

Untuk durasi 30 tahun mendatang, Populasi Masyarakat Muara Angke yang mengkonsumsi ikan tongkol memiliki tingkat risiko paling tinggi sebesar 0,012, teri RQ 0,008 dan yang paling rendah risikonya yaitu ikan kembung dengan tingkat risiko sebesar 0,006.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa populasi masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke mempunyai risiko lebih tinggi ketika mengonsumsi ikan tongkol, lalu ikan teri dan ikan kembung mempunyai tingkat risiko kesehatan yang paling rendah bagi masyarakat Muara Angke yang mengkonsumsinya.



Gambar 5.1 Tingkat Risiko (RQ) Populasi Masyarakat Muara Angke Untuk Durasi Paparan *Real Time*, Prediksi 10, 20 dan 30 Tahun Mendatang

5.5.2 Tingkat Risiko (RQ) Untuk Individual

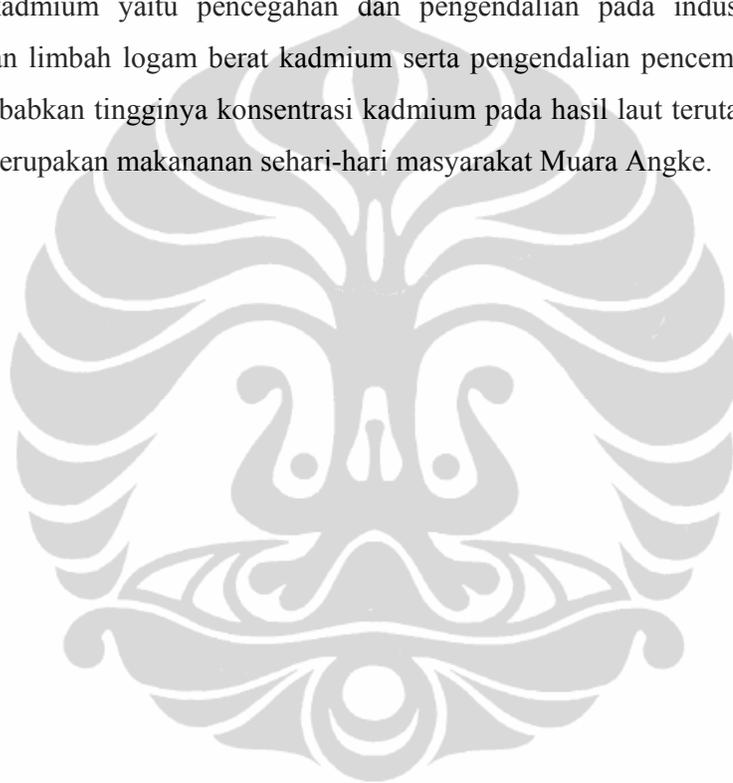
Dari hasil perhitungan didapatkan tingkat risiko secara individu pada masyarakat Muara Angke masih aman dan tidak berisiko mendapatkan gangguan kesehatan ketika mengonsumsi ikan kembung, ikan tongkol dan ikan teri, berdasarkan durasi paparan realtime, 10, 20 dan 30 tahun yang akan datang, dengan asumsi bahwa paparan kadmium hanya berasal dari ikan saja (lampiran 4, 5 dan 6).

5.6 Manajemen Risiko

Dalam Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) prinsip pengelolaan risiko dilakukan apabila tingkat risiko (RQ) > 1. Dari hasil

perhitungan didapatkan tingkat risiko untuk individu dan populasi masyarakat Muara Angke < 1 . Ini berarti masyarakat Muara Angke masih aman dan tidak berisiko dalam mengonsumsi ikan yang berasal dari Teluk Jakarta sehingga belum perlu untuk dilakukannya manajemen risiko.

Walaupun begitu agar masyarakat Muara Angke tetap aman dalam mengonsumsi ikan yang berasal dari perairan Teluk Jakarta yang telah tercemar, maka perlu dilakukan pencegahan. Pencegahan tersebut dilakukan pada sumber pencemar kadmium yaitu pencegahan dan pengendalian pada industri yang menghasilkan limbah logam berat kadmium serta pengendalian pencemaran laut yang menyebabkan tingginya konsentrasi kadmium pada hasil laut terutama pada ikan yang merupakan makanan sehari-hari masyarakat Muara Angke.



BAB 6 PEMBAHASAN

6.1. Keterbatasan Penelitian

Adapun keterbatasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Analisis risiko kesehatan akibat mengkonsumsi ikan yang mengandung logam kadmium dibatasi hanya berdasarkan asupan (*intake*) melalui pajanan ikan yang dikonsumsi oleh masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke Kelurahan Pluit Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara. Jadi tidak memperhitungkan asupan (*intake*) logam kadmium yang berasal dari air minum, makanan yang lain (nasi dll) maupun dari asap rokok.
- Dalam perhitungan asupan (*intake*) terhadap masing-masing responden dilakukan berdasarkan konsumsi ikan yang paling sering dimakan meskipun kadang-kadang mengkonsumsi jenis ikan yang lain.
- Sampel ikan yang diuji hanya mewakili dari jenis ikan yang sering dimakan saja. Tidak seluruh ikan yang dimakan oleh masing-masing responden diuji di laboratorium karena selain sulit untuk dilakukan juga membutuhkan biaya yang besar.
- Dalam penelitian ini tidak dilakukan pengukuran langsung pada biomarkers seperti pada darah dan urin manusia karena di sekitar lokasi penelitian khususnya Kampung Nelayan Muara Angke Kecamatan Pluit Jakarta Utara belum ada referensi tentang kejadian penyakit kronis yang disebabkan oleh keracunan logam kadmium. Sebagaimana diketahui penyakit kronis yang disebabkan oleh logam kadmium terjadi dalam kurun waktu yang relatif lama yaitu sekitar 20 sampai 30 tahun.

6.2. Karakteristik Responden

Karakteristik responden di Kampung Nelayan Muara Angke berdasarkan pendidikan responden yang paling banyak adalah berpendidikan SD sebanyak 41 orang (42,3%). Hal ini dikarenakan rendahnya pendapatan mereka sebagai nelayan sehingga uang didapat hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan pokok sehari-hari sehingga pendidikan masih merupakan sesuatu yang mahal bagi

mereka. Ketidakberdayaan nelayan-nelayan untuk meningkatkan kehidupan sosial dan ekonominya disebabkan oleh berbagai faktor antara lain a) kurangnya pengalaman dan ketrampilan, b) ketiadaan modal untuk membeli alat tangkap ikan yang jauh lebih modern, c) sistem penangkapan ikan tradisional yang hanya mengandalkan perahu-perahu kecil atau sampan. Keterbatasan alat tangkap ini menyebabkan mereka tidak mampu masuk ke wilayah laut yang lebih jauh dan dalam, d) mereka tidak mampu bersaing dengan nelayan-nelayan yang memiliki modal besar dan mengoperasikan alat tangkap ikan modern dengan sistem kerja yang modern pula, e) belum maksimalnya intervensi pemberdayaan dari luar, dalam hal ini pemerintah atau lembaga-lembaga swasta yang memiliki kepedulian terhadap kehidupan kaum nelayan (Hilakore, 2004).

6.3. *Intake*

Dari hasil penelitian *intake* konsentrasi kadmium dalam ikan yang masuk ke dalam tubuh masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke sebesar 0,000012 mg/kg/hari, untuk *intake* kadmium dalam ikan kembung sebesar 0,000003 mg/kg/hari, untuk *intake* kadmium dalam ikan tongkol sebesar 0,000005 mg/kg/hari dan pada ikan teri sebesar 0,000004 mg/kg/hari. Hasil *intake* tergantung pada variabel konsentrasi kadmium pada ikan (C), laju asupan (R), frekuensi pajanan (f_E), berat badan responden (W_b) dan durasi pajanan.

6.3.1 **Konsentrasi Kadmium Dalam Ikan**

Sebagian besar mata pencaharian masyarakat Muara Angke adalah sebagai nelayan dan buruh. Muara Angke merupakan daerah pelabuhan dan terdapat tempat pelelangan ikan, sehingga ikan merupakan lauk utama yang selalu ditemui setiap hari. Berdasarkan hasil wawancara dengan seluruh responden didapatkan informasi bahwa hampir setiap hari mereka mengkonsumsi ikan laut, terutama ikan kembung, ikan tongkol dan ikan teri.

Dari hasil pengukuran konsentrasi kadmium menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi kadmium pada ikan yang ada di Teluk Jakarta sebesar 0,0065 mg/kg, dengan konsentrasi terendah terdapat pada ikan kembung sebesar 0,0008 mg/kg, dan konsentrasi kadmium tertinggi ditemukan pada ikan teri sebesar 0,0301

mg/kg. Menurut Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan RI No. HK.00.06.1.52.4011 Tahun 2009 Tentang Penetapan Batas Maksimum Cemaran Mikroba dan Kimia Dalam Makanan, batas maksimum untuk cemaran logam berat kadmium pada ikan olahan sebesar 0,1 mg/kg, maka konsentrasi kadmium pada ikan yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Muara Angke masih berada di bawah batas aman. Sedangkan menurut WHO, konsentrasi kadmium yang diperbolehkan dalam beras, berada di kisaran 0,05-0,20 mg/ kg. Menurut badan dunia FAO/WHO konsumsi per minggu yang ditoleransikan bagi manusia adalah 400-500 µg per orang atau 7 µg per kg berat badan (Bellinger, 2004).

Adanya kandungan kadmium pada ikan disebabkan karena sudah tercemarnya perairan Teluk Jakarta tempat habitat ikan yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat Muara Angke. Banyak penelitian yang telah dilakukan dengan hasil yang menunjukkan bahwa perairan Teluk Jakarta telah tercemar seperti pada penelitian kusumastanto dalam Widowati, Sastiono & Rumampuk (2008) bahwa air laut di daerah Teluk Jakarta telah tercemar kadmium sebesar 0,068 mg/l, hal ini melebihi baku mutu air laut menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, dimana konsentrasi kadmium harus dibawah 0,01 mg/l. Dari hasil pemantauan Bapedalda (2000) terjadi peningkatan konsentrasi kadmium pada air laut di Teluk Jakarta dimana pada tahun 1979 konsentrasi kadmium pada air laut sebesar 0,005 mg/l lalu meningkat menjadi 0,029 mg/l pada tahun 1995 kemudian pada tahun 1996 konsentrasi kadmium meningkat lagi menjadi 0,0362 mg/l .

Menurut penelitian Rozanah dalam Anwar, Musadad & Sukar (2008), pencemaran air laut yang terjadi di Teluk Jakarta diakibatkan oleh pembuangan limbah industri kertas, minyak goreng, limbah industri rumah tangga, industri pengolahan logam di kawasan Pantai Marunda dan industri dari 13 sungai yang ada di DKI Jakarta serta pembuangan minyak secara rutin dari kapal dan perahu kecil di kawasan Teluk Jakarta (Anwar, Musadad & Sukar, 2008). Bagi Teluk Jakarta sumber pencemar potensial dari daratan adalah limbah cair perkotaan, limbah industri dan limbah transportasi. Kegiatan tersebut menghasilkan limbah atau pencemar mengandung bahan organik cair dan padat, logam berat, deterjan, fenol dan minyak. Sedang sumber pencemar dari perairan laut berasal dari

kegiatan pertambangan lepas pantai, perikanan yang menggunakan bahan peledak, transportasi laut dan buangan limbah ke laut oleh kegiatan pariwisata bahari (KP2L, 1994). Dalam posisinya sebagai tempat pembuangan akhir dari proses daur air, maka perairan laut akan menerima beban limbah yang terbesar yang mengalir melalui media air, dan telah memberikan indikasi nyata penurunan kualitas air, terutama di sekitar muara dan pantai Teluk Jakarta (Hartati, 2001).

Walaupun tingkat risiko (RQ) masih di bawah 1 tapi dapat dilihat bahwa dari tiga jenis ikan ternyata ikan tongkol mempunyai tingkat risiko lebih tinggi daripada ikan teri dan kembung walaupun nilai RQ masih di bawah 1. Hal ini dikarenakan laju asupan ikan tongkol lebih besar dari pada ikan teri dan kembung yaitu sebesar 246,4 gr/hari sedangkan ikan kembung mempunyai laju asupan 222,7 gr/hari dan laju asupan ikan teri hanya 123,2 mg/hari.

Muara Angke merupakan daerah tepi pantai dan juga tempat pertemuan sungai dan laut. Sehingga Muara Angke merupakan tempat bermuaranya limbah-limbah baik yang berasal dari kali di Jakarta maupun dari Laut Jawa (KP2L DKI Jakarta, 1994). Limbah-limbah tersebut mengandung logam berbahaya seperti kadmium sehingga dapat mencemari kehidupan biota laut seperti ikan. Walaupun konsentrasi kadmium pada ikan sudah melampaui batas aman yang diperbolehkan pada makanan, tetapi hal ini tidak serta merta meningkatkan risiko gangguan kesehatan bagi masyarakat yang mengkonsumsi ikan dari perairan Teluk Jakarta, hal ini disebabkan karena untuk menghitung tingkat risiko kesehatan tidak hanya tergantung dari tingginya konsentrasi kadmium pada ikan tetapi juga tergantung pada laju asupan, durasi pajanan dan berat badan. Jadi walaupun konsentrasi kadmium pada ikan tinggi kalau laju asupannya rendah atau durasi pajanannya pendek maka tingkat risikonya juga akan rendah.

6.3.2 Durasi Pajanan

Pada penelitian ini rata-rata masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke telah terpajan kadmium melalui ikan selama 23 tahun. Responden yang paling lama bermukim adalah 50 tahun sedangkan yang paling singkat 1 tahun. Nilai rata-rata bermukim masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke masih dibawah nilai default yang ditetapkan *US-EPA* (1991) untuk risiko nonkanker yaitu 30

tahun. Pada saat ini rata-rata durasi pajanan baru 23 tahun hal ini menunjukkan tingkat risiko kesehatan bagi populasi dan individu masyarakat Muara Angke masih aman dari gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh kandungan kadmium dalam ikan yang dikonsumsi oleh mereka setiap hari. Pemajanan kadmium dengan konsentrasi yang rendah dalam jangka waktu yang lama akan menimbulkan kasus keracunan kronis akibat kadmium. Ginjal adalah organ kritis yang lebih sering diserang oleh kadmium tetapi pada kondisi tertentu (waktu pajanan yang pendek) menyebabkan radang paru-paru (WHO, 1992). Kadmium yang terakumulasi di dalam ginjal sepanjang waktu, dan mencapai konsentrasi yang toksik sesudah bertahun-tahun terpapar dapat menyebabkan penyakit ginjal (Kusnoputranto, 1995). Pada keracunan kronis yang disebabkan oleh kadmium umumnya berupa kerusakan-kerusakan pada banyak sistem fisiologis tubuh. Sistem-sistem tubuh yang dapat dirusak oleh keracunan kronis logam kadmium adalah pada sistem urinaria (ginjal), sistem respirasi (pernafasan/paru-paru), sistem sirkulasi (darah) dan jantung. Di samping semua itu, keracunan kronis tersebut juga merusak kelenjar reproduksi, sistem penciuman dan bahkan dapat mengakibatkan kerapuhan pada tulang (Palar, 2004).

6.3.3 Laju Asupan

Dari hasil wawancara diketahui bahwa masyarakat Muara Angke dalam sehari-harinya selalu mengkonsumsi ikan hal ini dikarenakan selain tinggal di tepi laut, kebanyakan dari mereka merupakan nelayan dan disana juga terdapat tempat pelelangan ikan sehingga ikan banyak dan mudah ditemukan setiap harinya. Rata-rata laju asupan pada masyarakat Muara Angke dalam mengkonsumsi ikan sebesar 197,4 gr/hari.

Berdasarkan laporan dari Kementrian Kelautan dan Perikanan konsumsi ikan masyarakat Indonesia masih rendah. Pada tahun 2009 konsumsi ikan sebesar 30,17 kg/kapita berarti 83 gr/hari (Pelita, 2010). FDA AS menganjurkan agar perempuan hamil menyantap ikan tidak lebih dari 12 ons per minggu dikarenakan menurut FDA, ikan sudah tercemar dengan logam berat sehingga dapat membahayakan bayi yang ada di kandungan. Sedangkan berdasarkan Koalisi Ahli Gizi dan Obat-obatan menetapkan 12 ons per minggu sebagai batas minimal

karena menurut mereka ikan itu banyak mengandung protein yang sangat dibutuhkan oleh tubuh (Kris-Etherton, 2003). Berarti dalam satu hari minimal harus menyantap 171 gr/hari.

6.3.4 Berat Badan

Rata-rata berat badan responden sebesar 59,28 kg bervariasi antara 40 kg – 85 kg, dalam analisis risiko, berat badan akan mempengaruhi besarnya nilai risiko dan secara teoritis, semakin berat badan seseorang maka semakin kecil kemungkinan untuk risiko mengalami gangguan kesehatan akibat kandungan kadmium pada ikan.

Selain itu ukuran berat badan akan mempengaruhi nutrisi dalam tubuh manusia, orang dengan berat badan yang ideal akan mempunyai nutrisi yang cukup sehingga kehadiran logam kadmium ke dalam tubuh untuk menggantikan nutrisi akan terhalangi. Kebanyakan toksisitas kadmium terjadi karena adanya defisiensi unsur tersebut di atas yang menyebabkan meningkatnya absorpsi kadmium (Darmono dalam Purnomo, 2006).

6.4. Tingkat Risiko

Dari hasil penelitian didapatkan hasil tingkat risiko (RQ) pada populasi masyarakat Muara Angke pada saat ini adalah di bawah satu, berarti populasi masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke masih aman dan belum berisiko dalam mengonsumsi ikan kembung, ikan tongkol, ikan teri dan gabungan ketiga jenis ikan tersebut. Untuk estimasi 10, 20 dan 30 tahun juga didapatkan hasil $RQ < 1$, berarti sampai 30 tahun mendatang populasi masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke masih aman dalam mengonsumsi ikan kembung, tongkol, teri dan gabungan ketiga jenis ikan tersebut yang berasal dari perairan Teluk Jakarta

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Anwar, Musadad & Sukar (2008) pada masyarakat di Kepulauan Seribu. Pada penelitian tersebut mereka mengambil sampel dari 97 jenis ikan yang berasal dari perairan Teluk Jakarta. Hasil dari penelitian diperoleh tingkat risiko masyarakat di Kepulauan Seribu dalam mengonsumsi hasil laut yang berasal dari perairan Teluk Jakarta

masih dibawah satu. Hal ini berarti baik masyarakat Kepulauan Seribu maupun masyarakat Muara Angke masih aman dan belum mengalami risiko kesehatan akibat mengkonsumsi hasil laut yang mengandung kadmium.

Bila dibandingkan pola konsumsi dan antropometri antara masyarakat Muara Angke dengan masyarakat Pulau Lancang di Pulau Seribu terlihat bahwa laju asupan (R) kandungan kadmium pada ikan untuk masyarakat Muara Angke lebih tinggi dari masyarakat Pulau Lancang, sebesar 197,4 gr/hari sedangkan laju asupan masyarakat Pulau Lancang sebesar 117,12 gr/hari. Untuk durasi pajanan, masyarakat Pulau Lancang lebih lama terpajan yaitu 30,74 tahun dibandingkan dengan masyarakat Muara Angke selama 24 tahun. Frekuensi pajanan untuk masyarakat Pulau Lancang memakai nilai *default* yaitu sebanyak 365 hari/tahun, sedangkan frekuensi pajanan untuk masyarakat Muara Angke sebanyak 294 hari. Berat badan masyarakat Muara Angke lebih besar yaitu 59 kg sedangkan untuk masyarakat Pulau Lancang hanya 55,24 kg. *Intake* kadmium dalam ikan pada masyarakat Muara Angke sebesar 0,000012 mg/kg/hr lebih rendah daripada *Intake* masyarakat Pulau Lancang sebesar 0,000435 mg/kg/hr. Sedangkan tingkat risiko (RQ) masyarakat Muara Angke pada saat ini sebesar 0,012 dan tingkat risiko masyarakat Pulau Lancang pada tahun 2005 sebesar 0,435. Kelebihan dari penelitian ini adalah untuk frekuensi atau keseringan makan ikan pada masyarakat Muara Angke dihitung, sedangkan pada penelitian di Pulau Lancang tidak dilakukan, hanya memakai nilai *default* saja.

Hal ini dapat disimpulkan lebih tingginya tingkat risiko kadmium pada ikan di masyarakat Pulau Lancang dibandingkan dengan Masyarakat Muara Angke disebabkan karena durasi pajanan yang lebih lama, frekuensi makan ikan yang memakai nilai *default* dan berat badan yang lebih ringan daripada masyarakat Muara Angke.

Secara individual bagi masyarakat Muara Angke juga belum mempunyai risiko dalam mengkonsumsi ikan yang berasal dari perairan Teluk Jakarta (Lampiran 4, 5 dan 6).

6.5. Manajemen Risiko

Dari hasil perhitungan tingkat risiko masyarakat Muara Angke didapatkan hasil $RQ < 1$, hal ini menunjukkan bahwa masyarakat Muara Angke masih aman dan belum berisiko dalam mengkonsumsi ikan terutama ikan kembung, tongkol dan teri untuk saat ini sampai 30 tahun mendatang dengan asumsi bahwa sumber pajanan kadmium hanya berdasarkan dari ikan saja dan tidak memperhitungkan pajanan kadmium dari sumber yang lain. Manajemen risiko dilakukan jika hasil dari tingkat risiko (RQ) > 1 , berarti dalam penelitian ini belum perlu dilakukan manajemen risiko.

Walaupun begitu agar masyarakat Muara Angke tetap aman dalam mengkonsumsi ikan yang berasal dari perairan Teluk Jakarta yang telah tercemar, maka perlu dilakukan pencegahan. Pencegahan tersebut dilakukan pada sumber pencemar kadmium yaitu pencegahan dan pengendalian pencemaran laut yang menyebabkan tingginya konsentrasi kadmium pada hasil laut terutama ikan. Dengan adanya pengendalian pencemaran laut diharapkan masyarakat Muara Angke akan aman dan terhindar dari gangguan kesehatan akibat pajanan kadmium pada ikan.

Banyak cara untuk mengurangi pencemaran kadmium antara lain dengan memanfaatkan alga yaitu *Chaetocerus* sp, *Euchema* sp, *Cladophora glomerata*, *Euchema isiforme*, *Sargassum* sp sebagai bioindikator dan sebagai biosorben dalam pengolahan limbah logam kadmium karena alga memiliki gugus fungsi yang mampu mengikat ion logam kadmium. Sistem pengendapan dapat dimanfaatkan untuk menanggulangi pencemaran kadmium di air. Sistem ini paling efektif dalam menurunkan kadar kadmium sampai dengan 100%. Dengan mengkonsumsi *food supplement* dari jenis mineral seperti Cu, Zn, Fe dan Mg yang berperan mampu menggantikan atau mengeliminasi kadmium dari tubuh. Serta mengkonsumsi Antioksidan, vitamin E, vitamin K dan klorofil yang mampu mengurangi toksisitas kadmium dalam tubuh.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan yang dilakukan di Muara Angke, Kelurahan Pluit, Kecamatan Penjaringan Jakarta Utara, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Konsentrasi kadmium pada ikan yang berasal dari perairan Teluk Jakarta sebesar 0,065 mg/kg, nilai tersebut masih berada dibawah batas maksimum yang diperbolehkan oleh Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan RI No. HK.00.06.1.52.4011 Tahun Tentang Penetapan Batas Maksimum Cemar Mikroba dan Kimia Dalam Makanan, untuk cemaran logam berat kadmium pada ikan olahan yaitu sebesar 0,1 mg/kg.
2. *Intake* konsentrasi kadmium dalam ikan yang masuk ke dalam tubuh masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke sebesar 0,000012 mg/kg/hari, dengan durasi pajanan masyarakat Muara Angke selama 24 tahun, berat badan masyarakat Muara Angke sebesar 59 kg. Laju asupan ikan sebesar 197,4 gr/hari dan frekuensi pajanan sebesar 294,3 hari/tahun.
3. Masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke baik secara individu dan populasi masih aman dari risiko gangguan kesehatan bila mengkonsumsi ikan kembung, ikan teri dan ikan tongkol yang berasal dari Perairan Teluk Jakarta untuk durasi pajanan saat ini (*real time*), 10, 20 dan 30 tahun mendatang dengan asumsi sumber pajanan kadmium hanya berasal dari ikan saja dan tidak memperhitungkan pajanan kadmium dari sumber yang lain.
4. Untuk saat ini pada populasi dan individu masyarakat Kampung Nelayan Muara Angke belum perlu dilakukan manajemen risiko karena mereka masih aman bila mengkonsumsi ikan yang berasal dari perairan Teluk Jakarta.

5. Pengendalian dan pemantauan pencemaran laut merupakan pencegahan yang baik agar masyarakat di Muara Angke aman dalam mengkonsumsi hasil tangkapan yang berasal dari Teluk Jakarta yang telah tercemar logam kadmium.

7.2. Saran

Dari hasil penelitian Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan yang telah dilakukan ada beberapa kendala yang harus diselesaikan bersama. Beberapa saran yang terkait dengan pencegahan masalah kesehatan akibat pencemaran kadmium:

1. Bagi industri yang menggunakan logam kadmium dan senyawanya seperti industri plastik, *electroplating*, industri pencelupan dan fotografi dalam mengolah limbah logam kadmium sebaiknya memanfaatkan alga yaitu *Chaetocerus* sp, *Euchema* sp, *Cladophora glomerata*, *Euchema isiforme*, *Sargassum* sp sebagai bio-indikator dan sebagai bio-sorben karena alga memiliki gugus fungsi yang mampu mengikat ion logam kadmium. Penanggulangan pencemaran kadmium dalam air dapat juga dilakukan dengan cara pengendapan yaitu melalui proses fisika dan kimia, dilakukan dengan menaikkan pH, yakni dengan menambahkan NOH hingga pH 8,5, sehingga logam berat berubah menjadi oksida-logam yang mudah mengendap. Sistem ini paling efektif dalam menurunkan kadar kadmium sampai dengan 100%.
2. Bagi Masyarakat Muara Angke yang telah terpapar logam kadmium dapat mengkonsumsi *food supplement*:
 - a) Alfalfa yang mengandung klorofil dan vitamin K sebanyak 2000-3000 mg/hari. Suplemen ini dapat membantu mengurangi kadmium dalam tubuh.
 - b) Kalsium (Ca) sebanyak 2000 mg/hari dan Magnesium (Mg) 1000 gr/hari. Mineral tersebut dapat membantu mengusir kadmium dalam tubuh.
 - c) Vitamin E sebanyak 600-1000 IU/hari yang berfungsi sebagai antioksidan.

- d) Seng (Zn) sebanyak 50-60 mg/hari berfungsi menggantikan posisi kadmium.
 - e) Kuprum (Cu) sebanyak 3 mg/hari berfungsi membantu Seng (Zn) mengurangi deposit kadmium.
 - f) Besi (Fe) diberikan bersamaan dengan 100 mg vitamin C agar penyerapan lebih baik. Mineral ini tidak boleh dikonsumsi jika tidak didiagnosa menderita anemia.
3. Bagi Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL) DKI Jakarta hendaknya lebih intensif dalam melakukan pemantauan secara berkala kualitas air laut terhadap parameter logam-logam berat. Serta lebih meningkatkan pengawasan ketat dan pemantauan terhadap limbah dari pabrik-pabrik yang dapat mencemari air laut di Teluk Jakarta.
4. Bagi Lembaga Penelitian hendaknya melakukan penelitian lanjutan dengan melakukan analisis biomarker pada sampel urine dan darah responden yang telah terpajan lebih dari 25 tahun sehingga dapat diketahui penyakit yang timbul akibat logam kadmium dan hendaknya juga dilakukan penelitian mengenai pencemaran kadmium yang berasal dari sumber lain seperti beras, asap rokok, air minum dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, A., Musadad, A., & Sukar (2008). Risiko Kesehatan Masyarakat Akibat Konsumsi Air Bersih dan Hasil Laut Yang Mengandung Kadmium (Cd) di Kepulauan Seribu. *Jurnal Ekologi Kesehatan* Vol. 7 N0.1, April 2008 : 678-688.
- ATSDR (2009), *Kadmium*, Atlanta, GA. US. Department of Public Health. <http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=15>.
- Bapedalda DKI Jakarta (2000), *Pembakuan Kebijakan Pengelolaan Sumber Daya Alam Kelautan DKI Jakarta*. Jakarta.
- Bellinger, D., et al. (2004), *Contaminants-Cadmium*, Harvard Medical School, Boston, MA, USA. whqlibdoc.who.int/publications/2004/924166052X_contaminants.pdf
- BPOM RI (2001a). *Aspek Fundamental Kajian dan Pengelolaan Risiko Bahan Kimia*. Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan Berbahaya, Jakarta.
- Connel, D.W., & Miller, G.J. (1995). *Kimia Dan Ekotoksikologi Pencemaran*, (Yanti Koestoer, Penerjemah). Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Fitri (2005), *Literatur ikan*. <http://fitri.psp.blog.friendster.com/literatur-ikan>
- Friis, L., Petersson, L. & Edling, C. (1998, February). Reduced Cadmium Levels in Human Kidney Cortex in Sweden. *Environmental Health Perspectives*, vol. 106. February, 2008. <http://ehp.niehs.nih.gov/members/1998/106p175-178friis/friis-full.html>
- Hartati, S.T., dkk (2001). Kualitas Perairan Dan Pengaruhnya Terhadap Usaha Budidaya Kerang Hijau Di Cilincing. *Himpunan Karangan Ilmiah Di Bidang Perkotaan Dan Lingkungan*, Vol. III/No.2/Tahun 2001.
- Hilakore, M., dkk, (2004), *Pemberdayaan Masyarakat Nelayan Muara Angke di Kelurahan Pluit Penjaringan Jakarta Utara*, April 2004, IPB. http://rudyc.com/PPS702-ipb/08234/82034_9.pdf
- Hutagalung, H.P., & Rochyatun, E. (1997). *Kandungan Logam Berat (Pb, Cd, Cu, Zn, Ni) Dalam Sedimen Di Muara Dadap, Teluk Jakarta*. Balitbang Lingkungan Laut, Puslitbang Oseologi – LIPI, Jakarta.

- Kelurahan Pluit (2009). *Laporan Tahunan Hasil Pembinaan dan Kegiatan Pemerintah Kelurahan*. Kelurahan Pluit, Jakarta Utara.
- Kolluru, R.V. (1996), *Health Risk Assessment*, New York, McGraw-Hill.
- KP2L DKI Jakarta, (1994) *Studi Potensi Kawasan Perairan Teluk Jakarta*. Jakarta.
- Kris-Etherton, P.M., et al, (2003) *Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease*,
<http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/106/21/2747>
- Kusnopranto, H., (1995). *Toksikologi Lingkungan*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Louvar, JF & Louvar, B. (1998). *Health and Environmental Risk Analysis*, New Jersey, Prentice Hall.
- Lu, F.C & Nugroho, E. (1995). *Toksikologi Dasar : Asas, Organ Sasaran dan Penilaian Risiko*, Edisi Kedua, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Lwanga & Lemeshow (1991). *Sample Size Determination In Health Studies*, WHO, Geneva.
- Nawrot, T.S., et al (2008), Cadmium Related Mortality And Long-Term Secular Body Burden of An Environmentally Exposed Population. *Environmental Health Perspectives*, vol. 116 no. 12. December 2008.
<http://ehschplp03.niehs.nih.gov/article/fetchArticle.action?articleURI=info%3Adoi%2F10.1289%2Fehp.11667>
- Palar, H. (2004). *Pencemaran & Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Pelita (2010), *Dinas Kelautan Banten: Gemarikan*.
<http://www.dkp.go.id/index.php/ind/news/2356/dinas-kelautan-banten-gemarikan>
- Purnomo, A. (2006), *Analisis Risiko Dampak Cadmium (Cd) Dalam Ikan Terhadap Kesehatan Masyarakat Studi Kasus Konsumsi Ikan Pada Masyarakat Pulau Pasaran Kelurahan Kota Karang Bandar Lampung*, Tesis, UI.
- Rahman, A., dkk (2004). *Analisis Kualitas Lingkungan*, Modul KML 22420, Edisi 5, Laboratorium Kesehatan Lingkungan FKM-UI, Depok.
- Rahman, A. (2009). *Prinsip-Prinsip Dasar Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan*. Modul Kuliah Kesehatan Lingkungan, FKM-UI, Depok.

- US.EPA (1985), *Cadmium; CASRN 7440-43-9*. National Center For Environmental Assessment, Washington DC.
<http://www.epa.gov/iris/subst/0141.htm>
- Widowati,W.,Sastiono,A.,&Rumampuk,R.J. (2008). *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Andi Yogyakarta.
- WHO (1992). *Environmental Health Criteria 135 : Cadmium*, Geneva.
- WHO (2000). *Environmental Health Criteria 214 : Human Exposure Assessment*, IOMC, Geneva.
- Wikipedia Indonesia (2010), *Kadmium*, Indonesia.
<http://id.wikipedia.org/wiki/Kadmium>
- Wittman,R. & Hu,H. (2002), Cadmium Exposure and Nephropathy in a 28-Year-Old Female Metals Workers. *Environmental Health Perspectives*, vol. 110 No. 12, December 2002. <http://ehp.niehs.nih.gov/docs/2002/110p1261-1266wittman/abstract.html>