

BAB 6

PENCEMARAN LOGAM BERAT

Kompetensi Dasar:

1. Menjelaskan pencemaran logam berat
2. Menjelaskan kandungan logam berat di perairan
3. Menjelaskan kandungan logam berat dalam tanah dan di udara
4. Menjelaskan metode penanggulangan pencemaran logam berat

A. PENCEMARAN LOGAM

Penggunaan logam sebagai bahan baku berbagai jenis industri untuk memenuhi kebutuhan manusia akan memengaruhi kesehatan manusia melalui 2 jalur, yaitu:

1. Kegiatan industri akan menambah polutan logam dalam lingkungan udara, air, tanah, dan makanan.
2. Perubahan biokimia logam sebagai bahan baku berbagai jenis industri bisa memengaruhi kesehatan manusia.

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia tidak terpisahkan dari benda-benda yang berasal dari logam. Logam digunakan untuk membuat alat perlengkapan rumah tangga, seperti sendok, garpu, pisau, dan berbagai jenis peralatan rumah tangga lainnya. Fungsi beberapa jenis logam antara lain: kromium (Cr) untuk memberi warna cemerlang pada perkakas dari logam, kobalt (Co) digunakan sebagai bahan magnet yang kuat pada *loudspeaker* atau mikrofon, tembaga (Cu) sebagai kawat listrik, nikel (Ni) sebagai bahan baja tahan karat/*stainless steel*, timbal (Pb) sebagai bahan baterai pada mobil, seng (Zn) sebagai bahan pelapis kaleng, dan merkuri (Hg) sebagai bahan pelarut emas.

Pesatnya pembangunan dan penggunaan berbagai bahan baku logam bisa berdampak negatif, yaitu munculnya kasus pencemaran yang melebihi batas sehingga mengakibatkan kerugian dan meresahkan masyarakat yang tinggal di sekitar daerah perindustrian maupun masyarakat pengguna produk industri tersebut. Hal itu terjadi karena sangat besarnya risiko terpapar logam berat maupun logam transisi yang bersifat toksik dalam dosis atau konsentrasi tertentu.

Di Indonesia, pencemaran logam berat cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya proses industrialisasi. Pencemaran logam berat dalam lingkungan bisa menimbulkan bahaya bagi kesehatan, baik pada manusia, hewan, tanaman, maupun lingkungan. Terdapat 80 jenis logam berat dari 109 unsur kimia di muka bumi ini. Logam berat dibagi ke dalam dua jenis, yaitu:

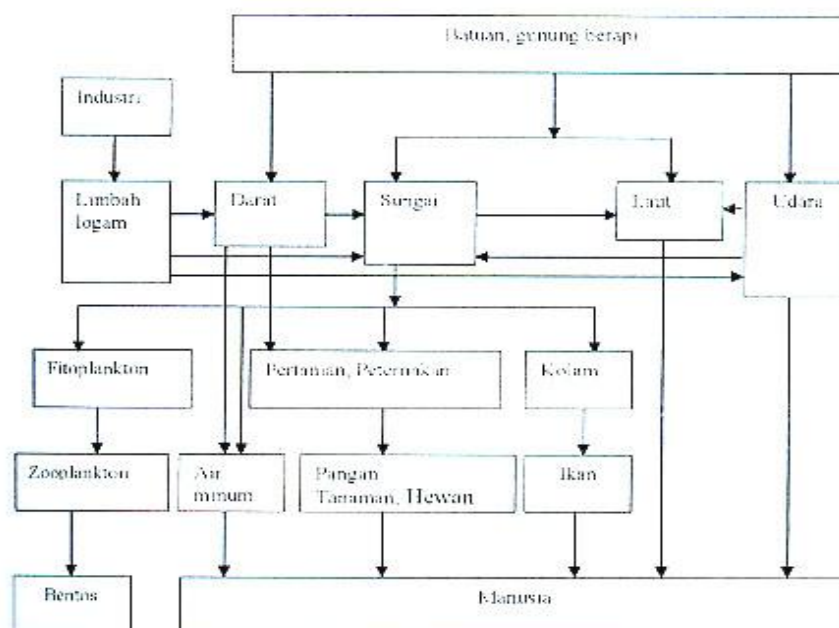
1. Logam berat esensial: yakni logam dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme. Dalam jumlah yang berlebihan, logam tersebut bisa menimbulkan efek toksik. Contohnya adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain sebagainya.
2. Logam berat tidak esensial: yakni logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat toksik seperti Hg, Cd, Pb, Cr, dan lain-lain.

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. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia maupun hewan.

Tingkat toksisitas logam berat terhadap hewan air, mulai dari yang paling toksik, adalah Hg, Cd, Zn, Pb, Cr, Ni, dan Co. Sementara itu, tingkat toksisitas terhadap manusia dari yang paling toksik adalah Hg, Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn.

Polutan logam mencemari lingkungan, baik di lingkungan udara, air, dan tanah yang berasal dari proses alami dan kegiatan industri. Proses alami antara lain siklus alamiah sehingga bebatuan gunung berapi bisa memberikan kontribusi ke lingkungan udara, air, dan tanah. Kegiatan manusia yang bisa menambah polutan bagi lingkungan berupa kegiatan industri, pertambangan, pembakaran bahan bakar, serta kegiatan domestik lain yang mampu meningkatkan kandungan logam di lingkungan udara, air, dan tanah. Pencemaran logam di darat, yakni di tanah, selanjutnya akan mencemari bahan pangan, baik yang berasal dari tanaman atau hewan dan akhirnya dikonsumsi oleh manusia. Pencemaran logam, baik dari industri, kegiatan domestik, maupun sumber alami dari batuan akhirnya sampai ke sungai/laut dan selanjutnya mencemari manusia melalui ikan, air minum, atau air sumber irigasi lahan pertanian sehingga tanaman sebagai sumber pangan manusia tercemar logam. Pencemaran logam

melalui udara terjadi melalui beberapa jalur. Salah satunya adalah melalui kontak langsung dengan manusia atau proses inhalasi.



Gambar 6.1 Perjalanan Logam Sampai ke Tubuh Manusia (Klaassen *et al.*, 1986; Marganof, 2003)

B. KANDUNGAN LOGAM BERAT DI PERAIRAN

Berdasarkan hasil penelitian Tim Pusat Kajian Sumber Daya Pesisir dan Lautan (PKSPL) IPB, diketahui bahwa kandungan logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd), kuprum (Cu), dan merkuri (Hg) di perairan Teluk Jakarta, yaitu di perairan Ancol dan perairan Dadap, telah melampaui nilai ambang batas. Data bisa dilihat dalam Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Kandungan Logam Berat di Perairan Ancol dan Dadap (Kusumastanto, 2004)

No	Parameter	Kandungan di perairan Ancol (mg/L)	Kandungan di perairan Dadap (mg/L)	Standar baku mutu (mg/L)
1.	Timbal (Pb)	0,120	0,093	0,008
2.	Kadmium (Cd)	0.068	0.054	0,001
3.	Kuprum (Cu)	0,068	0,059	0,008
4.	Merkuri (Hg)	0,005	0,006	0,001

Pencemaran yang terjadi di Teluk Jakarta diakibatkan oleh pembuangan limbah industri kertas, minyak goreng, limbah 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 (Rozanah, 2004).

Di Pesisir Timur Surabaya (Pamurbaya), ditemukan kandungan logam berat di badan air dan di muara-muara sungai dalam konsentrasi tinggi. Hal itu dikarenakan Pamurbaya adalah tempat bermuara lebih dari 18 anak sungai. Lumpur Pamurbaya tercemar oleh logam berat Cu, Hg, Cd, Fe, dan Pb sehingga hewan yang hidup dalam *bentos*, seperti kupang dan kerang, rawan untuk dikonsumsi karena kandungan logam berat dalam dagingnya sangat tinggi. Hasil penelitian Pikir (Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNAIR, tahun 1991) menunjukkan bahwa kandungan logam berat dalam sedimen yang terbawa aliran sungai yang bermuara di perairan estuari Pamurbaya berada di atas rata-rata kandungan logam di daerah yang tidak tercemar dengan urutan konsentrasi tertinggi adalah besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn), timbal (Pb), nikel (Ni), tembaga (Cu), dan kadmium (Cd) (Setyorini, 2000, Arisandi, 2004). Hasil penelitian Puslitbang Oseanologi-LIPI pada tahun 2000 menunjukkan bahwa Pamurbaya termasuk dalam 6 ekosistem pantai (muara Sungai Siak, muara Sungai Tondano, Tanjung Priok, Estuari Memberano-Papua, dan muara banjir kanal Semarang) yang tercemar logam berat Ni, Cu, Pb, Zn, dan Cr (Arisandi, 2004).

Air sungai Cisadane merupakan sumber air baku bagi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Kerta Raharja Pemerintah Kabupaten Tangerang dan PDAM Tirta Dharma milik Pemerintah Kota Tangerang. Berdasarkan uji laboratorium bulan Maret 2004, diketahui bahwa kandungan zat padat tersuspensi (TSS) sebesar 900 mg/L, Cu sebesar 28,38 mg/L, Zn sebesar 13,67 mg/L, Cd sebesar 0,88 mg/L, Cr sebesar 2,00 mg/L, Ni sebesar 16,45 mg/L, Mn sebesar 0,5 mg/L, Fe sebesar 1,16 mg/L, dan Hg sebesar 0,001 mg/L (Prabowo, 2004).

Hasil penelitian terhadap air dan sedimen dasar di saluran Tarum barat, Sungai Cikapundung, dan Sungai Cisangkuy yang dimanfaatkan sebagai sumber baku air minum menunjukkan adanya kandungan logam berat, tetapi kadarnya masih di bawah nilai yang dipersyaratkan. Parameter pengukuran air meliputi kadar Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, dan Zn, sedangkan parameter sedimen meliputi

kadar Cd, Cr, Cu, Pb, Zn (Tontowi dkk., 2003). Data bisa dilihat dalam Tabel 6.2.

Tabel 6.2. Kadar Logam Berat pada Air dan Sedimen Sungai Cikapundung dan Sungai Cisangkuy (Tontowi dkk, 2003)

No.	Jenis logam	Air (mg/L)	Sedimen (mg/L)	NAB	NAB
				PP 82 / 2001 (mg/L)	Limbah Kep 01/ BAPEDAL/09/9 (mg/L)
1.	Kadmium (Cd)	0	0,153	0,01	1,0
2.	Kromium (Cr)	0	0,237	0,05	5-0
3.	Tembaga (Cu)	0,02	0,053	1	10,0
4.	Besi (Fe)			baku air	
	(Tarum barat)	0-0,47		minum: 0,3	
	(S.Cikapundung)	0,03-0,032			
	(S.Cisangkuy)	0,43-0,57		air minum konvensional: 5	
5.	Mangan (Mn)	0,06		0,1	
6.	Timbal (Pb)	0	0,034- 0,76	baku air	5,0
				minum: 0,3	
				air minum Konvensional: 5	
7.	Seng (Zn)			baku air	50
	(Tarum barat)	0,473	0,580	minum: 0,05	
	(S.Cikapundung)	0,064			
	(S.Cisangkuy)	0,064		air minum Konvensional: 5	

C. KANDUNGAN LOGAM BERAT DALAM TANAH DAN DI UDARA

Penelitian kadar logam berat yang berasal dari bahan agrokimia dan limbah industri pada tanah dan sentra sayuran di Brebes dan Tegal menunjukkan bahwa tanah dan sayuran mengandung Pb dan Cd (Anonimus,2003a). Data bisa dilihat dalam Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Kadar Pb dan Cd pada Tanah diTegaldan Brebes (Anonimus, 2003)

No.	Jenis logam	Tegal(ppm)		Brebes (ppm)	
		Kadar tanah	Kadar tersedia	Kadar tanah	Kadar tersedia
1.	Pb	12,33-19,74	0,02-0,30	12,33-19,74	1,03-4,27
2.	Cd	0,13-0,46	0,01-0,07	0,13-0,46	'0,05-0,28

Tanaman bawang merah dari Tegal dan Brebes mengandung Pb sebesar 0,41 - 5,71 ppm melampaui nilai ambang batas Ditjen POM Depkes, yakni sebesar 0,24 ppm (Anonimus, 2003).

Sampel tanah dari lahan sawah di sekitar industri penyepuhan logam di kecamatan Juwana, Pati, menunjukkan kandungan Fe, Al, Ni, Co, dan Cr yang melampaui nilai ambang batas, sedangkan kandungan Pb dan Cd masih di bawah nilai ambang batas. Sementara itu, kadar logam dalam jerami padi di bawah nilai ambang batas, tetapi kadar Mn dalam jerami telah melampaui nilai ambang batas. Kandungan Fe, Zn, Mn, Cr, Pb, dan Cd dalam beras relatif tinggi meskipun belum melampaui nilai ambang batas (Anonimus, 2003).

Analisis terhadap sampel partikulat udara kota Bandung dan daerah Lembang menunjukkan bahwa kadar Cr, Pb, dan Zn mengalami pengayaan pada sebagian besar sampel dari kota Bandung maupun Lembang (Hidayat dan Mahayatun, 2003). Hasil analisis menunjukkan bahwa sumber cemaran antara lain berasal dari industri dan kendaraan bermotor (Mahayatun dkk., 2006).

D. METODE PENANGGULANGAN PEMCEMARAN LOGAM BERAT

Tingginya tingkat pencemaran logam pada lingkungan air, darat, dan udara di beberapa wilayah Indonesia perlu ditanggulangi demi mengurangi risiko toksisitas terhadap manusia. Salah satu metode untuk mengurangi limbah pencemaran adalah dengan metode fitoremediasi, yaitu menggunakan tanaman yang memiliki kemampuan tinggi untuk mengangkut berbagai polutan (*multiple uptake hyperaccumulator plant*) atau menggunakan tanaman yang memiliki kemampuan mengangkut pencemaran bersifat tunggal (*specific uptake hyperaccumulator plant*). Tanaman hiperakumulator adalah tanaman yang mampu menrans-lokasikan unsur ke pucuk tanaman lebih tinggi dibandingkan translokasi ke akar, serta memiliki nilai hiperakumulator lebih besar dari 1, yang diperoleh dari perbandingan nilai konsentrasi unsur di pucuk dibagi konsentrasi unsur di dalam tanah. Tanaman disebut hiperakumulator Mn, Zn bila mampu menyerap Mn, Zn lebih dari 10.000 ppm; Cu, Se bila mampu menyerap Cu, Se lebih dari 1.000 ppm; atau Cd, Cr, Pb, Co bila mampu menyerap Cd, Cr, Pb, Co lebih dari 100 ppm (Aiyen, 2005).

Alga bisa digunakan sebagai bioindikator dan sebagai biosorben pencemaran logam berat. Pemanfaatan alga sebagai bioindikator dan biosorben dalam pengolahan limbah dikarenakan alga memiliki gugus fungsi yang mampu

mengikat ion logam, yaitu gugus karboksil, hidroksil, amina, sulfidril, imadazol, sulfat, dan sulfonat yang terdapat pada dinding sel dalam sitoplasma (Putra dkk., 2003).

Penelitian untuk menurunkan kadar logam Fe, Mn, Zn, dan Cu dalam air kolong menggunakan pengolahan proses fisika, kimia, dan filtrasi sehingga kualitas air menjadi lebih baik. Efisiensi pengolahan Fe sebesar 90% dari kadar 1,29 mg/L menjadi 0,13 mg/L; Mn sebesar 88% dari kadar 0,16 mg/L menjadi 0,02 mg/L; Zn sebesar 83% dari 0,12 mg/L menjadi 0,02 mg/L; Cu sebesar 67% dari 0,03 mg/L menjadi 0,01 mg/L (Brahmana dkk., 2004).

Tabel 6.4 Efisiensi Pengolahan Air Kolom Bekas Penambangan Timah (Brahmana dkk., 2004)

Tahapan pengolahan	Efisiensi pengolahan (%)			
	Fe	Mn	Zn	Cu
Proses fisik-kimia (koagulasi-koagulasi)	62	57	61	33
Proses filtrasi karbon aktif	73	76	78	50
Proses fisik, kimia, dan filtrasi	90	88	83	67

Penanggulangan pencemaran polutan dalam air dengan pengendapan, yaitu melalui proses fisik 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. Penelitian Tontowi dkk. (2003) menunjukkan bahwa sistem pengendapan mampu menurunkan kadar logam Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn dengan efektivitas 80 - 100%. Sistem pengendapan paling efektif terhadap logam Cd, Cu, Mn adalah sebesar 100%.

Tabel 6.5 Efektivitas Penurunan Kadar Logam Berat Melalui Pengendapan (Tontowi dkk., 2003)

No.	Jenis logam	Kadar awal (mg/L)	Kadar akhir	Efektivitas (%)
1.	Kadmium (Cd)	10	0	100
2.	Kromium(Cr)	10	0,08	99,2
3.	Tembaga (Cu)	10	0	100
4.	Besi(Fe)	10	2,0	80
5.	Mangan(Mn)	10	0	100
6.	Timbal (Pb)	10	0,19	98,1
7.	Seng (Zn)	10	0,85	91,5