

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pesisir Pantai Way Kuala

Wilayah pesisir Kota Bandar Lampung merupakan daerah yang rentan terhadap pencemaran yang berasal dari limbah domestik maupun limbah industri yang mengalir melalui sungai-sungai yang bermuara ke wilayah perairan laut. Hasil identifikasi yang telah dilakukan oleh Wiryawan dkk., (2002), memberikan informasi bahwa setidaknya terdapat 9 sungai yang bermuara ke pesisir pantai Kota Bandar Lampung yang berpotensi mencemarkan wilayah pantai tersebut. Dataran kota Bandar Lampung sebagian besar dialiri oleh sungai yang tidak terlalu panjang yaitu antara 2 sampai 14 km, di mana hulu sungai berada pada bagian barat dan hilir sungai berada pada bagian selatan yaitu pada dataran pantai (Anonim 1, 2009).

Way Kuala merupakan anak sungai Way Garuntang yang berhulu di Gunung Betung yaitu sebuah gunung di sebelah barat Bandar Lampung dan bermuara di Teluk Lampung. Sungai Way Kuala akan mengalir ke daerah pesisir pantai yang mempunyai panjang 2,3 km dan daerah aliran 330 ha serta debit yang kecil. Karena itu, pada musim kemarau batang sungai cenderung kering, sementara saat musim hujan air mengalir dengan debit kecil (Udo, 2009).

B. Sedimen

Sedimen yang ada terangkut sampai di suatu tempat yang disebut cekungan.

Sedimen sangat besar kemungkinan terendapkan karena daerah tersebut relatif lebih rendah dari daerah sekitarnya dan karena bentuknya yang cekung ditambah akibat gaya gravitasi dari sedimen, maka sedimen akan susah sekali bergerak melewati cekungan. Semakin banyaknya sedimen yang diendapkan, maka cekungan akan mengalami penurunan dan membuat cekungan tersebut semakin dalam sehingga semakin banyak sedimen yang terendapkan. Penurunan cekungan sendiri banyak disebabkan oleh penambahan berat dari sedimen yang ada dan juga dipengaruhi oleh struktur yang terjadi di sekitar cekungan seperti adanya patahan (Siaka, 2008).

Transportasi sedimen dapat terjadi melalui tiga cara, yaitu (Prothero and Schwab, 1999):

1. *Suspension*: umumnya terjadi pada sedimen-sedimen yang sangat kecil ukurannya (seperti lempung) sehingga mampu diangkut oleh aliran air atau angin yang ada.
2. *Bed load*: umumnya terjadi pada sedimen yang relatif lebih besar (seperti pasir, kerikil, kerakal, bongkah) sehingga gaya yang ada pada aliran yang bergerak dapat berfungsi memindahkan partikel-partikel yang besar di dasar. Pergerakan dari butiran pasir dimulai pada saat kekuatan gaya aliran melebihi kekuatan inerti butiran pasir tersebut pada saat diam. Gerakan-gerakan sedimen tersebut bisa menggelundung, menggeser, atau bahkan bisa mendorong sedimen yang satu dengan lainnya.

3. *Saltation*: umumnya terjadi pada sedimen berukuran pasir dimana aliran fluida yang ada mampu menghisap dan mengangkut sedimen pasir sampai akhirnya karena gaya gravitasi yang ada mampu mengembalikan sedimen pasir tersebut ke dasar.

Pada saat kekuatan untuk mengangkut sedimen tidak cukup besar dalam membawa sedimen-sedimen yang ada maka sedimen tersebut akan jatuh atau mungkin tertahan akibat gaya gravitasi yang ada. Setelah itu proses sedimentasi dapat berlangsung sehingga mampu mengubah sedimen-sedimen tersebut menjadi suatu batuan sedimen. Material yang menyusun batuan sedimen adalah lumpur, pasir, kerikil, kerakal, dan sebagainya. Sedimen ini akan menjadi batuan sedimen apabila mengalami proses pengerasan.

Secara umum, sedimen atau batuan sedimen terbentuk dengan dua cara, yaitu (Ward and Stanley, 2004):

1. Batuan sedimen yang terbentuk dalam cekungan pengendapan atau dengan kata lain tidak mengalami proses pengangkutan. Sedimen ini dikenal sebagai sedimen *Autochthonous*. Kelompok batuan *Autochthonous* antara lain adalah batuan evaporit (halit) dan batu gamping.
2. Batuan sedimen yang mengalami proses transportasi, atau dengan kata lain, sedimen yang berasal dari luar cekungan yang diangkut dan diendapkan di dalam cekungan. Sedimen ini dikenal dengan sedimen *Allochthonous*. Kelompok sedimen ini adalah batu pasir, konglomerat, breksi, batuan epiklastik.

Selain kedua jenis batuan diatas, batuan sedimen dapat dikelompokkan pada beberapa jenis berdasarkan cara dan proses pembentukannya yaitu (Prothero and Schwab, 1999):

1. *Terrigenous* (Detrital atau Klastik).

Batuan sedimen klastik merupakan batuan yang berasal dari suatu tempat yang kemudian diangkut dan diendapkan pada suatu cekungan. Contoh batuan *Terrigenous* adalah konglomerat atau breksi, batu pasir, batu lanau dan lempung.

2. Sedimen kimiawi (*Chemical*)/biokimia (*Biochemical*).

Batuan sedimen kimiawi atau biokimia adalah batuan hasil pengendapan dari proses kimiawi suatu larutan dan organisme bercangkang yang mengandung mineral silika atau fosfat. Contoh batuan sedimen kimiawi adalah evaporit, batuan sedimen karbonat (batu gamping dan dolomit), batuan sedimen bersilika (rijang) dan endapan organik (batubara).

3. Batuan volkanoklastik (*Volcanoclastic Rocks*).

Batuan volkanoklastik merupakan batuan yang berasal dari aktivitas gunung berapi. Debu dari aktivitas gunung berapi ini akan terendapkan seperti sedimen yang lain. Adapun kelompok batuan volkanoklastik adalah batu pasir tufa dan aglomerat.

Secara garis besar, cara pembentukan batuan sedimen dapat dibagi menjadi dua yaitu (Prothero and Schwab, 1999):

1. Batuan sedimen klastik

Batuan yang terbentuk dari hasil rombakan batuan yang sudah ada (batuan beku, metamorf, atau sedimen) yang kemudian diangkut oleh media (air, angin, gletser) dan diendapkan di suatu cekungan. Proses pengendapan sedimen terjadi terus menerus sesuai dengan berjalannya waktu sehingga endapan sedimen semakin lama semakin bertambah tebal. Beban sedimen yang semakin tebal mengakibatkan endapan sedimen mengalami kompaksi. Sedimen yang terkompaksi kemudian mengalami proses diagenesa, sementasi dan akhirnya mengalami pematuan menjadi batuan sedimen.

2. Batuan sedimen non-klastik

Batuan sedimen yang pembentukannya berasal dari proses kimiawi atau sedimen yang berasal dari sisa-sisa organisme yang telah mati. Kandungan logam berat pada sedimen umumnya rendah pada musim kemarau dan tinggi pada musim penghujan. Penyebab tingginya kadar logam berat dalam sedimen pada musim penghujan kemungkinan disebabkan oleh tingginya laju erosi pada permukaan tanah yang terbawa ke dalam badan sungai, sehingga sedimen dalam sungai yang diduga mengandung logam berat akan terbawa oleh arus sungai menuju muara dan pada akhirnya terjadi proses sedimentasi (Nammiinga and Wilhm, 1977; Siaka, 2008).

Berdasarkan *National Sediment Quality Survey* USEPA (2004), baku mutu logam berat dalam sedimen adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Baku mutu kandungan logam berat dalam sedimen

No.	Parameter Logam	Baku Mutu (ppm)
1.	Pb	47,82 – 161,06
2.	Cu	49,98 – 157,13
3.	Cr	76,00 – 233,27
4.	Mn	120,77 – 284,77
5.	Co	50,57 – 158,13

Akumulasi logam berat ke dalam sedimen dipengaruhi oleh jenis sedimen, dimana kandungan logam berat pada lumpur > lumpur berpasir > abu pasir (Korzeniewski and Neugabieuer, 1991). Secara alamiah, kandungan logam berat dalam air adalah kurang dari 1g/L.

Tabel 2. Klasifikasi partikel sedimen menurut skala wenworth (Buchanan, 1984)

No.	Partikel	Ukuran partikel	
		mm	μm
1.	<i>Boulder</i> (batuan)	> 256	> 256×10^3
2.	<i>Cobble</i> (batuan bulat)	64-256	64×10^3 - 256×10^3
3.	<i>Pebble</i> (batu kerikil)	4,0-64	4000-64000
4.	<i>Granule</i> (butiran)	2,0-4,0	2000-4000
5.	<i>Very coarse sand</i> (pasir sangat kasar)	1,0-2,0	1000-2000
6.	<i>Coarse sand</i> (pasir kasar)	0,5-1,0	500-1000
7.	<i>Medium sand</i> (pasir sedang)	0,25-0,5	250-500
8.	<i>Fine sand</i> (pasir halus)	0,125-0,25	125-250
9.	<i>Very fine sand</i> (pasir sangat halus)	0,0625-0,125	62,5-125
10.	<i>Silt</i> (Lumpur)	0,0039-0,0625	3,9-62,5
11.	<i>Clay</i> (liat)	< 0,0039	< 3,9

Beberapa material yang terkonsentrasi di udara dan permukaan air mengalami oksidasi, radiasi ultraviolet, evaporasi dan polimerisasi. Jika tidak mengalami proses pelarutan, material ini akan saling berikatan dan bertambah berat sehingga tenggelam dan menyatu dalam sedimen. Logam berat yang diadsorpsi oleh

partikel tersuspensi akan menuju dasar perairan, menyebabkan kandungan logam di air menjadi lebih rendah. Hal ini tidak menguntungkan bagi organisme yang hidup di dasar seperti kerang (*oyster*) dan kepiting, partikel sedimen ini akan masuk ke dalam sistem pencernaannya (Ford, 1999).

C. Logam Berat

Logam merupakan bahan pertama yang dikenal oleh manusia dan digunakan sebagai alat-alat yang berperan penting dalam sejarah peradaban manusia (Darmono, 1995). Logam juga didefinisikan sebagai unsur alam yang dapat diperoleh dari laut, erosi batuan tambang, vulkanisme dan sebagainya (Clark, 1986). Umumnya logam-logam di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain, sangat jarang yang ditemukan dalam elemen tunggal.

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam organisme hidup. Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup (Pallar, 1994). Tidak semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan pada makhluk hidup, besi merupakan logam yang dibutuhkan dalam pembentukan pigmen darah dan zink merupakan kofaktor untuk aktifitas enzim (Yudha, 2007). Keberadaan logam berat dalam lingkungan berasal dari dua sumber. Pertama dari proses alamiah seperti pelapukan secara kimiawi dan kegiatan geokimiawi serta dari tumbuhan dan hewan yang membusuk. Kedua dari hasil aktivitas manusia terutama hasil limbah industri (Connel dan Miller,

1995). Dalam neraca global, sumber yang berasal dari alam sangat sedikit dibandingkan dengan pembuangan limbah akhir di laut (Yudha, 2007).

Logam berat adalah suatu terminologi umum yang digunakan untuk menjelaskan sekelompok elemen-elemen logam yang kebanyakan berbahaya apabila masuk ke dalam tubuh. Logam berat adalah unsur-unsur yang mempunyai nomor atom dari 22- 92 dan terletak di dalam periodik tiga dalam susunan berkala, mempunyai densitas lebih besar dari 5 gram/ml (Hutagalung, 1991). Logam berat umumnya berada di sudut kanan bawah pada susunan berkala, seperti unsur-unsur Pb, Cd, dan Hg. Kebanyakan dari logam-logam tersebut mempunyai afinitas sangat besar terhadap belerang (Siaka, 2008).

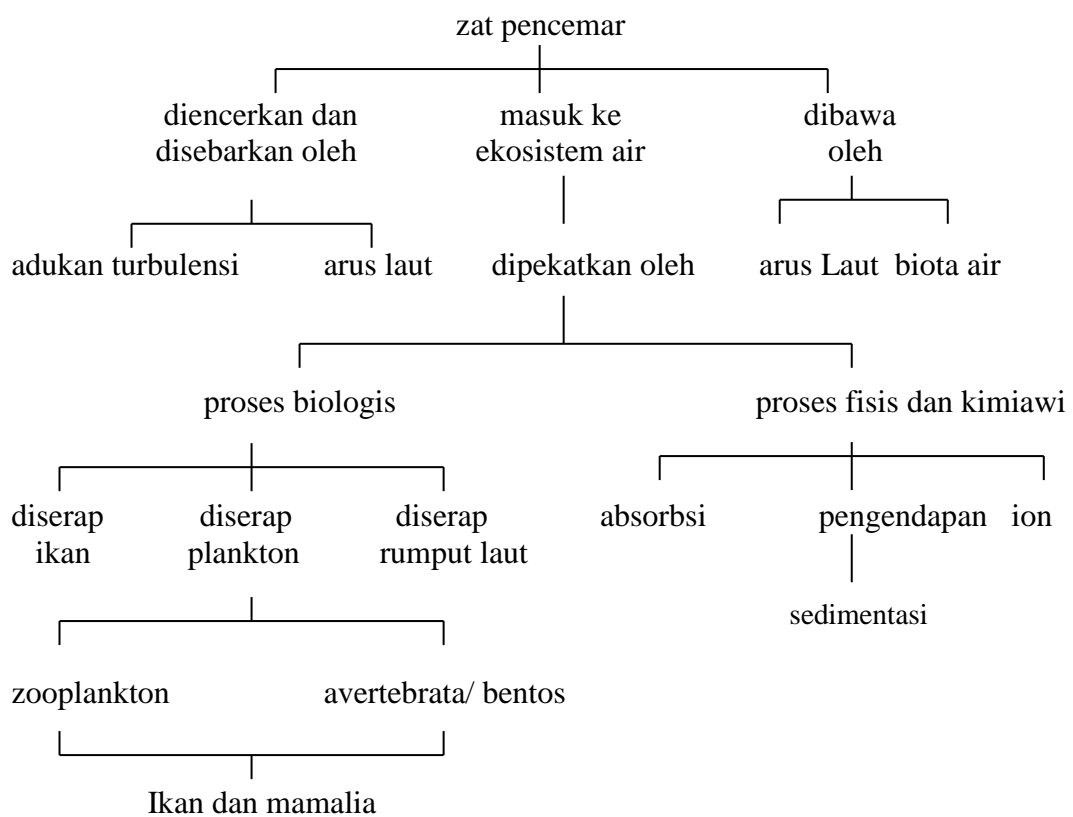
Dalam perairan, logam berat dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tidak terlarut. Logam berat terlarut adalah logam yang membentuk kompleks dengan senyawa organik dan anorganik, sedangkan logam berat yang tidak terlarut merupakan partikel-partikel yang berbentuk koloid dan senyawa kelompok metal yang teradsorpsi pada partikel-partikel yang tersuspensi (Razak, 1998).

Pencemaran logam berat ini menimbulkan berbagai permasalahan diantaranya:

1. Berhubungan dengan estetika (perubahan bau, warna dan rasa air).
2. Berbahaya bagi kehidupan tanaman dan binatang.
3. Berbahaya bagi kesehatan manusia.
4. Menyebabkan kerusakan pada ekosistem.

Sebagian dari logam berat bersifat esensial bagi organisme air untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya, antara lain dalam proses enzimatik pada organisme akuatik (Darmono, 1995). Logam berat menyebabkan masalah pencemaran dan

toksisitas lingkungan, biasanya berasal dari limbah yang sangat berbahaya dan memiliki toksisitas yang tinggi. Limbah industri merupakan salah satu sumber pencemaran logam berat yang potensial bagi perairan. Pembuangan limbah industri secara terus-menerus tidak hanya mencemari lingkungan perairan tetapi menyebabkan terkumpulnya logam berat dalam sedimen dan biota perairan, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini



Gambar 1. Skema proses alami yang terjadi jika polutan logam berat masuk ke dalam lingkungan air (Hutagalung, 1991).

Pencemaran logam berat di perairan dapat berasal dari kegiatan alam maupun industri. Secara alamiah pencemaran logam berat dapat diakibatkan adanya pelapukan batuan pada cekungan perairan atau adanya kegiatan gunung berapi

(Connel and Miller, 1995). Proses industri yang menghasilkan limbah berupa logam berat seperti Cd dan Cr merupakan sumber utama pencemaran di perairan.

Selain limbah industri, pencemaran logam berat juga berasal dari limbah rumah tangga seperti sampah-sampah metabolik, korosi pipa-pipa air yang mengandung Cd dan Cr (Connel and Miller, 1995). Logam berat seperti Cd dan Cr yang masuk dalam perairan akan mengalami pengendapan yang dikenal dengan istilah sedimen (Pallar, 1994). Logam berat dapat terakumulasi dalam sedimen karena dapat terikat dengan senyawa organik dan anorganik melalui proses adsorpsi dan pembentukan senyawa kompleks (Forstner and Prosi, 1987; Tarigan dkk., 2003).

Pada umumnya logam berat yang terakumulasi pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi makhluk hidup di perairan, tetapi oleh adanya pengaruh kondisi akuatik yang bersifat dinamis seperti perubahan pH akan menyebabkan logam-logam yang terendapkan dalam sedimen terionisasi ke perairan. Hal inilah yang merupakan bahan pencemar dan akan memberikan sifat toksik terhadap organisme yang hidup bila ada dalam jumlah berlebih dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut. Sifat toksik logam berat dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu; toksik tinggi yang terdiri dari unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu dan Zn; toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni dan Co; toksik rendah terdiri dari unsur Mn dan Fe (Connel and Miller, 1995; Siaka, 1998).

D. Kadmium (Cd)

Cd biasanya merupakan produk sampingan dari peristiwa peleburan dan refining bijih-bijih Zn (seng). Cd banyak digunakan sebagai stabilizer dalam pembuatan polivinil klorida, zat warna dalam industri baterai, pembuatan sel waston dalam

dunia fotografi. Selain itu, Cd juga banyak digunakan dalam industri-industri ringan, seperti pada mesin pengolahan roti, mesin pengolahan ikan, dan mesin pengolahan air minum meskipun dalam konsentrasi rendah (Pallar, 1994).

1. Sumber Pencemaran Logam Cd

Kandungan logam Cd terdapat di daerah-daerah penimbunan sampah dan aliran air hujan. Menurut *National Research Council* dalam Yuliasari (2003), sampah dari kota mengandung Cd yang cukup besar sehingga penggunaan sampah yang mengandung Cd tinggi untuk pemupukan tanaman, baik tanaman untuk manusia atau hewan memperlihatkan peningkatan kandungan Cd secara substansial ke dalam makanan hewan dan manusia.

Selain dari aktivitas manusia, organisme yang hidup di perairan tersebut juga dapat meningkatkan konsentrasi melalui biomagnifikasi. Biomagnifikasi adalah kemampuan yang dimiliki oleh organisme perairan untuk meningkatkan konsentrasi bahan pencemar baik dalam bentuk logam berat atau persenyawaan kimia beracun lainnya, yang melebihi keseimbangan penyerapan dalam tubuh organisme tersebut (Gobas *et al.*, 1999).

2. Toksisitas Logam Cd

Dampak keracunan Cd dapat menyebabkan tekanan darah tinggi, kerusakan jaringan testikular, kerusakan ginjal dan kerusakan sel darah merah.

Kemungkinan besar pengaruh toksisitas Cd disebabkan oleh interaksi antara Cd dan protein (metalotionin), sehingga menghambat aktivitas kerja enzim dalam tubuh. Peristiwa yang dipublikasikan secara luas akibat pencemaran logam Cd di Jepang yaitu *itai-itai disease* di sepanjang sungai Jinzo di pulau Honsyu (Darmono, 1995).

3. Sifat Fisik dan Kimia Cd

Kadmium (Cd) adalah salah satu logam berat dengan penyebaran yang luas di alam; logam ini bernomor atom 48; berat atom 112,40. Kadmium (Cd) di alam bersenyawa dengan belerang (S) sebagai *Greenocckite* (CdS) yang ditemukan bersamaan dengan senyawa *Spalerite* (ZnS). Kadmium merupakan logam lunak (*Ductile*) berwarna putih perak dan mudah teroksidasi oleh udara bebas dan gas amoniak. Beberapa sifat fisik dari Cd dapat dilihat pada Tabel

Tabel 3. Sifat Fisik Logam Cd (Anonim 3, 2009)

Nomor atom	48
Titik lebur ($^{\circ}\text{C}$)	321,07
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	765
Kalor peleburan (kJ/mol)	6,21
Kalor penguapan (kJ/mol)	99,87
Kapasitas panas pada 25°C (J/mol.K)	26,020
Konduktivitas termal pada 300 K (W/m K)	96,6
Ekspansi termal pada 25°C ($\mu\text{m}/\text{m K}$)	30,8
Kekerasan (skala Brinell = Mpa)	203

E. Kromium (Cr)

Menurut Anonim 2 (2010) penggunaan logam kromium dalam industri antara lain

1. Logam kromium (Cr) digunakan sebagai pelapis baja atau logam. Kromium merupakan bahan paduan baja yang menyebabkan baja bersifat kuat dan keras.
2. Kromium (Cr) digunakan dalam industri penyamakan kulit. Senyawa $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ bereaksi dengan kolagen menjadikan kulit bersifat liat, lentur dan tahan terhadap kerusakan biologis.

3. Logam kromium (Cr) dimanfaatkan sebagai bahan pelapis (*plating*) pada bermacam-macam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai peralatan mobil. Bahan paduan stainless steel (campuran Cr dengan Ni) digunakan pada industri pembuatan alat dapur.
4. Senyawa CrO_3 yang berwarna coklat gelap, bersifat konduktor listrik yang tinggi dan bersifat magnetik, digunakan pada pita rekaman.
5. Senyawa $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sebagai oksidan dalam industri kimia.
6. Persenyawaan kromium (senyawa-senyawa kromat dan dikromat) dimanfaatkan dalam industri tekstil untuk pencelupan dan zat warna.

Penjualan produk atau bahan kimia yang mengandung kromium dan bahan bakar fosil menyebabkan terjadinya pembakaran ke udara, tanah dan air. Partikel kromium ada di udara dalam waktu kurang dari 10 hari, kemudian akan menempel pada partikel tanah dan air tetapi kelarutannya rendah.

1. Sumber Pencemaran Logam Cr

Logam kromium (Cr) juga beracun bagi manusia. Sumber pencemaran logam berat Cr dibagi menjadi dua sumber yaitu sumber alami dan sumber buatan.

Sumber alami :

1. Berasal dari daerah pantai (coastal supply), yang bersumber dari sungai, abrasi pantai oleh aktifitas gelombang.
2. Berasal dari logam yang dibebaskan oleh aktivitas gunung berapi dan logam yang dibebaskan oleh proses kimiawi.
3. Berasal dari lingkungan daratan dan dekat pantai, termasuk logam yang

ditransportasi oleh ikan dari atmosfer berupa partikel debu (Wordpress.com, 2009).

2. Toksisitas Cr

Kromium dapat berbentuk cairan, padatan maupun gas dan terdapat di alam dalam 3 jenis valensi yaitu kromium (0), kromium (III) dan kromium (VI). Kromium (III) merupakan unsur esensial yang dibutuhkan tubuh dalam reaksi enzimatik untuk metabolisme gula, protein dan lemak. Kromium (III) memiliki sifat toksisitas yang rendah dibandingkan dengan kromium (VI). Pada bahan baku makanan dan tumbuhan mobilitas krom relatif rendah dan diperkirakan konsumsi harian kromium (III) pada manusia di bawah 100 µg, berasal dari makanan, sedangkan dari air dan udara dalam tingkat yang rendah. Kromium (VI) lebih mudah diserap oleh tubuh dibandingkan dengan kromium (III). Namun, setelah di dalam tubuh kromium(VI) segera mengalami reduksi menjadi kromium (III), (TNR.R, 2008).

Akumulasi kromium dalam tubuh manusia dapat mengakibatkan kerusakan dalam sistem organ tubuh. Efek toksisitas kromium (Cr) dapat merusak serta mengiritasi hidung, paru-paru, lambung, dan usus. Konsumsi makanan mengandung kromium dalam jumlah yang sangat besar menyebabkan gangguan perut, bisul, kejang, ginjal, kerusakan hati dan bahkan kematian (Pallar, 1994). DHHS (*The Department of Health and Human Services*), IARC (*The International Agency for Research on Cancer*), dan EPA (*Environmental Protection Agency*) menetapkan bahwa kromium (VI) merupakan komponen yang bersifat karsinogen bagi manusia. Pekerja yang terpapar langsung dengan kromium (VI) pada sistem

inhalasi tubuh dapat menyebabkan kanker paru-paru. Kromium (VI) yang terdapat dalam air minum dapat menyebabkan tumor pada perut manusia dan hewan (TNR.R, 2008).

Akumulasi kromium (VI) dalam jumlah 7,5 mg/L pada manusia menyebabkan toksisitas akut berupa kematian sedangkan bila terjadi akumulasi kromium (VI) pada dosis 0,57 mg/kg perhari dapat menyebabkan kerusakan pada hati (TNR.R, 2008), gangguan perut serta kematian pada penduduk. Hal ini akibat terjadinya pencemaran air sungai oleh industri yang menyebabkan konsentrasi kromium (VI) dalam air sungai mencapai 20 mg/L (Zhang *et al.*, 1987).

Menurut(TNR.R, 2008) batas konsentrasi kromium yang membahayakan bagi kesehatan manusia adalah :

1. EPA (*Environmental Protection Agency*) menetapkan batas maksimal konsentrasi kromium (III) dalam air minum adalah 1 mg/L untuk konsumsi air minum selama 10 hari.
2. OSHA (*The Occupational Health and Safety Administration*) menetapkan batas maksimal bagi pekerja yang terpapar dengan kromium secara langsung adalah 0,005 mg/m³ untuk kromium (VI) dan 0,5 mg/m³ untuk kromium (III) dan 1 mg/m³ untuk kromium (0) selama 8 jam kerja sehari dan 40 jam kerja selama 1 minggu.
3. FDA menetapkan batas maksimal konsentrasi maksimal kromium (III) yang digunakan dalam botol air minum adalah 1 mg/L.
3. Sifat Fisik dan Kimia Kromium (Cr).

Logam kromium (Cr) pertama kali ditemukan oleh *Vauquelin* (1797). Umumnya

logam di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain dan sangat jarang ditemukan dalam bentuk unsur tunggal. Logam kromium (Cr) di alam ditemukan dalam bentuk *chromite* (FeCr_2O_3). Kromium adalah logam yang berwarna putih, tak begitu liat, dan tak dapat ditempa. Logam kromium (Cr) larut dalam asam klorida encer atau pekat.

Jika tidak terkena udara, akan terbentuk ion-ion kromium.



Logam kromium tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab dan proses pemanasan cairan. Logam ini larut juga oleh H_2SO_4 , dan asam perklorat. Ion kromium yang telah membentuk senyawa, mempunyai sifat yang berbeda sesuai dengan tingkat oksidasinya.

Tabel 4. Sifat Fisik Logam Kromium (Cr) (Anonim 3, 2010)

Nomor atom	24
Densitas (g/cm^3)	13,11
Titik lebur ($^{\circ}\text{C}$)	1765
Titik didih ($^{\circ}\text{C}$)	1810
Kalor fusi (kJ/mol)	4,90
Kalor penguapan (kJ/mol)	190,5
Kapasitas panas pada 25°C (J/mol.K)	21,650

Menurut Svehla (1985) dalam larutan air, kromium (Cr) membentuk tiga jenis ion yaitu :

1. Ion kromium(II) atau kromo (Cr^{2+})

Ion kromium(II) memiliki bilangan oksidasi +2, bersifat tidak stabil karena

merupakan zat pereduksi yang kuat dan dapat menguraikan air perlahan-lahan dengan membentuk hidrogen. Oksigen di udara akan mengoksidasi Cr^{2+} menjadi ion kromium(III), ion ini membentuk larutan yang berwarna biru. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{2+} bersifat basa.

2. Ion kromium(III) atau kromi (Cr^{3+})

Ion kromium(III) memiliki bilangan oksidasi +3 dan bersifat stabil. Dalam larutan, ion-ion ini berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{3+} bersifat amfoter.

3. Ion kromium(VI) atau kromat (CrO_4^{2-}) dan dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$)

Ion kromium(VI) memiliki bilangan oksidasi +6. Ion-ion kromat berwarna kuning sedangkan dikromat berwarna jingga. Senyawa yang terbentuk dari ion kromium(VI) bersifat asam. Ion-ion kromat dan dikromat merupakan zat pengoksidasi yang kuat sedangkan jika sedimen yang mengandung ion kromium diasamkan, akan membentuk ion-ion dikromat.

F. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

1. Prinsip Dasar

Metode analisis dengan spektrofotometri serapan atom (Ellwel and Gidley, 1996; Yuliasari, 2003) didasarkan pada penyerapan energi cahaya oleh atom-atom netral suatu unsur yang berada dalam keadaan gas. Penyerapan cahaya oleh atom bersifat karakteristik karena tiap atom hanya menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu yang energinya sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron-elektron dari atom yang bersangkutan di tingkat yang lebih tinggi, sedangkan energi transisi untuk masing-masing unsur adalah khas.

Spektrum atom yang karakteristik untuk setiap unsur biasanya terdiri dari sejumlah garis-garis tertentu, diantaranya terdapat garis-garis resonansi di dalam metode ini. Panjang gelombang pada garis-garis resonansi inilah yang digunakan dalam pengukuran, hal ini disebabkan karena kebanyakan atom-atom netral dihasilkan oleh alat atomisasi berada dalam keadaan dasar.

Adapun keunggulan dari Spektroskopi Serapan Atom yaitu memiliki kepekaan yang tinggi karena dapat mengukur kadar logam sampai konsentrasi yang sangat kecil, memiliki selektifitas yang tinggi karena dapat menentukan beberapa unsur sekaligus dalam larutan sampel tanpa perlu pemisahan. Prinsip metode spektrofotometri serapan atom adalah absorpsi cahaya oleh atom pada panjang gelombang tertentu tergantung pada sifat unsurnya (Skoog, 1985).

Kelemahannya yaitu dengan pengaruh kimia, dimana SSA tidak mampu menguraikan zat menjadi atom, misalnya pengaruh fosfat pada pengukuran Ca. Selain itu adanya pengaruh ionisasi yaitu bila atom tereksitasi (tidak hanya terdisosiasi), sehingga menimbulkan emisi pada panjang gelombang yang sama, serta pengaruh matriks misalnya pelarut (Razak, 1998).

2. Analisis Kuantitatif

Pada dasarnya hubungan antara absorpsi atom dengan konsentrasi di dalam metode SSA dapat dinyatakan dengan hukum Lambert-Beer, yaitu secara matematika, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$I = I_0 e^{-abc}$$

$$\log\left(\frac{I_0}{I}\right) = a \cdot b \cdot c$$

$$A = a \cdot b \cdot c$$

Keterangan:

- I_0 : Interaksi Cahaya yang datang (mula-mula)
- I : Interaksi cahaya yang ditransmisikan
- a : Absorptivitas, yang besarnya sama untuk sistem atau larutan yang sama (g/L)
- b : Panjang jalan cahaya atau tebalnya medium penyerap yang besarnya tetap untuk alat yang sama (cm)
- c : Konsentrasi atom yang mengabsorpsi
- A : absorbansi = $\log I_0/I$

Dari persamaan di atas, nilai absorbansi sebanding dengan konsentrasi untuk panjang jalan penyerapan dan panjang gelombang tertentu. Ada dua cara untuk mengetahui konsentrasi cuplikan yang telah diketahui nilai absorbansinya, yaitu (1) cara deret waktu, dengan membandingkan nilai absorbansi terhadap kurva kalibrasi dari standar-standar yang diketahui, (2) cara penambahan standar yaitu dengan membandingkan konsentrasi dengan perpotongan grafik terhadap sumbu dengan konsentrasi dari data absorbansi.

3. Gangguan-Gangguan pada Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Beberapa gangguan yang sering terjadi pada SSA adalah sebagai berikut (Ismono, 1984):

- a. Gangguan yang berasal dari matriks cuplikan, gangguan ini mengakibatkan mengendapnya unsur-unsur yang dianalisis sehingga jumlah atom yang mencapai nyala lebih sedikit daripada yang seharusnya. Jumlah atom yang mencapai nyala dipengaruhi oleh berbagai sifat fisik larutan, antara lain

adalah; tegangan permukaan, berat jenis, tekanan uap pelarut. Untuk mengatasi gangguan ini maka perlu diusahakan agar sifat fisik larutan cuplikan sama dengan larutan standar.

b. Gangguan kimia

Gangguan ion disebabkan karena terhambatnya pembentukan atom-atom netral dari unsur yang analisis pada tingkat energi dasar, hal ini terjadi karena:

1) Pembentukan senyawa-senyawa yang bersifat refraktori seperti

Ca-fosfat, fosfat, silikat dan oksida dari logam alkali tanah dan Mg.

Untuk mengatasi gangguan ini dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain:

- Menggunakan nyala yang lebih tinggi suhunya, karena senyawa-senyawa yang refraktori dapat terurai pada suhu yang tinggi.
- Penambahan unsur penyangga kepada cuplikan yang akan dianalisis. Unsur penyangga ini misalnya Sr atau La yang akan mengikat gugus yang mengganggu (aluminat, fosfat, silikat dan sebagainya). Unsur yang akan dianalisis tidak akan diikat oleh gugus ini, dengan demikian unsur-unsur yang dianalisa dapat teratomisasi dengan sempurna meskipun di dalam nyala yang suhunya lebih rendah.
- Mengekstraksi unsur yang akan dianalisis, terutama cuplikan yang sangat kompleks.

2) Ionisasi atom-atom pada tingkat dasar

Ionisasi yang terjadi di dalam nyala ini akan mengganggu pengukuran absorbansi atom-atom netral unsur yang akan dianalisis, karena ion suatu unsur mempunyai suatu spektrum serapan atom netral. Untuk mengurangi

gangguan ini, suhu nyala yang digunakan harus serendah mungkin dimana atomisasi masih dapat berlangsung secara sempurna. Penambahan unsur lain yang mempunyai potensial ionisasi lebih rendah daripada unsur yang dianalisis juga dapat mengurangi gangguan itu. Contoh unsur penyangga adalah Sr dan Li pada penempatan kalsium, juga terdapat fosfat.

c. Gangguan oleh serapan bukan atom

Gangguan ini bahwa penyerapan cahaya dari lampu katoda berongga dan berukuran bukan dari atom-atom netral melainkan dari molekul-molekul, hal ini terutama akan terjadi apabila konsentrasi sampel tinggi dan juga bila suhu nyala kurang tinggi. Cara mengatasi gangguan ini yaitu dengan menggunakan nyala api yang suhunya lebih tinggi dan mempercepat hasil konsentrasi molekuler dari larutan sampel.

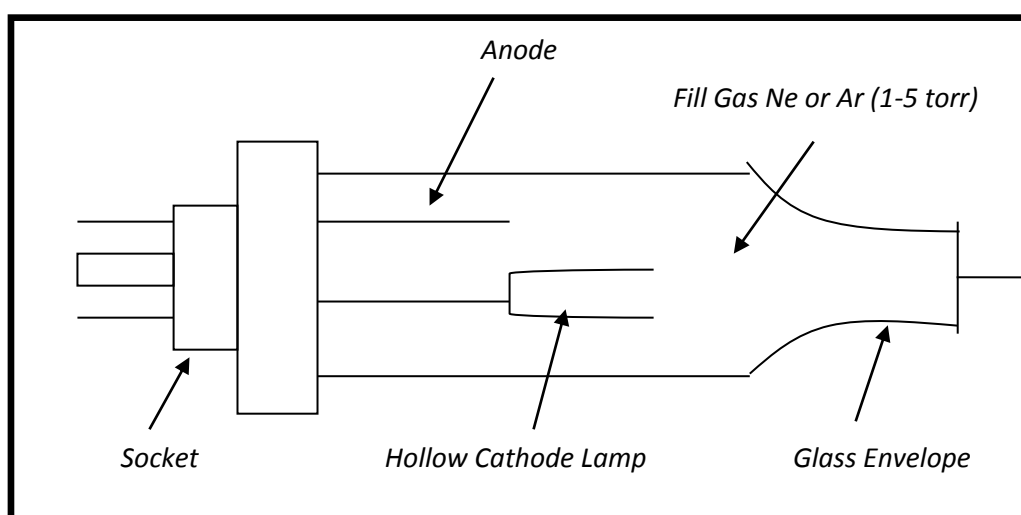
4. Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer Serapan atom memiliki komponen-komponen sebagai berikut (Slavin, 1978):

a. Sumber Sinar

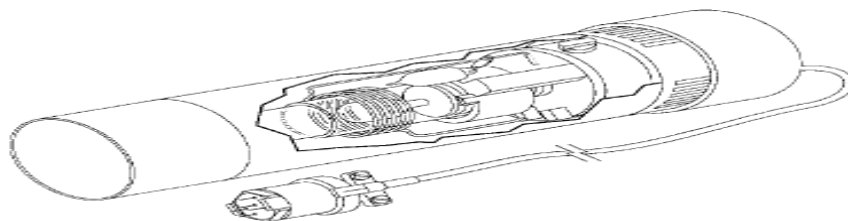
Sumber radiasi Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) adalah *Hollow Cathode Lamp* (HCL). Setiap pengukuran dengan SSA harus menggunakan *Hollow Cathode Lamp* khusus misalnya untuk menentukan konsentrasi tembaga dari suatu cuplikan, maka digunakan *Hollow Cathode* khusus untuk tembaga. *Hollow Cathode* akan memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom.

Hollow Cathode Lamp terdiri dari katoda cekung yang silindris yang terbuat dari unsur yang sama dengan yang akan dianalisis dan anoda yang terbuat dari tungsten. Pemberian tegangan pada arus tertentu, menyebabkan logam mulai memijar dan atom-atom logam katodanya akan teruapkan dengan pemercikan. Atom akan tereksitasi kemudian mengemisikan radiasi pada panjang gelombang tertentu. Diagram lampu katoda cekung dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Lampu Katoda Cekung (Khopkar, 1990).

Sumber radiasi lain yang sering dipakai adalah ”*Electrodless Discharge Lamp.*” Lampu ini mempunyai prinsip kerja hampir sama dengan *Hollow Cathode Lamp* (lampu katoda cekung), tetapi mempunyai *output* radiasi lebih tinggi dan biasanya digunakan untuk analisis unsur-unsur As dan Se, karena lampu HCL untuk unsur-unsur ini mempunyai signal yang lemah dan tidak stabil yang bentuknya dapat dilihat pada Gambar 3.

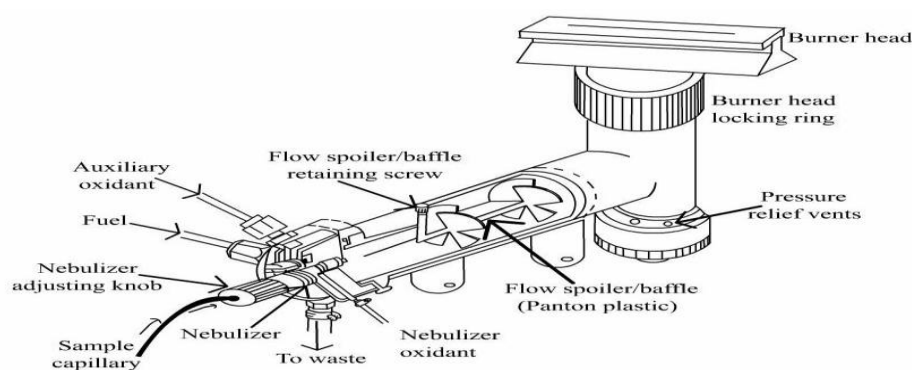


Electrodeless discharge lamp.

Gambar 3. *Electrodeless Discharge Lamp* (Anonim 4, 2003)

b. Sumber atomisasi

Sumber atomisasi dibagi menjadi dua yaitu sistem nyala dan sistem tanpa nyala. Kebanyakan instrumen sumber atomisasinya adalah nyala dan sampel diintroduksikan dalam bentuk larutan. Sampel masuk ke nyala dalam bentuk aerosol. Aerosol biasa dihasilkan oleh nebulizer (pengabut) yang dihubungkan ke nyala oleh ruang penyemprot (*Chamber spray*). Jenis nyala yang digunakan secara luas untuk pengukuran analitik adalah udara-asetilen dan nitrous oksida-asetilen. Dengan kedua jenis nyala ini, kondisi analisis yang sesuai dengan jenis nyala ini, untuk kebanyakan analit dapat ditentukan dengan menggunakan metode emisi, absorpsi dan juga fluoresensi. Diagram sumber atomisasi dapat dilihat pada Gambar 4.

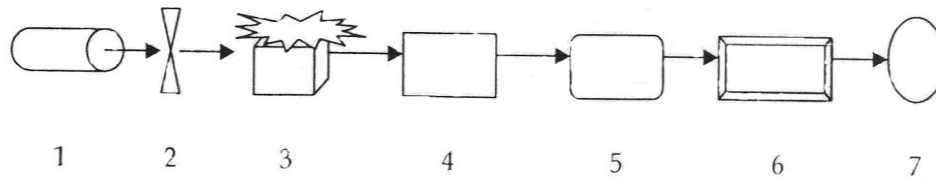


Gambar 4. Sumber Atomisasi (Slavin, 1968).

- Nyala udara asetilen.
Biasanya menjadi pilihan untuk analisis menggunakan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom). Temperatur nyalanya yang lebih rendah mendorong terbentuknya atom netral dan dengan nyala yang kaya bahan bakar maka pembentukan oksida dari banyak unsur dapat diminimalkan.
 - Nitrous oksida-asetilen.
Biasanya digunakan untuk penentuan unsur-unsur yang mudah membentuk oksida dan sulit terurai. Hal ini disebabkan karena temperatur nyala yang dihasilkan relatif tinggi. Unsur-unsur tersebut adalah: Al, B, Mo, Si, So, Ti, V, dan W.
- c. Monokromator
- Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk memisahkan radiasi yang tidak diperlukan dari spektrum radiasi lain yang dihasilkan oleh *Hollow Cathode Lamp* .
- d. Detektor
- Detektor merupakan alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan suatu isyarat listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka.
- e. Sistem pengolah
- Sistem pengolah berfungsi untuk mengolah kuat arus dari detektor menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya diubah menjadi data dalam sistem pembacaan.

f. Sistem pembacaan

Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar yang dapat dibaca oleh mata.



Gambar 5. Skema Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom (Syahputra, 2004; Azis, 2007)

Keterangan :

1. Sumber sinar
2. Pemilah (*Chopper*)
3. Nyala
4. Monokromator
5. Detektor
6. Amplifier
7. Meter atau *recorder*