

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. AIR

Air merupakan sumber kehidupan yang sangat penting bagi manusia, bumi terdiri dari 71% air.¹ Bagi kehidupan makhluk hidup air merupakan komponen terpenting kedua setelah udara. Sekitar tiga per empat bagian dari tubuh manusia terdiri dari air dan tidak seorangpun dapat bertahan hidup lebih dari lima hari tanpa meminum air. Selain itu, air juga dipergunakan untuk kebutuhan sehari-hari seperti memasak, mencuci, mandi dan membersihkan kotoran yang ada disekitar lingkungan. Air juga digunakan untuk keperluan industri, pertanian, pemadam kebakaran, transportasi, dan lain-lain.²

Air dalam jaringan hidup merupakan medium untuk berbagai reaksi dan proses ekstraksi. Volume air dalam tubuh manusia rata-rata 65% dari total berat tubuhnya dan volume tersebut sangat bervariasi pada masing-masing orang. Beberapa organ tubuh manusia memerlukan banyak air seperti otak, ginjal, darah dan otot. Setiap hari kurang lebih 2,3 liter air dibutuhkan oleh ginjal untuk membersihkan darah dan selebihnya diserap kembali masuk kealiran darah.³

Kebutuhan manusia akan air sangat kompleks untuk kelangsungan hidup manusia. Air harus tersedia cukup dengan kualitas yang harus memadai. Air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, tetapi air akan dapat dengan mudah terkontaminasi oleh aktivitas manusia. Air banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai macam kegiatan sehingga dengan mudah dapat tercemar.

¹ Juli Soemirat, *Kesehatan Lingkungan*, (Yogyakarta, UGM Press; 2011;) h.96

² Rukaesih Achmad, *Kimia lingkungan*, (Jakarta, Andi; 2004) h.15

³ Budiman Chandra, *Pengantar Kesehatan Lingkungan*, (Jakarta, EGC; 2006) h.39

Beberapa bahan pencemar seperti bahan mikrobiologik (bakteri, virus dan parasit), bahan organik (peptisida dan deterjen) dan beberapa bahan anorganik seperti garam, asam dan logam serta beberapa bahan kimia lainnya yang sering ditemukan dalam air yang kita pergunakan sehari-hari.

1. Sumber Air

Sepanjang sejarah kualitas dan kuantitas air sesuai dengan kebutuhan manusia merupakan faktor penting yang menentukan kesehatan hidupnya. Kuantitas air berhubungan dengan adanya bahan-bahan lain terutama senyawa-senyawa kimia baik dalam bentuk senyawa organik maupun senyawa anorganik juga adanya mikroorganisme yang memegang peranan penting dalam menentukan komposisi kimia air. Kualitas air yang buruk disebabkan adanya berbagai jenis bakteri *pathogen* dan kandungan bahan-bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan kelangsungan makhluk hidup di berbagai belahan dunia.⁴

Air yang diperuntukkan bagi konsumsi manusia harus berasal dari sumber yang bersih dan aman. Suplai air dapat dibagi menjadi lima siklus hidrologi. Sebagian besar dari ditemukan dalam bentuk lautan dan samudra bagian lainnya terdapat dalam bentuk uap air di atmosfer. Air dalam bentuk padatan juga ditemukan dalam bentuk salju di daerah-daerah kutub selatan dan utara. Air permukaan terdapat dalam danau, sungai dan sumber-sumber air lainnya, sedangkan air tanah terdapat karena adanya penyerapan air ke dalam tanah.

Air yang berada dipermukaan bumi berasal dari berbagai sumber. Berdasarkan letak sumbernya air dapat dibagi menjadi air angkasa (hujan), air

⁴ Rukaesih Achmad, *Kimia Lingkungan* (Jakarta, Andi; 2004) h.16

permukaan dan air tanah. Adapun siklus hidrologi yang merupakan suatu fenomena alam dengan beberapa tahapan yang dilalui mulai dari proses evaporasi, kondensasi uap air, presipitasi, penyebaran air dipermukaan bumi, penyerapan air kedalam tanah, sampai berlangsungnya proses daur ulang terjadi.

Adapun secara umum sumber-sumber air yang sering ditemukan adalah sebagai berikut: ⁵

a. Air hujan

Air hujan merupakan sumber air yang paling murni. Dalam perjalannya turun kebumi air hujan akan melarutkan partikel-partikel debu dan gas yang terdapat diudara.

b. Air permukaan

Air permukaan merupakan salah satu sumber penting bahan baku air bersih. Fakto-faktor yang harus diperhatikan antara lain yaitu: mutu atau kualitas baku air, jumlah atau kuantitas air dan kontinuitasnya.

c. Air tanah

Air tanah merupakan sebagian dari air hujan yang mencapai permukaan bumi dan menyerap kedalam lapisan tanah dan menjadi air tanah. Sebelum mencapai lapisan tempat air tanah, air hujan akan menembus beberapa lapisan tanah dan menyebabkan terjadinya kesadahan air. Adapun sumber utama persediaan air tanah sebagai sumber air bersih penduduk dunia yang tinggal dibeberapa wilayah salah satunya adalah sumur. Secara teknis sumur dapat dibagi menjadi dua yaitu:

⁵ Budiman Chandra, *Pengantar Kesehatan Lingkungan* (Jakarta,EGC;2006) h.41.42.43.44.45

1. Sumur Dangkal (Shallow well) Sumur semacam ini memiliki sumber air yang berasal dari serapan air hujan diatas permukaan bumi terutama didaerah dataran rendah. Jenis sumur ini banyak dipakai di Indonesia karena melihat struktur dan kontur tanahnya sesuai dengan iklim yang ada. Sumur dangkal di Indonesia dibuat tergantung pada kontur tanah dan curah hujan, rata-rata warga membuat sumur dangkal berbentuk cincin dengan diameter 1 sampai 2 meter dengan kedalaman 10 sampai 20 meter.
2. Sumur Dalam atau Sumur Artesis (Dep well). Sumur ini memiliki sumber air yang berasal dari proses purifikasi alami air hujan oleh lapisan kulit bumi menjadi air tanah. Sumber airnya tidak terkontaminasi dan memenuhi persyaratan sanitasi. Di Indonesia sumur ini dibuat dikarenakan kontur tanah yang berada di dataran tinggi dan dengan curah hujan yang rendah. Pembuatannya dengan cara mengebor tanah sedalam 20 sampai 300 meter kedalam perut bumi.

2. Pemanfaatan Air

Seluruh peradaban manusia dan makhluk hidup lainnya dapat lenyap karena kekurangan air. Kuantitas air berhubungan dengan adanya bahan-bahan lain dan persenyawaan kimia didalam air baik dalam bentuk senyawa organik maupun senyawa anorganik dan juga adanya mikroorganisme yang memegang peranan penting dalam menentukan komposisi kimia air. Faktor utama dari penentuan kualitas air adalah curah hujan dan intensitas perubahan iklim.⁶

⁶ Rukaesi Achmad, *Kimia Lingkungan* (Jakarta, Andi; 2004) h.17

Kualitas air yang buruk disebabkan adanya berbagai jenis bakteri, virus, dan kandungan bahan-bahan kimia lainnya yang dapat mengancam ekosistem makhluk hidup karena air merupakan sumber utama kehidupan di muka bumi. Air permukaan banyak dijadikan sumber utama kehidupan bagi manusia seperti air sungai, air danau dan air tanah biasa dipergunakan untuk industri, irigasi, peternakan, pembudidayaan baik tanaman maupun hewan, kegiatan pokok sehari-hari termasuk rekreasi.

Kebutuhan yang paling krusial dalam kehidupan makhluk hidup adalah untuk memenuhi kecukupan daya tahan tubuh. Dari sekian banyak manfaat air yang harus diperhatikan adalah penggunaan air untuk konsumsi, hal ini termasuk ke dalam pengkajian penyediaan sumber air minum yang bersih dan sehat. Kompetisi atas dasar pemanfaatan air dapat mengubah kualitas air sebagai contoh pemanfaatan air bagi proses pembuangan limbah, dapat merubah kualitas air menjadi buruk sehingga air di suatu daerah yang terkena imbas dari limbah akan merubah ekosistem di lingkungan tersebut.

Fakta yang terjadi di masyarakat kini adalah air dipergunakan sebagai media pembuangan limbah baik limbah industri maupun limbah rumah tangga. Dapat diperkirakan andai kata jika itu terjadi dalam jangka waktu seabad pengurangan kualitas air terjadi sekitar 80% angka itu akan terus bertambah jika kebiasaan tersebut terus terjadi, seharusnya penggunaan sumber daya air dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin tanpa merusak ekosistem dan mengindahkan dampak negatif agar air tidak memperburuk kualitas air saat ini.

Air adalah sumber daya alam yang tercipta dengan sendiri melalui siklus daur ulang alam, jika manusia merusak jalannya siklus ini tentu saja dampak buruknya tidak hanya merusak kualitas dan kuantitas air namun juga merugikan manusia dan makhluk hidup sebagai penggunanya mengingat karena air adalah sumber utama kehidupan setelah udara.

3. Pencemaran Air

Pada saat ini laju pencemaran terjadi begitu cepat. Sebelum adanya kegiatan industri dan transportasi yang banyak mengeluarkan bahan pencemar kelingkungan air yang menyebabkan limbah domestik akibat kegiatan manusia merupakan faktor yang tengah mengemuka saat ini yang menjadi penyebab gangguan pencemaran lingkungan dan penyakit. Pencemaran air minum akan menyebabkan mudahnya penyakit-penyakit menular kepada jaringan makhluk hidup. Banyak persediaan air diperkotaan yang terkontaminasi bakteri-bakteri *pathogen* dengan konsentrasi tinggi terutama di pemukiman padat penduduk terutama di daerah-daerah aliran sungai.

Beban pencemaran lingkungan air sudah semakin tinggi dengan kontaminasi bahan kimia yang sangat berbahaya dan beracun seperti pencemaran logam Hg, Pb, Cd, As dan sebagainya. Kegiatan yang didalangi manusia merupakan faktor utama tercemarnya air. Menurut Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No:KEP-02/MENKLH/I/1988 Tentang Penetapan Buku Mutu Lingkungan adalah: masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen yang lainnya ke dalam air dan atau berubahnya tatanan air oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga

kualitas air turun sampai ketinggian tertentu yang menyebabkan air kurang atau sudah tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Berdasarkan tabel di bawah ini maka dapat diketahui bahan pencemar air dan dampak yang akan terjadi. Secara keseluruhan pencemaran air dapat dibagi menjadi tiga yaitu: pencemaran fisik, kimia dan biologi.

Tabel 2.1 Klasifikasi Umum Dari Bahan Pencemaran Air

Polutan anorganik	Toksisitas, biota akuatik
Abestas	Kesehatan Manusia
Hara-ganggang	Entrofikasi
Radionuklida	Toksisitas
Asiditas, Alkalinitas, Salinitas tinggi	Kualitas air, kehidupan akuatik
Zat pencemar organik renik	Toksisitas
Pestisida	Toksisitas, biota akuatik, satwa liar
PCB	Kesehatan
Carsinogen	Penyebab kanker
Limbah minyak	Satwa liar, estetik
Pathogen	Kesehatan
Detergen	Introfikasi,estetik
Sedimen	Kuallitas air, estetik
Rasa, Bau dan Warna	Estetik

Pencemaran fisik merupakan pencemaran yang meliputi bahan-bahan yang terapung pada permukaan air, misalnya buih, sampah dan lain-lain. Adapun yang

merupakan bahan yang tersuspensi seperti lumpur dan pasir. Ukuran bahwa air tercemar secara fisik dilihat dari bau, warna, suhu, rasa dan kekeruhan serta zat padat yang tersuspensi. Pencemaran kimia meliputi zat organik seperti minyak, detergen, zat warna dan karbohidrat. Sedangkan zat anorganik seperti asam, basa, garam-garam mineral, hidrogen sulfida dan zat radio aktif seperti klorin dan karbon. Ukuran air tercemar secara kimia dilihat dari pH, BOD, COD, minyak dan lemak serta kation dan anion. Bahan pencemar biologi seperti organisme pathogen termasuk bakteri, virus, jamur, cacing parasit, *coliform* dan *fitoplankton*. Selain itu pencemar biologi dapat berasal dari tanam air seperti ganggang (alga, enceng gondok dan lain sebagainya).⁷

4. Pengaruh Air Dalam Kesehatan

air di dalam tubuh manusia berkisar antara 50% sampai 70% dari seluruh berat badan manusia. Adapun persentase air didalam tubuh sebagai berikut: pada tulang terdapat air sebanyak 22% dari berat tulang, di darah dan di ginjal sebanyak 83% dari jumlahnya. Pentingnya air bagi kesehatan dapat dilihat dari jumlah air yang ada didalam organ seperti 80% dari darah terdiri atas air, 22% dari tulang, 75% dari saraf, 80% dari ginjal, 70% dari hati dan 75% dari otot adalah air. Kehilangan air 15% saja dari berat badan akan menyebabkan kematian kekurangan air dapat menyebabkan kekentalan urin, sehingga terjadi kristalisasi dan kemudian mengendap sebagai batu, baik di dalam ginjal maupun di dalam kantung kemih bagi manusia yang hidup di daerah tropis seperti Indonesia.

⁷ Rukaesih Achmad. Hal.92.93.94.95

Air diperlukan untuk melarutkan berbagai zat yang diperlukan oleh tubuh sebagai contoh, oksigen perlu dilaurtkan terlebih dahulu sebelum masuk ke pembuluh-pembuluh darah yang ada disekitar *alveoli*. Demikian pula halnya dengan zat makanan yang hanya dapat diserap apabila larut didalam cairan yang berada di dalam selaput lendir usus. Segala reaksi biokimia di dalam tubuh makhluk hidup terlaksana oleh air. Air sebagai pelarut, membawa semua inti sari makanan keseluruh tubuh dan mengambilnya kembali sisa buangan keluar dari tubuh.

Air juga ikut serta mempertahankan suhu badan seperti penguapan sebagai keringat dalam menurunkan suhu. Air dipakai untuk membersihkan permukaan mata serta melicinkannya sehingga gerak kelopak mata menjadi lancar. Ringkasnya dalam segala fungsi kehidupan seperti bereaksi terhadap segala stimulasi, tumbuh, bermetabolisme dan bereproduksi air selalu memegang peranan penting.

Air sangat dibutuhkan dalam seluruh lapisan kehidupan masyarakat sehari-hari. Dipemukiman penduduk banyak ditemukan sumber seperti sungai-sungai dan danau. Dikarenakan air merupakan sumber utama kehidupan maka pada awalnya manusia sengaja mencari tempat tinggal yang dekat dengan sumber air.⁸

5. Logam dan Kehidupan Air

Logam dan mineral air lainnya hampir selalu ditemukan dalam air tawar dan air laut, walupun jumlahnya sangat terbatas. Dalam kondisi normal, beberapa macam logam baik logam ringan maupun logam berat jumlahnya sangat sedikit di

⁸ Juli Soemirat. *Kesehatan Lingkungan* (Yogyakarta, UGM-Press;2011) h.103

dalam air. Beberapa logam yang bersifat esensial dan sangat dibutuhkan dalam proses kehidupan misalnya kalsium (Ca), pospor (P), magnesium (Mg) yang merupakan logam ringan yang berguna untuk pembentukan kutikula atau sisik pada ikan dan udang. Kemudian tembaga (Cu), seng (Zn), mangan (Mn) merupakan logam berat yang sangat bermanfaat dalam pembentukan haemosianin dalam sistem darah dan enzimatik pada hewan air tawar.

a. Kandungan Logam dalam Air

Beberapa logam biasanya dominan dari pada logam lainnya, hal ini tergantung pada asal dan sumber air. Disamping itu, jenis air terkadang juga mempengaruhi kandungan logam didalamnya. Air sungai di daerah hulu berkemungkinan memiliki kandungan logam yang berada pada air dekat muara sungai, hal ini disebabkan karena perjalanan air tersebut yang mungkin saja terkontaminasi beberapa logam berat baik karena erosi maupun pencemaran dari garis pinggir sungai. Kandungan logam air laut juga berbeda tergantung daerah pantainya. Daerah pinggir laut biasanya memiliki kandungan logam lebih tinggi dari pada daerah laut lepas.

b. Batas Toleransi

kebanyakan air secara normal mengandung sedikit logam walaupun kandungan logam tersebut secara alamiah akan lebih tinggi pada batasan waktu tertentu yang diakibatkan oleh pencemaran dan erosi dataran. Oleh karena itu organisme air akan menyesuaikan kondisi dalam lingkungan tersebut. Mekanisme dari penyesuaian organisme air terhadap keadaan dan kadar air disekitarnya kadang-kadang berfluktuasi, biasanya menggunakan perlindungan diri dari

pengaruh buruk dalam kondisi populasi. Derajat proteksinya tergantung variasi dan spesies sehingga menimbulkan kondisi yang konstan dalam ekosistem. Kesimbangan ekologi mungkin menurun apabila organisme di dalam air tidak mampu mentoleransi tingginya tingkat logam di dalam air.

6. Persyaratan air minum

Persyaratan untuk air minum mencakup syarat fisika, kimia, biologi dan radioaktif. Standar mutu air untuk kebutuhan rumah tangga ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum dan Standar Internasional yang dikeluarkan WHO.

Kualitas air yang digunakan sebagai air minum sebaiknya memenuhi parameter fisika dan kimia.

1. Parameter fisika

a. Warna

Warna pada air disebabkan adanya bahan kimia atau mikroorganisme (plankton) yang terlarut di dalam air. Warna yang disebabkan bahan-bahan kimia disebut *apparet colour* yang berbahaya bagi tubuh manusia. Warna yang disebabkan mikroorganik disebut *true color* yang tidak berbahaya bagi kesehatan . air yang layak dikonsumsi harus jernih dan tidak berwarna ⁹. PEMENKES RI 2010 menyatakan bahwa batas maksimal warna air yang layak minum adalah 15 skala TCU.

⁹ Alwin Panulian, op. cit., h. 34

b. Temperatur

Air yang baik harus memiliki temperature sama dengan temperatur udara (20-26°C). Air yang sangat mencolok mempunyai temperatur diatas atau dibawah temperatur udara, berarti mengandung zat-zat tertentu¹⁰. PEMENKES RI 2010 menyatakan bahwa air yang baik untuk dikonsumsi adalah lebih kurang 3° dari suhu kamar (27°C).

c. Rasa

Air bisa dirasakan lidah. Air yang asam, manis, pahit, atau asin menunjukkan bahwa kualitas air tersebut tidak baik. Rasa asin disebabkan oleh adanya garam tertentu yang larut dalam air, sedangkan rasa asam diakibatkan adanya asam organik¹¹.

d. Bau

Air yang baik memiliki ciri tidak berbau bila dicium dari jauh maupun dekat. Air yang berbau busuk mengandung bahan organik yang sedang mengalami dekomposisi oleh mikroorganisme¹². Air yang berbau selain tidak estesis juga tidak disukai oleh masyarakat. Bau air dapat memberi petunjuk akan kualitas air¹³.

¹⁰ Kusnaedi, *Mengolah Air Kotor Menjadi air Minum*, (Jakarta: Penebar Swadaya. 2010).
h. 9

¹¹ ibid

¹² Kusnaedi, *Mengolah Air Kotor Menjadi air Minum*, (Jakarta: Penebar Swadaya. 2010).
h. 9

¹³ Juli Soemitrat Slamet. *Kesehatan Lingkungan*. (Yogyakarta: UGM Press, 2006), h. 111

2. Parameter Kimia

a. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) adalah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa suatu larutan. Nilai pH juga merupakan suatu cara untuk menyatakan konsentrasi ion H^+ . Air minum mempunyai pH sebesar 7,0 yang menunjukkan keadaan netral absolut. Nilai-nilai yang lebih kecil dari 7,0 menunjukkan air dalam keadaan asam, sedangkan bila lebih besar dari 7,0 menunjukkan keadaan basah. Sebagian besar air minum memiliki pH sekitar 6,0-9,0. Menurut persyaratan kualitas air minum pH air minum adalah 6,5-8,5.¹⁴

b. Kesadahan

Tinggi rendahnya kesadahan air berhubungan dengan garam-garam yang terlarut dalam air terutama Ca dan Mg^+ ¹⁵.

c. Bahan kimia beracun

Air yang berkualitas baik tidak mengandung bahan kimia beracun seperti sulfide dan fenolik.¹⁶

B. Logam

Istilah logam biasanya diberikan kepada semua unsur-unsur kimia dengan ketentuan atau kaedah-kaedah tertentu, baik itu dalam kondisi suhu kamar, bentuk, kekerasan, kepadatan, titik leleh, titik didih dan sifat kimia lainnya. Dalam kehidupan sehari-hari, kita tidak terpisahkan dari benda-benda yang bersifat

¹⁴ Departemen kesehatan, *Dasar Penetapan Dampak Kualitas Air Terhadap Kesehatan Masyarakat*. (Jakarta: Departemen Kesehatan, 1996). h. 31

¹⁵ Kusnaedi. op. cit., h. 17

¹⁶ Kusnaedi. loc. cit

logam. benda ini kita gunakan untuk berbagai macam peralatan dan perlengkapan untuk menunjang aktifitas sehari-hari.

Berdasarkan bentuk dan kemampuannya maka diketahilah sifat logam sebagai berikut:

- a. Memiliki kemampuan yang baik sebagai penghantar listrik (konduktor).
- b. Memiliki kemampuan pengantar panas yang baik.
- c. Memiliki repatan yang tinggi.
- d. Dapat membentukkan Alloy dengan logam lainnya.
- e. Untuk logam yang padat dapat ditempa dan dibentuk.

Setiap unsur logam baik yang berbentuk padat maupun yang cair, akan memberikan ion positif apabila senyawanya dilarutkan dalam air. Hampir 75% dari unsur yang terdapat dalam tabel periodik merupakan unsur logam, kecuali pada golongan VII A dan VIII A. Karakteristik pengelompokan golongan logam sebagai berikut:

- a. Golongan logam alkali.
- b. Golongan logam alkali tanah.
- c. Golongan logam transisi.
- d. Golongan logam mulia.
- e. Golongan logam tanah.
- f. Golongan logam tanah jarang.
- g. Golongan logam lantanida dan aktinida.

Adapun logam yang akan diteliti pada penelitian ini (tembaga, kromium dan timbal) adalah logam golongan alkali.

1. Kromium (Cr)

Kata kromium berasal dari Yunani (*chroma*) yang berarti warna. Dalam kimia kromium dilambangkan dengan Cr. Sebagai salah satu unsur logam berat kromium mempunyai nomor atom (Z) 24 dan mempunyai berat atom (Ba) 51,996. Logam kromium pertama kali ditemukan oleh Vauquelin pada tahun 1797. Satu tahun setelah unsur ini ditemukan, diperoleh cara untuk mendapatkan logam kromium. Kromium murni tidak ditemukan di alam. Logam ini di alam dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lain. Sebagai salah satu mineral, kromium paling banyak ditemukan dalam bentuk *chromite* (FeOCr_2O_3).



Gambar II.1. Bentuk Kromium

Terkadang pada batuan mineral *Chromite* juga ditemukan logam magnesium, aluminium dan senyawa silikat. Logam-logam dan senyawa-senyawa silikat tersebut dalam mineral *Chromite* bukanlah merupakan penyusun pada *chromite* melainkan sebagai pengotor (*impurities*).

Batuan mineral *chromite* yang berkualitas paling baik mempunyai kandungan kromat sebanyak 48% dengan perbandingan antara logam besi dengan logam kromium sebesar 3:1. Untuk mendapatkan konsentrat kromium adalah dengan cara flotasi, dengan menggunakan rantai karbon setelah bijih besi

kromium digerus sampai ukuran 20 micron. Kromium juga dapat membentuk alloy dengan logam-logam lain. Bentuk alloy yang dibuat oleh kromium dengan besi atau disebut juga dengan ferrokromium dihasilkan dengan cara mereduksi bijih-bijih chromite dengan menggunakan bahan karbon dan silikon tungku listrik.

Cara lain mendapatkan logam kromium adalah dengan memanfaatkan reaksi eksotermis. Pada reaksi eksotermis diperlukan reduktan yang memanfaatkan bubuk aluminium. Proses untuk mendapatkan logam kromium dengan cara lainnya lagi adalah dengan elektrolisa larutan amoniumkromium-alum yang diperoleh dari bijih-biji kromium dan ferrokromium. Proses penguraian ini baru bisa mendapatkan logam kromium bila larutan amoniumkromium-alum mengandung karbon tinggi.

Jika unsur karbon yang dimiliki rendah maka logam kromium tidak diperoleh sesuai dengan standarnya.

Berdasarkan pada sifat-sifat kimianya logam kromium dalam persenyawaannya mempunyai bilangan oksidasi 2^+ , 3^+ dan 6^+ . Logam ini tidak dapat teroksidasi oleh udara yang lembab dan bahkan pada proses pemanasan cairan kromium teroksidasi dalam jumlah yang sangat sedikit. Kromium merupakan logam yang sangat mudah bereaksi. Logam ini secara langsung dapat bereaksi dengan nitrogen, karbon, silika dan boron.

Sesuai dengan tingkat valensinya logam kromium mempunyai sifat-sifat yang berbeda dengan senyawanya sesuai dengan tingkat ionitasnya. Senyawa yang terbentuk dari ion Cr^{2+} akan bersifat basa, senyawa yang terbentuk dari logam Cr^{3+} akan bersifat amfoter dan senyawa yang terbentuk dari ion Cr^{6+} akan

bersifat asam. Disamping semua itu, senyawa-senyawa yang terbentuk dari ion kromium mempunyai kemiripan sifat dengan senyawa-senyawa dari ion logam lainnya sebagai contoh ion Cr^{2+} mempunyai sifat yang sangat mirip dengan ion Fe^{2+} .

Kromium telah dimanfaatkan secara luas dalam kehidupan manusia. Logam ini banyak digunakan bahan pelapis (pelatin) pada bermacam-macam peralatan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai kemobil. Kromium juga banya dibentuk untuk menjadi alloy yang mempunyai fungsi sebagai pembuatan baja anti karat apabila kromium bersenyawa dengan besi (Cr-Fe) dan kawat-kawat tahan listrik. Apabila kromium membentuk alloy dengan nikel dan besi (Cr-Ni-Fe) atau dikenal juga dengan austenitic dan alloy yang dibentuk dari logam-logam kromium, mangan dan besi (Cr-Mn-Fe) juga banyak digunakan untuk pembuatan baja anti karat karena alloy dari logam ini merupakan baja yang tahan terhadap korosi oleh udara lembab, asam dan juga tahan terhadap temperatur tinggi.

Alloy yang dibentuk dari logam kromium dengan nikel (Cr-Ni) dengan perbandingan komposisi pemakaian logam Cr antara 15% sampai dengan 28% sedangkan nikel antara 5% sampai dengan 78% merupakan alloy yang tahan terhadap temperatur yang sangat tinggi. Untuk mendapatkan kegunaan dan sifat yang khusus, alloy ini dapat diaplikasikan dengan penambahan logam lain perpaduan antara alloy Cr-Ni dengan logam Fe, Ti, Nb, Co, Cu, Mo dan W.

Alloy-alloy yang dibentuk oleh logam kromium dengan logam molibdinum (Cr-Mo) disebut juga dengan stellite yang banyak digunakan sebagai

alat pemotong. Dalam perindustrian persenyawaan kromium yang sering digunakan adalah senyawa-senyawa kromat dan dikromat dalam berbagai bidang seperti litografi, tekstil, penyamakan, pencelupan, fotografi, zat warna, sebagai bahan peledak dan sebagai geretan (korek api) serta masih banyak lagi kegunaan lainnya.

a. Kromium dalam sistem organisme

Logam kromium dapat masuk kedalam semua strata lingkungan baik perairan tanah maupun udara. Kromium yang masuk kedalam strata lingkungan dapat datang dari bermacam-macam sumber. Tetapi sumber-sumber masuknya logam kromium ke dalam strata lingkungan yang umum dan diduga paling banyak adalah dari kegiatan perindustrian, rumah tangga, dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar. Sumber utama dari masuknya kromium ke lapisan udara dalam suatu strata lingkungan adalah dari pembakaran dan mobilitas batu bara dan minyak bumi. Kromium di dalam udara ditemukan dalam bentuk partikel debu dan atau partikulat-partikulat.

Debu-debu atau partikulat kromium yang ada di udara dapat masuk kedalam tubuh hewan dan manusia ketika berlangsungnya kegiatan respirasi (bernafasan). Partikulat atau debu kromium yang terhirup oleh manusia lewat rongga hidung, mengikuti jalur-jalur respirasi sampai ke paru-paru kemudian akan berikatan dengan darah di paru-paru sebelum dibawa darah keseluruh tubuh.

Dalam badan perairan kromium dapat masuk melalui dua cara yaitu secara alamiah dan non alamiah. Secara alamiah Cr masuk dengan faktor fisika seperti

erosi batuan mineral. Disamping itu, di udara di bawa turun oleh air hujan. Sedangkan secara non alamiah lebih kepada dampak atau efek dari aktivitas yang dilakukan manusia seperti limbah atau buangan industri dan sampah rumah tangga.

Proses kimia dalam perairan yang melibatkan logam kromium dapat mengakibatkan pengendapan dan sedimentasi logam kromium didasar perairan dan juga mengakibatkan terjadinya reduksi dari senyawa-senyawa Cr yang sangat beracun dan mempunyai sifat asam.

b. Keracunan Kromium (Cr)

Kromium termasuk dalam logam berat yang mempunyai daya racun yang sangat tinggi ini terlihat dari valensi ion-ionnya. Sifat racun yang dibawa oleh logam ini juga akan menyebabkan terjadinya keracunan akut dan kronis. Dalam sebuah percobaan senyawa kromium yang dimasukkan kedalam tubuh hewan dengan dosis yang berbeda dan perlakuan yang berbeda menunjukkan hasil berupa efek keracunan dalam lingkungan subkulit pada jaringan kulit.

Senyawa kromat yang bentuk melalui persenyawaan kalsium, timbal dan seng yang tidak dapat larut dapat mengakibatkan kematian pada tikus percobaan dengan dosis 30 mg/kg. Keracunan akut yang disebabkan oleh senyawa $K_2Cr_2O_7$ pada manusia ditandai dengan kecendrungan terjadinya pembengkakan pada hati. Tingkat keracunan Cr pada manusia dapat diukur pada kadar urin, kristal asam kromat yang sering digunakan sebagai obat untuk kulit.

Data mengenai keracunan kronis senyawa kromium disebabkan oleh terpaparnya senyawa $Cr_2O(CO_3)_2$ dalam tubuh. Tingkat kematian tinggi pada

dosis kromium rendah biasanya terjadi karena perlakuan zat warna yang mengandung kromium daya racun lebih ditentukan oleh masing-masing individu dalam menetralkan bahan racun yang masuk ke dalam tubuh. Salah satu akibat fatal dari terpaparnya logam kromium pada tubuh manusia terutama pada sistem pernapasan adalah mengakibatkan kanker paru-paru.

2. Timbal (Pb)

Timbal atau dalam kehidupan sehari-hari lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum dan disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk dalam golongan IV A pada tabel periodik unsur kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atom (BA) 207,2. Penyebaran logam timbal di bumi sangat sedikit. Jumlah timbal yang terdapat diseluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002% dari jumlah kerak bumi.



Gambar II.2. Bentuk Timbal

Jumlah ini sangatlah sedikit jika dibandingkan dengan jumlah kandungan logam berat lainnya yang terdapat di permukaan bumi. Di alam sendiri terdapat 4 macam isotop timbal yaitu :

1. Timbal 204 atau Pb^{204} , diperkirakan berjumlah sebesar 1,48% dari seluruh isotop timbal.

2. Timbal 206 atau Pb^{206} , diperkirakan berjumlah sebesar 23,6 % dari seluruh isotop timbal yang terdapat di alam.
3. Timbal 207 atau Pb^{207} , diperkirakan berjumlah sebesar 22,6% dari seluruh isotop timbal yang terdapat di alam
4. Timbal 208 atau Pb^{208} , diperkirakan berjumlah sebesar 52,32% dari seluruh isotop timbal yang terdapat di alam.

Isotop-isotop timbal tersebut merupakan hasil akhir dari peluruhan unsur-unsur radioaktif alam. Timbal 206 merupakan hasil akhir peluruhan dari unsur radioaktif *uranium* (U). Timbal 207 berasal dari peluruhan unsur radioaktif *actinium* (Ac), dan timbal 208 adalah hasil akhir dari peluruh unsur radioaktif adalah hasil akhir dari peluruhan radioaktif *thorium* (Th). Melalui proses-proses geologi, timbal terkonsentrasi dalam deposit seperti bijih logam. Persenyawaan bijih logam timbal ditemukan dalam bentuk galena (PbS), anglesit ($PbSO_4$) dan dalam bentuk minim (Pb_3O_4).

Boleh dikatakan bahwa timbal tidak pernah ditemukan dalam bentuk logam murni. Bijih-bijih logam ini bergabung dengan logam-logam lainnya seperti perak (Ag), seng (Zn), arsen (Ar), stibi (Sb) dan bismut (Bi). Bijih-bijih timbal dihasilkan dari pertambangan di beberapa negara seperti Amerika Serikat, Uni Soviet, Kanada, Australia, Peru, Meksiko, Yugoslavia, Korea, Cina dan Maroko. Logam timbal atau Pb mempunyai sifat-sifat yang khusus seperti berikut:

1. Merupakan logam lunak, sehingga dapat dipotong menggunakan alat potong biasa seperti pisau atau dengan tangan serta dapat di bentuk dengan mudah.

2. Merupakan logam yang dapat tahan dari korosi atau karat, sehingga sering digunakan sebagai bahan *coating*.
3. Mempunyai titik lebur yang rendah, yaitu sekita 327,5°C.
4. Mempunyai kerapatan yang besar dibandingkan dengan logam lainnya, kecuali emas dan merkuri.
5. Merupakan penghantar listrik yang tidak baik.

Timbal dan perseyawaannya banyak digunakan dalam berbagai bidang. Dalam industri baterai, timbal digunakan sebagai *grid* yang merupakan alloy (suatu persenyawaan) dengan logam bismut (Pb-Bi) biasanya dengan perbandingan 93:7.

Timbal oksida (PbO_4) dan logam timbal dalam industri batrai digunakan sebagai bahan aktif dalam pengaliran arus elektron. Kemampuan timbal membentuk alloy dengan banyak logam lain telah dimanfaatkan untuk meningkatkan sifat metalurgi dari logam ini dalam penerapan yang sangat luas. Alloy Pb mengandung 1% stibium (Sb), 0,1% Sn dan 0,1% Bi, banyak digunakan untuk kabel listrik.

Disamping itu bentuk-bentuk alloy Pb lainnya, juga banyak digunakan dalam konstruksi pabrik-pabrik kimia, kontainer dan alat-alat lainnya. Penggunaan alloy Pb ini lebih disebabkan karena kemampuannya yang sangat tinggi untuk tidak mengalami korosi. Kemampuan Pb untuk berikatan dengan atom nitrogen (N) untuk membentuk senyawa azida. Senyawa ini merupakan suatu jenis senyawa yang mempunyai kemampuan ledakan dengan pancaran energi

yang sangat besar. Karena itu, senyawa ini azida banyak digunakan sebagai detonator (bahan peledak).

1. Pb di dalam air dan makanan

Pb dan persenyawaannya dapat berada di dalam perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia. Secara alamiah, Pb dapat masuk ke dalam perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Disamping itu, proses korosifikasi batuan dan batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin, juga merupakan salah satu jalur sumber Pb masuk ke dalam perairan. Pb masuk ke dalam perairan sebagai dampak dari aktivitas kehidupan manusia ada bermacam bentuk. Diantaranya adalah air buangan limbah dari industri yang berkaitan dengan Pb, air buangan limbah dari pertambangan bijih timah hitam dan sisa air dari industri baterai. Air buangan-buangan tersebut akan jatuh pada jalur-jalur perairan seperti anak-anak sungai untuk kemudian akan dihanyutkan menuju lautan. Umumnya jalur buangan dari sisa perindustrian yang akan menggunakan Pb akan merusak tata lingkungan yang di masukinya yang akan secara otomatis menyebabkan sungai dan alirannya tercemar.

Senyawa Pb yang ada di dalam perairan dapat ditemukan dalam bentuk *ion-ion divalen* dan *ion-ion tetravalen* (Pb^{+2} dan Pb^{+4}). Ion Pb divalen (Pb^{+2}) digolongkan ke dalam kelompok ion logam kelas antara, sedangkan ion Pb tetravalen (Pb^{+4}) digolongkan pada kelompok ion logam kelas B. Penggolongan ion-ion logam Richardson. Bila didasarkan pada penggolongan ion-ion logam Richardson itu, ion Pb tetravalen mempunyai daya racun yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan ion Pb divalen. Akan tetapi dari beberapa penelitian

menunjukkan bahwa ion Pb divalen lebih berbahaya dibandingkan dengan ion Pb tetravalen.

Perairan yang telah tercemar oleh senyawa atau ion Pb, sehingga jumlah Pb yang ada dalam perairan melebihi konsentrasi yang semestinya, dapat mengakibatkan kematian bagi biota perairan tersebut. Konsentrasi Pb yang mencapai 188 mg/l, dapat membunuh ikan-ikan. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan pada tahun 1979 oleh Murphy.P.M., Inst of Scirnce and Technology Publication, Univ, of Wales, di ketahui bahwa biota-biota perairan seperti *Crustacea* akan mengalami kematian setelah 245 jam, bila pada perairan biota itu berada terlarut Pb pada konsentrasi 2,75-49 mg/l. Sedangkan biota perairan lainnya, yang dikelompokkan dalam golongan *insecta* akan mengalami kematian dalam rentang waktu lebih panjang, yaitu 168 sampai dengan 336 jam, bila perairan mereka tercemar Pb pada konsentrasi 3,5 – 64 mg/l.

Dalam air minum juga dapat ditemukan senyawa Pb bila air tersebut disimpan atau dialirkan melalu pipa-pipa yang merupakan bahan alloy dari logam Pb. Konsetrasi air oleh logam Pb ini pernah melanda daratan Eropa. Hal itu terjadi karena pipa aliran minum PDAM setempat mengandung logam Pb. Minuman keras seperti *Wiskey* juga ditemukan logam Pb, penyebabnya adalah tutup minuman tersebut terbuat dari bahan alloy Pb yang menjadi sumber kontaminasi. Selain kontaminasi pada minuman, Pb juga ditemukan pada makana olahan atau makanan kalengan. Makanan yang telah diasamkan dapat melarutkan Pb dari wadah atau alat-alat pengolahannya. Beberapa studi terbatas juga menemukan pada daun-daunan dari beberapa jenis tumbuhan.

2. Keracunan logam Pb

Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam Pb dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam Pb ke dalam tubuh. Proses masuknya Pb ke dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur, yaitu melalui makanan dan minuman, idara dan perembesan atau penetrasi pada selaput lapisan atau lapisan kulit. Bentuk-bentuk kimia senyawa-senyawa Pb, merupakan faktor yang mempengaruhi tingkah laku Pb dalam tubuh manusia. Senyawa-senyawa Pb organik relatif mudah untuk diserap tubuh melalui selaput lendir atau melalui lapisan kulit, bila dibandingkan dengan senyawa-senyawa Pb anorganik.

Namun hal itu bukan berarti semua senyawa Pb dapat diserap oleh tubuh, melainkan hanya 5–10% dari jumlah Pb yang masuk melalui makanan dan atau sebesar 30% dari jumlah Pb yang terhirup yang akan diserap oleh tubuh. Dari jumlah yang terserap itu, hanya 15% yang akan mengendap pada jaringan tubuh dan sisanya akan terbuang bersama bahan sisa metabolisme seperti *urien* dan *faeces*.

Sebagian besar dari Pb yang terhirup pada saat bernafas akan masuk ke dalam pembuluh darah paru-paru. Tingkat penyerapan itu sangat dipengaruhi dengan oleh ukuran partikel dari senyawa Pb yang ada dan volume udara yang mampu dihirup pada saat peristiwa bernafas berlangsung. Makin kecil partikel debu, maka akan semakin besar pula konsentrasi yang akan diserap oleh tubuh. Logam Pb yang masuk ke paru-paru saat bernafas secara otomatis akan terserap dan berikatan dengan darah paru-paru untuk kemudian akan diedarkan keseluruh

tubuh. Lebih dari 90% logam Pb yang terserap oleh darah akan berikatan dengan sel-sel darah merah.

Pada jaringan dan organ tubuh, logam Pb akan terakumulasi dengan tulang, karena logam ini dalam bentuk ion Pb^{+2} mampu menggantikan keberadaan kalsium dalam bentuk ion Ca^{+2} yang terdapat dalam jaringan tulang. Disamping itu, pada wanita hamil logam Pb dapat melewati plasenta dan kemudian akan ikut masuk dalam sistem peredaran darah janin dan selanjutnya setelah bayi lahir, Pb akan keluar bersama ASI.

Senyawa Pb organik umumnya masuk ke dalam tubuh melalui jalur pernafasan atau penetresi melewati kulit. Penyerapan lewat kulit dapat terjadi karena senyawa ini terdapat pada lemak dan minyak. Senyawa tetrametil-Pb, dapat menyebabkan keracunan akut pada sistem syaraf, meskipun proses keracunan tersebut berlangsung dalam waktu yang cukup panjang dengan penyerapan yang kecil.

Pada pengamatan yang dilakukan terhadap para pekerja yang menangani senyawa Pb, tidak ditemukan keracunan kronis yang berat. Gejala keracunan kronis ringan yang ditemukan hanyalah insomnia dan beberapa gangguan tidur lainnya. Sedangkan gejala pada kasus keracunan akut ringan adalah menurunnya tekanan darah dan berat badan. Keracunan akut yang sangat berat dapat mengakibatkan koma bahkan kematian. Meskipun jumlah Pb yang diserap oleh tubuh hanya dalam jumlah yang relatif sedikit, namun logam ini ternyata sanga

berbahaya. Hal ini disebabkan karena senyawa-senyawa Pb adalah toksik bagi fungsi dan sistem organ dalam tubuh manusia.¹⁷

C. Spektrofotometri Serapan Atom

1. Teori Spektrofotometri Serapan Atom

Prinsip dasar spektrofotometri serapan atom adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. Spektrofotometri serapan atom merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini adalah teknik yang paling umum dipakai untuk analisis unsur. Teknik-teknik ini didasarkan pada emisi dan absorpsi dari uap atom. Komponen kunci pada metode spektrofotometri Serapan Atom adalah sistem (alat) yang dipakai untuk menghasilkan uap atom dalam sampel.



Gambar II.3. Spektrofotometer serapan atom

Cara kerja Spektroskopi Serapan Atom ini adalah berdasarkan penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung didalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur

¹⁷ Darmono, *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. (Jakarta, UI-Press;1995)

yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya¹⁸.

Jika radiasi elektromagnetik dikenakan kepada suatu atom, maka akan terjadi eksitasi elektron dari tingkat dasar ke tingkat tereksitasi. Maka setiap panjang gelombang memiliki energi yang spesifik untuk dapat tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi.¹⁹ Besarnya energi dari tiap panjang gelombang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan²⁰ :

$$E = h \cdot \frac{C}{\lambda}$$

Dimana:

E = Energi (Joule)

h = Tetapan Planck ($6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s)

C = Kecepatan Cahaya ($3 \cdot 10^8$ m/s), dan

λ = Panjang gelombang (nm)

Larutan sampel diaspirasikan ke suatu nyala dan unsur-unsur dalam sampel diubah menjadi uap atom sehingga nyala mengandung atom unsur-unsur yang dianalisis. Beberapa diantara atom akan tereksitasi secara termal oleh nyala, tetapi kebanyakan atom tetap tinggal sebagai atom netral dalam keadaan dasar (*ground state*). Atom-atom *ground state* ini kemudian menyerap radiasi yang diberikan oleh sumber radiasi yang terbuat oleh unsur-unsur yang bersangkutan. Panjang gelombang yang dihasilkan oleh sumber radiasi adalah sama dengan

¹⁸ Darmono, *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*, (Jakarta: UI-Press, 1995). h. 153

¹⁹ Khopkar, S.M, *Konsep Dasar Kimia Analitik* edisi kedua. (Jakarta: UI-Press, 1990). h. 280

²⁰ Sumardi. *Metode Kimia Instrumental dan Aplikasinya* (Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Kimia Terapan, 1996), h. 2

panjang gelombang yang diabsorpsi oleh atom dalam nyala. Absorpsi ini mengikuti hukum Lambert-Beer, yaitu absorbansi berbanding lurus dengan panjang nyala yang dilalui sinar dan konsentrasi uap atom dalam nyala. Kedua variabel ini sulit untuk ditentukan tetapi panjang nyala dapat dibuat konstan sehingga absorbansi hanya berbanding langsung dengan konsentrasi analit dalam larutan sampel. Teknik-teknik analisisnya yaitu kurva kalibrasi, standar tunggal dan kurva adisi standar. Aspek kuantitatif dari metode spektrofotometri diterangkan oleh hukum Lambert-Beer, yaitu:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c \text{ atau } A = a \cdot b \cdot c$$

Dimana :

A = Absorbansi

ϵ = Absorptivitas molar (mol/L)

a = Absorptivitas (gr/L)

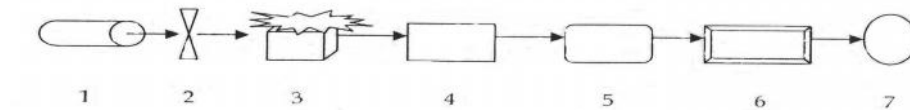
b = Tebal nyala (nm)

c = Konsentrasi (ppm)

Absorpsivitas molar (ϵ) dan absorpsivitas (a) adalah suatu konstanta dan nilainya spesifik untuk jenis zat dan panjang gelombang tertentu, sedangkan tebal media (sel) dalam prakteknya tetap. Dengan demikian absorbansi suatu spesies akan merupakan fungsi linier dari konsentrasi, sehingga dengan mengukur absorbansi suatu spesies konsentrasinya dapat ditentukan dengan membandingkannya dengan konsentrasi larutan standar.

2. Instrumentasi Spektrofotometri Serapan Atom

Alat spektrofotometer serapan atom terdiri dari rangkaian dalam diagram skematik berikut:



Gambar II.4. Diagram Spektrofotometer Serapan Atom atau SSA.

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

3. Komponen-Komponen Spektrofotometri Serapan Atom

a. Sumber sinar

Sumber sinar yang lazim dipakai adalah lampu katoda berongga (*hallow cathode lamp*). Lampu ini terdiri dari atas tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda. Katoda sendiri berbentuk silinder berongga yang terbuat dari logam atau dilapisi dengan logam tertentu. Tabung logam ini diisi dengan gas mulia (neon atau argon) dengan tekanan rendah (10-15 torr).²¹ Dengan pemberian

²¹ Ibnu Gholib Gandjar dan Abdul Rohman, *Kimia Farmasi Analisis* (Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2008), h. 305.

tegangan pada arus tertentu, logam mulai memijar, dan atom-atom logam katodanya akan teruapkan dengan pemercikan. Atom akan kemudian mengemisikan radiasi pada panjang gelombang-panjang gelombang tertentu.

Lampu *hollow cathode* yang dibuat dari bermacam unsur sekarang sudah tersedia. Lampu tersebut memudahkan pekerjaan karena tidak perlu lagi menukar lampu. Misalkan saja : (Ca, Mg, Al); (Fe, Cu, Mn); (Cu, Zn, Pb, Sn) dan (Cr, Co, Cu, Fe, Mn serta Ni), dikenal sebagai *hollow cathode* multi unsur.²²

Sumber radiasi lain yang sering dipakai adalah "*Electrodless Discharge Lamp*" lampu ini mempunyai prinsip kerja hampir sama dengan *Hallow 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.²³

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

²² Khopkar, S.M., op. cit., h. 280-281.

²³ Vina Azis, *Analisis Kandungan Sn, Zn, dan Pb dalam Susu Kental Manis Kemasan Kaleng Secara Spektrofotometri Serapan Atom*, Skripsi Sarjana. (Jogjakarta: Jurusan Ilmu Kimia FMIPA UII). h. 24.

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 untuk kebanyakan analit dapat ditentukan dengan menggunakan metode-metode emisi, absorpsi dan juga fluoresensi.

1. Nyala udara asetilen

Biasanya menjadi pilihan untuk analisis menggunakan SSA. Temperatur nyala nya yang lebih rendah mendorong terbentuknya atom netral dan dengan nyala yang kaya bahan bakar pembentukan oksida dari banyak unsur dapat diminimalkan.

2. Nitrous oksida-asetilen

Dianjurkan dipakai 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. Prinsip dari SSA, larutan sampel diaspirasikan ke suatu nyala dan unsur-unsur di dalam sampel diubah menjadi uap atom sehingga nyala mengandung atom unsur-unsur yang dianalisis. Beberapa diantara atom akan tereksitasi secara termal oleh nyala, tetapi kebanyakan atom tetap tinggal sebagai atom netral dalam keadaan dasar (*ground state*). Atom-atom *ground state* ini kemudian menyerap radiasi yang diberikan oleh sumber radiasi yang terbuat dari unsur-unsur yang bersangkutan. Panjang gelombang

yang dihasilkan oleh sumber radiasi adalah sama dengan panjang gelombang yang diabsorpsi oleh atom dalam nyala.

c. Monokromator

Pada SSA, monokromator dimaksudkan untuk memisahkan dan memilah panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Disamping sistem optik, dalam monokromator juga terdapat suatu alat yang digunakan untuk memisahkan radiasi resonansi dan kontinyu yang disebut dengan *chopper*.

d. Amplifier

Fungsi amplifier untuk system pengolah berfungsi untuk mengolah kuat arus dari detector menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya diubah menjadi data dalam system pembacaan.

e. Detektor

Detector merupakan alat yang mengubah energy cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan suatu sinyal listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka.

f. Sistem pembacaan

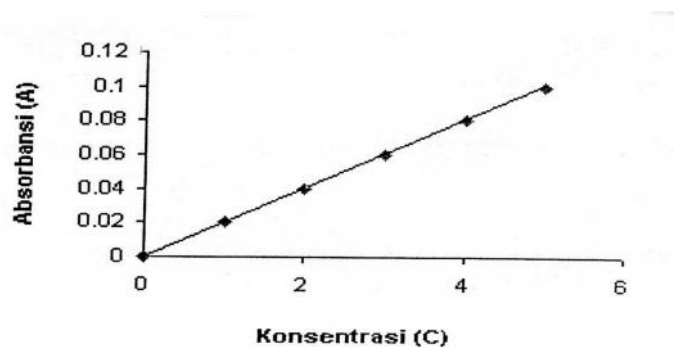
Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar yang dapat dibaca oleh mata.

4. Teknik-teknik Analisis

Dalam analisa secara spektrometri teknik yang biasa dipergunakan antara lain:

a. Metode kurva kalibrasi

Dalam metode kurva kalibrasi ini, dibuat seri larutan standard dengan berbagai konsentrasi dan absorbansi dari larutan tersebut diukur dengan SSA. Selanjutnya membuat grafik antara konsentrasi (C) dengan Absorbansi (A) yang akan merupakan garis lurus melewati titik nol dengan slope = $\frac{A}{C}$ atau slope = a.b, konsentrasi larutan sampel diukur dan diinterpolasi ke dalam kurva kalibrasi atau di masukkan ke dalam persamaan regresi linear pada kurva kalibrasi seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar II.5 Kurva kalibrasi

b. Metode standar tunggal

Metode ini sangat praktis karena hanya menggunakan satu larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya (C_{std}). Selanjutnya absorpsi larutan standard (A_{std}) dan absorpsi larutan sampel (A_{smp}) diukur dengan spektrofotometri.

Dari hukum Beer diperoleh:

$$A_{\text{std}} = \epsilon \cdot B \cdot C_{\text{std}}$$

$$A_{\text{smp}} = \epsilon \cdot B \cdot C_{\text{smp}}$$

$$\epsilon \cdot B = A_{\text{std}}/C_{\text{std}}$$

$$\epsilon \cdot B = A_{\text{smp}}/C_{\text{smp}}$$

Sehingga:

$$A_{\text{std}}/C_{\text{std}} = A_{\text{smp}}/C_{\text{smp}}$$

$$C_{\text{smp}} = (A_{\text{smp}}/A_{\text{std}}) \cdot C_{\text{std}}$$

Dengan mengukur absorbansi larutan sampel dan standard, konsentrasi larutan sampel dapat dihitung.

c. Metode adisi standar

Metode ini dipakai secara luas karena mampu meminimalkan kesalahan yang disebabkan oleh perbedaan kondisi lingkungan (matriks) sampel dan standard. Dalam metode ini dua atau lebih sejumlah volume tertentu dari sampel dipindahkan ke dalam labu takar. Satu larutan diencerkan sampai volume tertentu, kemudian diukur absorbansinya tanpa ditambah dengan zat standard, sedangkan larutan yang lain sebelum diukur absorbansinya ditambah terlebih dulu dengan sejumlah tertentu larutan standard dan diencerkan seperti pada larutan yang pertama. Menurut hukum Beer akan berlaku hal-hal berikut:

$$A_x = k \cdot C_x;$$

$$A_T = k(C_s + C_x)$$

Keterangan,

C_x = konsentrasi zat sampel

C_s = konsentrasi zat standar yang ditambahkan ke larutan sampel

A_x = Absorbansi zat sampel (tanpa penambahan zat standar)

A_T = Absorbansi zat sampel + zat standar

Jika kedua persamaan di atas digabung, akan diperoleh:

$$C_x = C_s \times \{A_x / (A_T - A_x)\}$$

Konsentrasi zat dalam sampel (C_x) dapat dihitung dengan mengukur A_x dan A_T dengan spektrofotometer. Jika dibuat suatu seri penambahan zat standar dapat pula dibuat suatu grafik antara A_T lawan C_s , garis lurus yang diperoleh diekstrapolasi ke $A_T = 0$, sehingga diperoleh:

$$C_x = C_s \times \{A_x / (0 - A_x)\} ; C_x = C_s \times (A_x / -A_x)$$

5. Gangguan dalam Spektrofotometri Serapan Atom

Berbagai faktor dapat mempengaruhi pancaran nyala suatu unsur tertentu dan menyebabkan gangguan pada penetapan konsentrasi unsur.

a. Gangguan akibat pembentukan senyawa refraktori

Gangguan ini dapat diakibatkan oleh reaksi antara analit dengan senyawa kimia, biasanya anion, yang ada dalam larutan sampel sehingga terbentuk senyawa yang tahan panas (*refractory*). Sebagai contoh fosfat akan bereaksi dengan kalsium dalam nyala menghasilkan pirofosfat ($\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$). Hal ini menyebabkan absorpsi ataupun emisi atom kalsium dalam nyala menjadi berkurang. Gangguan ini dapat diatasi dengan menambahkan stronsium klorida atau lanthanum nitrat ke dalam larutan. Kedua logam ini mudah bereaksi dengan fosfat dibanding dengan kalsium sehingga reaksi antara kalsium dengan fosfat dapat dicegah atau diminimalkan. Gangguan ini dapat juga dihindari dengan menambahkan EDTA berlebih. EDTA akan membentuk kompleks kelat dengan kalsium, sehingga pembentukan senyawa refraktori dengan fosfat dapat dihindarkan. Selanjutnya kompleks Ca-EDTA akan terdisosiasi dalam nyala

menjadi atom netral Ca yang menyerap sinar. Gangguan yang lebih serius terjadi apabila unsur-unsur seperti: Al, Ti, Mo, V dan lain-lain bereaksi dengan O dan OH dalam nyala menghasilkan logam oksida dan hidroksida yang tahan panas. Gangguan ini hanya dapat diatasi dengan menaikkan temperatur nyala, sehingga nyala yang umum digunakan dalam kasus semacam ini adalah *nitrous oksida-asetilen*. Selain itu, gangguan ini dapat dihindarkan dengan memvariasikan temperatur dan rasio bahan bakar oksidan dalam nyala.

b. Gangguan ionisasi

Gangguan ionisasi ini biasa terjadi pada unsur-unsur alkali tanah dan beberapa unsur yang lain. Karena unsur-unsur tersebut mudah terionisasi dalam nyala. Dalam analisis dengan SSA yang diukur adalah emisi dan serapan atom yang tak terionisasi. Oleh sebab itu, dengan adanya atom-atom yang terionisasi dalam nyala akan mengakibatkan sinyal yang ditangkap detektor menjadi berkurang. Namun demikian gangguan ini bukan gangguan yang sifatnya serius, karena hanya sensitivitas dan linearitasnya saja yang terganggu. Gangguan ini dapat diatasi dengan menambahkan unsur-unsur yang mudah terionisasi ke dalam sampel sehingga akan menahan proses ionisasi dari unsur yang dianalisis.

c. Gangguan fisik alat

Gangguan fisik adalah semua parameter yang dapat mempengaruhi kecepatan sampel sampai ke nyala dan sempurnanya atomisasi. Parameter-parameter tersebut adalah kecepatan alir gas, berubahnya viskositas sampel akibat temperatur nyala. Gangguan ini biasanya dikompensasi dengan lebih sering membuat kalibrasi atau standarisasi.

