

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air**

Air merupakan suatu sarana utama untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat, karena air merupakan salah satu media dari berbagai macam penularan penyakit, terutama penyakit perut. Supaya air masuk kedalam tubuh manusia baik berupa minuman ataupun makanan tidak menyebabkan atau membawa bibit penyakit, maka pengolahan air baik berasal dari sumber, jaringan transmisi atau distribusi sangat perlu dilakukan (Sutrisno, 2006: 3).

##### **1. Pencemaran Air**

Pencemaran air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Air yang tersebar di alam tidak pernah terdapat dalam bentuk murni, tetapi bukan berarti semua air sudah terpolusi. Air permukaan dan air sumur biasanya mengandung bahan-bahan metal terlarut seperti Na, Mg, Ca dan Fe. Air yang mengandung komponen-komponen tersebut dalam jumlah tinggi disebut air sadah (Fardiaz, 1992: 19).

Dalam PP No. 82 tahun 2001 tentang Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air didefinisikan sebagai : “pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya”. Definisi pencemaran air tersebut dapat diuraikan sesuai makna pokoknya menjadi 3 (tiga) aspek, yaitu aspek kejadian, aspek penyebab atau pelaku dan aspek akibat. Aspek pelaku atau penyebab dapat disebabkan oleh alam, atau oleh manusia. Pencemaran yang disebabkan oleh alam tidak dapat berimplikasi hukum, tetapi pemerintah tetap harus menanggulangi pencemaran tersebut. Sedangkan aspek akibat dapat dilihat berdasarkan penurunan kualitas air sampai ke tingkat tertentu. Pengertian tingkat tertentu dalam definisi tersebut adalah tingkat kualitas air yang menjadi batas antara tingkat tak-cemar (tingkat kualitas air belum sampai batas) dan tingkat cemar (kualitas air yang telah sampai ke batas atau melewati batas) (Warlina, 2004: 5).

## 2. Standar Kualitas Air

Standar kualitas air minum dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, antara lain : (Sutrisno, 2006: 26).

### A. Standar kualitas fisik air minum

Dalam standar persyaratan fisik air minum tampak adanya lima unsur persyaratan, meliputi suhu, warna, bau, rasa dan kekeruhan.

- Suhu

Temperatur dari air akan mempengaruhi penerimaan (acceptance) masyarakat akan air tersebut dan dapat pula mempengaruhi reaksi kimia dalam pengolahan, terutama apabila temperatur tersebut sangat tinggi. Temperatur yang diinginkan adalah 50°F - 60°F atau 10°C - 15°C, tetapi iklim setempat, kedalaman pipa-pipa saluran air, dan jenis dari sumber-sumber air akan mempengaruhi temperatur ini. Disamping itu, temperatur pada air mempengaruhi secara langsung toksisitas banyak bahan kimia pencemar, pertumbuhan mikroorganisme dan virus (Sutrisno, 2006: 27).

- Warna

Intensitas warna dalam air diukur dengan satuan unit warna standar, yang dihasilkan oleh 1 mg/L platina (sebagai K<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>). Standar yang ditetapkan oleh Public Health Service (Pelayanan Kesehatan Masyarakat) Amerika Serikat untuk intensitas warna dalam air minum adalah 20 unit dengan skala Pt-Co. Standar ini lebih rendah dari pada standar yang ditetapkan oleh standar Internasional dari WHO maupun standar nasional Indonesia yang besarnya 5-50 unit (Sutrisno, 2006: 29).

- Bau dan Rasa

Bau dan rasa biasanya terjadi bersama-sama dan biasanya disebabkan oleh adanya bahan-bahan organik yang membusuk, tipe-tipe tertentu organisme mikroskopik, serta persenyawaan-persenyawaan kimia seperti fenol. Bahan-bahan yang menyebabkan bau dan rasa ini berasal dari berbagai sumber. Intensitas bau dan rasa dapat meningkat, bila terhadap air dilakukan klorinasi. Standar

persyaratan kualitas air minum yang menyangkut bau dan rasa ini baik yang ditetapkan oleh WHO maupun Public Health Service (Pelayanan Kesehatan Masyarakat) Amerika Serikat yang menyatakan bahwa dalam air minum tidak boleh terdapat bau dan rasa yang tidak diinginkan (Sutrisno, 2006: 30).

- **Kekeruhan**

Air dikatakan keruh apabila air tersebut mengandung begitu banyak partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna/rupa yang berlumpur dan kotor. Kekeruhan tidak menjadi sifat dari air yang membahayakan, tetapi ia menjadi tidak disenangi karena rupanya. Standar yang ditetapkan oleh Public Health Service (Pelayanan Kesehatan Masyarakat) Amerika Serikat mengenai kekeruhan ini adalah batas maksimal 10 ppm dengan skala silikat, tetapi dalam praktek angka standar ini umumnya tidak memuaskan. Kebanyakan bangunan pengolahan air yang modern menghasilkan air dengan kekeruhan 1 ppm atau kurang (Sutrisno, 2006: 30).

#### B. Standar kualitas kimia air minum

Dari daftar standar kualitas air minum dapat dilihat adanya unsur-unsur yang tercantum dalam standar kualitas kimia dari pada air minum dalam peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416 tahun 1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air. Beberapa diantara unsur tersebut tidak dikehendaki kehadirannya pada air minum, oleh karena merupakan zat kimia yang bersifat racun, dapat merusak perpipaan, ataupun karena sebagai penyebab bau/rasa yang mengganggu estetika. Bahan-bahan tersebut adalah: nitrit, sulfida, ammonia dan CO<sub>2</sub> agresif. Beberapa unsur meskipun dapat bersifat racun masih dapat ditolerir kehadirannya dalam air minum asalkan tidak melebihi konsentrasi yang ditetapkan. Unsur atau bahan-bahan tersebut adalah fenolik, arsen, selenium, kromium, sianida, kadmium, timbal, dan air raksa (Sutrisno, 2004: 32).

#### 3. Polutan Air

Ciri-ciri air yang mengalami polusi sangat bervariasi tergantung dari jenis air dan polutannya atau komponen yang mengakibatkan polusi. Sebagai contoh

air minum yang terpolusi mungkin rasanya akan berubah meskipun baunya mungkin sukar dideteksi, bau yang menyengat mungkin akan timbul pada pantai laut, sungai dan danau yang terpolusi, kehidupan hewan air akan berkurang pada air sungai yang terpolusi berat atau minyak yang terlihat terapung pada permukaan air laut menunjukkan adanya polusi. Tanda-tanda polusi air yang berbeda ini disebabkan oleh sumber dan jenis polutan yang berbeda-beda (Fardiaz, 1992 : 20).

Pengelompokkan komponen pencemar air yang berasal dari industri rumah tangga (pemukiman) dan pertanian:

- Limbah padat
- Bahan buangan organik dan olahan bahan makanan
- Bahan buangan anorganik
- Bahan buangan cairan berminyak
- Bahan buangan berupa panas (polusi termal)
- Bahan buangan zat kimia, yaitu sabun, insektisida dan zat pewarna (Rahmawati, 2011: 21).

## **2.2 Air Minum Isi Ulang**

Air minum adalah air yang memenuhi syarat kesehatan dengan adanya proses pengolahan maupun tanpa melalui proses pengolahan dan dapat langsung dikonsumsi (Menkes RI, 2010). Sekitar 65%-70% berat total tubuh manusia terdiri dari air. Kehilangan 1-2% air akan menyebabkan halusinasi dan kehilangan 10-15% air didalam tubuh dapat berakibat fatal. Manusia dapat hidup beberapa hari tanpa makan, tetapi manusia hanya dapat bertahan hidup satu atau dua hari tanpa minum. Dengan demikian, air sangat penting bagi tubuh manusia (Prihatini, 2012). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 tahun 2010 terdapat beberapa air minum kemasan, air minum isi ulang, air minum yang didistribusikan melalui pipa untuk keperluan rumah tangga, dan air minum yang didistribusikan melalui tangki air. Semua jenis air tersebut harus memenuhi syarat Kesehatan dan kelayakan sebagai air minum (Prihatini, 2012).

Air minum isi ulang merupakan salah satu jenis air minum yang dapat langsung diminum tanpa dimasak terlebih dahulu, karena telah mengalami proses pemurnian.

Untuk memperoleh air minum dengan kualitas tinggi, maka perlu dilakukan pengolahan dan pemurnian. Proses pengolahan air minum tergantung dari kualitas air baku, dan peralatan yang digunakan. Pada prinsipnya pengolahan air minum isi ulang pada setiap produsen adalah sama yaitu untuk menghilangkan bau, warna, rasa, bahan kimia berbahaya serta menghilangkan mikroorganisme (Triwuri, 2017). Didalam depot air minum dikenal 3 (tiga) cara desinfeksi yaitu :

a. Ozon

Ozon merupakan oksidator kuat yang bereaksi cepat dengan semua zat organik. Oksidator adalah zat yang mengoksidasi zat lain dalam suatu reaksi redoks. Ozon bersifat bakterisida, virusida, algasida yang artinya dapat membunuh bakteri, virus, dan alga. Selain itu ozon juga dapat mengubah senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang sederhana. Penggunaan ozon lebih banyak diterima oleh konsumen karena tidak meninggalkan bau dan rasa.

b. Sinar Ultra Violet

Radiasi sinar ultra violet dapat membunuh bakteri tanpa meninggalkan sisa radiasi dalam air. Desinfeksi menggunakan sinar UV mempunyai kelebihan dibandingkan dengan Ozon yaitu tanpa bahan kimia, tanpa rasa atau bau yang mengganggu, sangat efektif dalam membunuh sebagian besar bakteri patogen, tidak mengeluarkan produk sampingan yang bisa membahayakan, tidak tergantung pada pH, mudah pengoperasiannya dan dapat menentukan dosis dengan tepat. Lama penyinaran atau kontak merupakan faktor penting dalam desinfeksi air minum. Semakin lama kontak maka akan semakin banyak bakteri yang terbunuh.

c. Reverse Osmosis

Reverse Osmosis adalah unit pengolahan air dengan menggunakan membran semi permeable. Membran ini merupakan suatu jenis membran polimer biologis yang memungkinkan suatu molekul atau ion tertentu melewatinya dengan difusi atau transport aktif. Laju pelewatan molekul atau ion dipengaruhi oleh tekanan, suhu, konsentrasi dari molekul terlarut. Sistem ini mampu mereduksi logam-logam dan garam yang berlebih seperti Sodium (S), Potasium(P), Arsen (As), Timbal (Pb), dan Cadmium (Cd)

hingga 98%. Selain itu, Reverse Osmosis mampu mereduksi senyawa organik, bakteri, virus, jamur dan cemaran pestisida.

## **2.3 Logam Berat**

### **2.3.1 Pengertian Logam Berat**

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Logam berat dibutuhkan tubuh manusia untuk membantu kinerja metabolisme tubuh. Akan tetapi, akan berpotensi menjadi racun jika konsentrasi dalam tubuh berlebih. Logam berat menjadi berbahaya disebabkan sistem bioakumulasi, yaitu peningkatan konsentrasi unsur kimia di dalam tubuh makhluk hidup. Logam-logam berat dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim sehingga proses metabolisme tubuh terputus.

### **2.3.2 Jenis Logam Berat**

#### **a. Tembaga (Cu)**

Tembaga memiliki nomor atom 29, berat atom 63,546 g/mol, titik leleh 1083°C, titik didih 2595°C. Tembaga merupakan logam transisi golongan I B berwarna kemerahan, mudah regang, dan mudah ditempa. Logam ini dapat memantulkan cahaya merah dan oranye serta dapat menyerap cahaya frekuensi lain pada spektrum tampak. Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang sangat baik, selain itu tembaga memiliki reaktifitas kimia rendah. Logam ini akan membentuk permukaan film kehijauan secara perlahan pada udara lembab. Permukaan film tersebut disebut patina (Irianti dkk., 2018). Keracunan akut karena tembaga (Cu) dapat dilihat dengan timbulnya penyakit Wilson dan Kinsky. Gejala dari penyakit Wilson yaitu kerusakan pada otak serta terjadi penurunan kerja ginjal dan pengendapan tembaga dalam kornea mata. Penumpukan tembaga di kornea mata dapat menyebabkan katarak, selain itu tanda khas dari penyakit

Wilson adalah ditemukannya Kayser-Fleischer rings. Hal ini terjadi akibat penumpukan tembaga di kornea mata sehingga tampak seperti cincin berwarna gelap (Irianti dkk., 2018).

b. Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan logam yang bersifat neurotoksin yang dapat masuk dan terakumulasi dalam tubuh manusia sehingga bahayanya terhadap tubuh semakin meningkat. Timbal (Pb) tidak larut dalam air, kadar maksimum timbal (Pb) yang diizinkan pada air minum adalah 0,01 mg/L (Menkes RI, 2010). Dampak akumulasi timbal (Pb) dalam tubuh manusia yaitu pada anak dapat menyebabkan gangguan pada fase awal pertumbuhan fisik dan mental yang kemudian berakibat pada fungsi kecerdasan dan kemampuan akademik. Dalam jangka lama timbal (Pb) terakumulasi pada gigi, gusi dan tulang. Jika konsentrasi timbal (Pb) meningkat, akan terjadi anemia dan kerusakan fungsi otak serta kegagalan fungsi ginjal, sedangkan keracunan timbal (Pb) pada orang dewasa ditandai dengan gejala seperti pucat, sakit dan kelumpuhan.

c. Mangan (Mn)

Konsentrasi maksimum mangan (Mn) dalam air minum adalah 0.05 mg/L. Fungsi utama dalam tubuh komponen enzim. Akibat kelebihan mangan (Mn) menimbulkan keracunan kronis pada manusia hingga berdampak menimbulkan lemah pada kaki, otot muka kusam, dan dampak lanjutan bagi manusia yang keracunan mangan (Mn), bicaranya lambat dan hiperrefleks. Efek mangan terjadi terutama di saluran pernapasan dan di otak. Gejala keracunan mangan adalah halusinasi, pelupa dan kerusakan saraf (Nuraini, 2015).

Karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut:

- Memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar (lebih dari 4)
- Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida
- Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup (Palar, 2008: 24).

## 1. Penyebaran Logam di Alam

Unsur logam ditemukan secara luas di seluruh permukaan bumi. Mulai dari tanah dan batuan, badan air, bahkan pada lapisan atmosfer yang menyelimuti bumi. Umumnya logam-logam di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain, dan sangat jarang yang ditemukan dalam bentuk elemen tunggal. Pada batuan, logam-logam ditemukan sebagai bagian dari mineral, seperti sinabar (HgS), pirit (FeS) dan bentuk-bentuk lainnya. Dalam badan perairan, logam pada umumnya berada pada bentuk ion-ion, baik sebagai pasangan ion ataupun dalam bentuk ion-ion tunggal. Sedangkan pada lapisan atmosfer, logam ditemukan dalam bentuk partikular, dimana unsur-unsur logam tersebut ikut beterbangan dengan debu-debu yang ada di atmosfer (Palar, 2008: 25).

## 2. Logam-logam di Perairan

Logam-logam lingkungan perairan (hydrosphere) umumnya terdapat dalam bentuk ion. Ion-ion itu ada yang merupakan ion-ion bebas, pasangan ion organik, ion-ion kompleks dan bentuk-bentuk ion lainnya (Palar, 2008 : 32). Kelarutan dari unsur-unsur logam dan logam berat dalam badan perairan dikontrol oleh:

- pH badan air
- Jenis dan konsentrasi logam khelat,
- Keadaan komponen mineral teroksidasi dan sistem yang berlingkungan redoks (Palar, 2008 : 32).

### 2.3.3 Mekanisme Keracunan Logam Berat

Mekanisme keracunan terbagi atas dua fase, yaitu fase kinetik dan fase dinamik. Fase kinetik meliputi proses-proses biologi biasa seperti penyerapan, penyebaran dalam tubuh, metabolisme dan proses pembuangan atau ekskresi. Adapun fase dinamik meliputi semua reaksi-reaksi biokimia yang terjadi dalam tubuh, berupa katabolisme dan anabolisme yang melibatkan enzim-enzim (Palar, 2008 : 50).

Pada fase kinetik, baik toksikan (bahan-bahan beracun) dan atau protoksikan (bahan-bahan yang mempunyai potensi untuk menjadi racun) akan mengalami proses sinergistik atau sebaliknya proses antagonis. Proses



sinergetik merupakan proses atau peristiwa terjadinya penggandaan atau peningkatan daya racun yang sangat tinggi. Sedangkan proses antagonis merupakan proses atau peristiwa pengurangan dan bahkan mungkin penghapusan daya racun yang dibina oleh suatu zat atau senyawa. Peristiwa sinergetik dan antagonis ini di dalam tubuh dapat terjadi akibat dari adanya bahan-bahan lain yang terdapat di dalam tubuh, baik yang memang sudah ada sebagai sistem ataupun sebagai bahan lain yang masuk ke dalam tubuh (Palar, 2008: 52). Fase dinamik merupakan proses lanjut dari fase kinetik. Pada fase dinamik ini bahan racun yang tidak bisa dinetralkan oleh tubuh akan bereaksi dengan senyawa-senyawa hasil dari biosintesa seperti protein, enzim, asam inti, lemak, dan lain-lain. Hasil dari reaksi yang terjadi antara bahan beracun dengan produk biosintesa ini bersifat merusak terhadap proses-proses biomolekul dalam tubuh (Palar, 2008 : 53).

Bahan beracun atau toksikan bersifat inhibitor (menghalangi kerja) terhadap enzim. Apabila terjadi pertemuan atau reaksi antara bahan beracun dengan enzim, maka kerja enzim akan terhalang. Keadaan itu akan turut mempengaruhi proses metabolisme tubuh, sehingga terjadi ketimpangan-ketimpangan. Pada tingkat lanjutnya, keadaan ini dapat merusak seluruh sistem kerja enzim dalam tubuh (Palar, 2008 : 53). Mekanisme keracunan oleh logam dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori yaitu:

- Memblokir atau menghalangi kerja gugus fungsi biomolekul yang esensial untuk proses-proses biologi, seperti protein dan enzim.
- Menggantikan ion-ion esensial yang terdapat dalam molekul terkait.
- Mengadakan modifikasi atau perubahan bentuk dari gugus-gugus aktif yang dimiliki oleh biomolekul.

Reaksi enzim yang terjadi secara sederhana dapat digambarkan dengan rantai reaksi berikut ini:



Dengan adanya ion logam, maka reaksi menjadi :



Mekanisme kerja reaksi dari logam terhadap protein, pada umumnya menyerang ikatan sulfida. Penyerangan terhadap ikatan sulfida yang selalu ada pada molekul protein itu akan menimbulkan kerusakan dari struktur protein terkait (Palar, 2008 : 54).

## 2.4 Timbal (Pb)

### 2.4.1 Pengertian (Timbal) Pb

Timbal mempunyai berat atom 207,21; berat jenis 11,34; bersifat lunak serta berwarna biru atau silver abu-abu dengan kilau logam, nomor atom 82 mempunyai titik leleh 327,4° C dan titik didih 1.620° C, biasanya ditemukan di dalam batu-batuan, tanah, tumbuhan dan hewan. Timbal 95% bersifat anorganik dan pada umumnya dalam bentuk garam anorganik yang umumnya kurang larut dalam air. Selebihnya berbentuk timbal organik. Timbal organik ditemukan dalam bentuk senyawa Tetra Ethyl Lead (TEL) dan Tetra Methyl Lead (TML). Jenis senyawa ini hampir tidak larut dalam air, namun dapat dengan mudah larut dalam pelarut organik misalnya dalam lipid. Timbal tidak mengalami penguapan namun dapat ditemukan di udara sebagai partikel (Sudarwin, 2008: 45).

### 2.4.2 Sifat dan Kegunaan Timbal (Pb)

Biji-biji logam timbal yang diperoleh dari penambangan hanya mengandung sekitar 3%-10% timbal, hasil ini dipekatkan lagi sampai 40% sehingga didapatkan logam murni. Produksi penambangan logam dunia sampai tahun 1997 telah mencapai hasil 3.844.687 ton logam murni. Semua itu berasal dari penambangan logam timbal di AS, Uni Soviet, Australia, Kanada Peru, Meksiko, Korea, Cina dan Maroko (Palar, 2008 : 75). Timbal (Pb) memiliki titik lebur rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif, sehingga bisa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan. Pb adalah logam lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat serta mudah dimurnikan dari pertambangan. Timbal meleleh pada suhu 328°C; titik

didih 1740°C; dan memiliki gravitasi 11,34 dengan berat atom 207,20 (Widowati. W, 2008 : 109). Timbal banyak dimanfaatkan oleh kehidupan manusia seperti sebagai bahan pembuat baterai, amunisi, produk logam (logam lembaran, solder, dan pipa), perlengkapan medis (penangkal radiasi dan alat bedah), cat, keramik, peralatan kegiatan ilmiah/praktek (papan sirkuit/CB untuk komputer) untuk campuran minyak bahan-bahan untuk meningkatkan nilai oktan (Fardiaz, 1992 : 75).

#### 2.4.3 Pencemaran Timbal (Pb) di air

Public Healt Service (Pelayanan Kesehatan Masyarakat) Amerika Serikat menetapkan bahwa sumber-sumber air alami untuk masyarakat tidak boleh mengandung Pb lebih dari 0,05 mg/l, sedangkan WHO menetapkan batas Pb di dalam air sebesar 0,1 mg/l (Fardiaz, 1992: 62). Jumlah Pb minimal di dalam darah yang dapat mengakibatkan timbulnya gejala keracunan biasanya berkisar antara 60-100 µg/100ml darah untuk orang dewasa. Tabel dibawah menunjukkan bahwa konsentrasi Pb di dalam darah dapat dibedakan atas 4 kategori, yaitu:

***Tabel 1. Pencemaran Pb di Air***

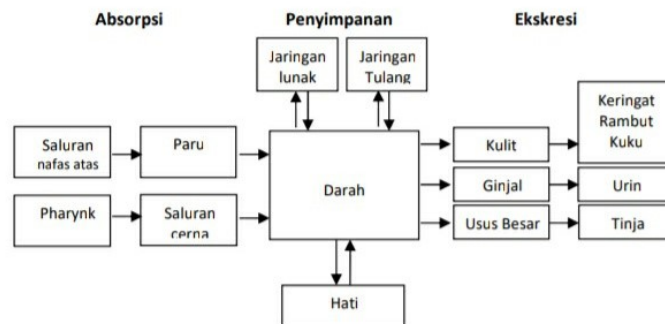
Kategori	Konsentrasi Pb (µg/100ml)	Keterangan
A (normal)	<40	Populasi normal tanpa pencemaran Pb pada konsentrasi abnormal
B (dapat diterima)	40-80	Absorbsi meningkat karena populasi Pb pada tingkat abnormal, tetapi masih belum berbahaya
C (berlebihan)	80-120	Absorbsi meningkat karena populasi Pb yang berlebihan, sering disertai gejala ringan, kadang-kadang gejala berat

D (berbahaya)	>120	Absorpsi pada tingkat berbahaya dengan gejala ringan dan berat, serta efek sampingan yang lama
---------------	------	--

(Fardiaz, 1992: 65)

#### 2.4.4 Proses Masuknya Pb (Timbal) dalam Tubuh Manusia

Jalur masuknya timbal ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernapasan (respirasi), juga melalui saluran pencernaan (gastrointestinal), kemudian didistribusikan ke dalam darah, dan terikat pada sel darah. Sebagian Pb disimpan dalam jaringan lunak dan tulang, sebagian diekskresikan lewat kulit, ginjal dan usus besar. Timbal bersirkulasi dalam darah setelah diabsorpsi dari usus, terutama berhubungan dengan sel darah merah (eritrosit). Pertama didistribusikan ke dalam jaringan lunak dan berinkorporasi dalam tulang, gigi dan rambut untuk dideposit (storage). Timbal 90% dideposit dalam tulang dan sebagian kecil tersimpan dalam otak, pada tulang timbal dalam bentuk Pb fosfat ( $Pb_3(PO_4)$ ).



**Gambar 2 Metabolisme Pb (Palar, 1994)**

Secara teori selama timbal terikat dalam tulang tidak akan menyebabkan gejala sakit pada penderita. Tetapi yang berbahaya adalah toksisitas Pb yang diakibatkan gangguan absorpsi Ca karena terjadi desorpsi Ca dari tulang yang menyebabkan penarikan deposit timbal dari tulang tersebut (Sudarwin, 2008:46).

##### a. Absorpsi

Absorpsi Menurut Harrison dan Laxen (1981) dalam Adiwijayanti (2015) manusia dapat terpajan timbal yang ada di lingkungan, seperti melalui udara, tanah, air, maupun makanan. Sebagian timbal di udara

dapat langsung terhirup oleh manusia, sedangkan yang lainnya jatuh ke tanah dan permukaan air kemudian masuk ke dalam air tanah. Jalur lain yang dilalui timbal untuk masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan dan minuman serta kulit (Adiwijayanti, 2015). Timbal dan senyawanya masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi dan ingesti. Absorpsi melalui kulit hanya terjadi pada timbal dalam bentuk organik. Timbal yang masuk melalui inhalasi akan masuk ke dalam sistem pernapasan. Partikel  $<10 \mu\text{m}$  dapat tertahan di paru-paru, sedangkan partikel yang  $>10 \mu\text{m}$  mengendap di saluran pernapasan bagian atas (Suyono, 1995).

b. Penyimpanan

Timbal yang diabsorpsi diangkut oleh darah ke organ tubuh. 95% timbal akan diikat oleh eritrosit dalam darah, 90% diikat oleh tulang, sisanya terdeposit dalam jaringan lunak (hati, ginjal dan saraf). Waktu tinggal timbal dalam darah yaitu 35 hari, pada jaringan lunak selama 40 hari, tulang trabekular selama 3-4 tahun, dan komponen kortikal tulang selama 16-20 tahun (Lubis dkk., 2013). Pada gusi, indikator adanya timbal dalam tubuh dapat dilihat dari lead line, yaitu pigmen berwarna abu-abu pada perbatasan antara gusi dan gigi yang merupakan tanda khas keracunan timbal (Suyono, 1995).

c. Ekskresi

Ekskresi timbal melalui saluran cerna berupa feses, melalui saluran ekskresi berupa urin dan melalui keringat serta rambut. Ekskresi timbal melalui urin sebanyak 75-80%, sedangkan melalui feses hanya 15% (Palar, 2004). Ekskresi timbal melalui saluran cerna dipengaruhi oleh saluran aktif dan pasif kelenjar saliva, pankreas dan kelenjar lainnya di dinding usus, regenerasi sel epitel serta ekskresi empedu. Sedangkan proses ekskresi timbal melalui ginjal dipengaruhi oleh filtrasi glomerulus (Suyono, 1995). Kadar timbal dalam urin merupakan cerminan pajanan baru sehingga pemeriksaan timbal urin dipakai untuk pajanan okupasional. Timbal memiliki waktu paruh di dalam darah kurang dari 25 tahun, pada jaringan lunak 40 hari sedangkan pada tulang

25 hari. Ekskresi yang lambat ini menyebabkan timbal mudah terakumulasi dalam tubuh, baik pada pajanan okupasional maupun non-okupasional (Suyono, 1995).

#### 2.4.6 Keracunan Pb (Timbal)

Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam Pb dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya Pb dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur yaitu melalui makanan dan minuman, udara, perembesan atau penetrasi pada selaput atau lapisan kulit (Palar, 2008: 82). Sebagian besar dari Pb yang terhirup pada saat bernafas akan masuk ke dalam pembuluh darah paru-paru. Tingkat penyerapan itu sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel dari senyawa Pb yang ada dan volume udara yang mampu terhirup, maka akan semakin besar pula konsentrasi Pb yang diserap oleh tubuh. Logam Pb yang masuk ke dalam paru-paru melalui pernafasan akan diserap dan berikatan dengan darah paru-paru untuk kondisi diedarkan ke seluruh jaringan dan organ tubuh (Palar, 2008 : 83).

Keracunan akut yang ditandai dengan kadar lebih dari 0,72 ppm dalam darah jarang terjadi. Keracunan yang terjadi biasanya disebabkan oleh masuknya senyawa Pb yang larut dalam asam atau inhalasi uap Pb. Efek astringen menimbulkan rasa haus dan rasa logam. Gejala lain yang sering timbul ialah mual, muntah dengan muntahan menyerupai susu karena Pb klorida, dan sakit perut. Tinja warna hitam karena Pb sulfida, dapat disertai diare atau konstipasi. Pb yang diserap dengan cepat dapat menyebabkan sindrom syok yang juga disebabkan kehilangan cairan lewat saluran cerna (Ganiswarna, 1995 : 845). Daya racun Pb di dalam tubuh di antaranya disebabkan oleh penghambatan enzim oleh ion-ion  $Pb^{2+}$ . Enzim yang diduga dihambat adalah yang diperlukan dalam pembentukan hemoglobin. Penghambatan tersebut disebabkan terbentuknya ikatan yang kuat (ikatan kovalen) antara  $Pb^{2+}$  dengan grup sulfur yang terdapat di dalam asam-asam amino (misalnya cistein) dan enzim tersebut (Fardiaz, 1992: 64). Penyerapan lewat kulit dapat terjadi disebabkan karena senyawa ini dapat larut dalam lemak dan minyak. Senyawa seperti tetraetil-Pb dapat

menyebabkan keracunan akut pada susunan saraf pusat, meskipun proses keracunan tersebut terjadi dalam kecepatan penyerapan yang kecil (Palar, 2008 : 83).

#### 2.4.7 Efek Pb (Timbal) pada tubuh manusia

##### a) Efek Pb dan sintesa hemoglobin

Sel-sel darah merah merupakan suatu bentuk kompleks khelat yang dibentuk oleh logam Fe (besi) dengan gugus haeme dan globin. Sintesa dari kompleks tersebut melibatkan 2 macam enzim, yaitu enzim ALAD (Amino Levulinic Acid Dehidrase) atau asam levulinat dehidrase dan enzim ferrokhelatase. Enzim ALAD adalah enzim jenis sitoplasma. Enzim ini akan bereaksi secara aktif pada tahap awal sintesa dan selama sirkulasi sel darah merah berjalan. Enzim ferrokhelatase ini akan berfungsi aktif pada akhir proses sintesa, yaitu mengkatalisasi pembentukan kompleks khelat haemoglobin. Senyawa Pb yang ada pada tubuh akan mengikat gugus aktif dan enzim ALAD. Ikatan yang terbentuk antara logam Pb dengan gugus ALAD tersebut akan mengakibatkan pembentukan intermediet porphobilinogen dan kelanjutan dan proses reaksi ini tidak dapat berlanjut (terputus) (Palar, 2008: 84).

##### b) Efek Pb pada sistem syaraf

Sistem syaraf merupakan sistem yang paling sensitif terhadap daya racun yang dibawa oleh logam Pb. Pengamatan yang dilakukan pada pekerja tambang dan pengolahan logam Pb menunjukkan bahwa pengaruh dari keracunan Pb dapat menimbulkan kerusakan pada otak. Penyakit-penyakit yang berhubungan dengan otak, sebagai akibat dari keracunan Pb adalah epilepsi, halusinasi, kerusakan pada otak besar, dan delirium, yaitu sejenis penyakit gula (Sudarwin, 2008 : 50).

##### c) Efek Pb terhadap sistem urinaria

Senyawa-senyawa Pb yang terlarut dalam darah akan dibawa oleh darah ke seluruh sistem tubuh. Pada peredarannya, darah akan terus masuk ke glomerulus yang merupakan bagian dari ginjal. Dalam glomerulus tersebut terjadi proses penyaringan akhir dari semua bahan

yang dibawa darah, apakah masih berguna bagi tubuh atau harus dibuang karena sudah tidak diperlukan lagi. Ikut sertanya senyawa Pb yang terlarut dalam darah ke sistem urinaria (ginjal) dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada saluran ginjal. Kerusakan yang terjadi tersebut disebabkan terbentuknya intranuclear inclusion bodies yang disertai dengan membentuk aminociduria, yaitu terjadinya kelebihan asam amino urin. (Palar, 2008 : 86). Nephropathy (kerusakan nefron pada ginjal) dapat dideteksi dari ketidakseimbangannya fungsi renal dan sering diikuti hipertensi (Sudarwin, 2008: 51).

d) Efek Pb terhadap sistem reproduksi

Percobaan yang diperlakukan terhadap tikus putih jantan dan betina yang diberi perlakuan dengan 1% Pb-asetat ke dalam makanannya, menunjukkan hasil berkurangnya kemampuan sistem reproduksi dari hewan tersebut. Embrio yang dihasilkan dari perkawinan yang terjadi antara tikus jantan yang diberi perlakuan Pb-asetat dengan betina normal (yang tidak diberi perlakuan), mengalami hambatan dalam pertumbuhannya. Sedangkan janin yang terdapat pada betina yang diberi perlakuan Pb-asetat mengalami penurunan dalam ukuran, hambatan pada pertumbuhan dalam rahim induk dan setelah dilahirkan (Palar, 2008 : 87).

e) Efek Pb Terhadap Sistem Gastrointestinal

Gejala awal muncul pada konsentrasi timbal dalam darah sekitar 80  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ , gejala-gejala tersebut meliputi kurangnya nafsu makan, gangguan pencernaan, gangguan epigastrik setelah makan, sembelit dan diare. Jika kadar timbal dalam darah melebihi 100  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ , maka kecenderungan untuk munculnya gejala lebih parah lagi yaitu bagian perut kolik terus menerus dan sembelit yang lebih parah. Jika gejala ini tidak segera ditangani, maka akan muncul kolik yang lebih spesifik. Konsentrasi timbal dalam darah di atas 150  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  penderita menderita nyeri dan melakukan reaksi kaki ditarik-tarik ke arah perut secara terus-menerus dan menggerakkan gigi, diikuti keluarnya keringat pada kening. Jika tidak dilakukan penanganan lebih lanjut



maka kolik dapat terjadi selama beberapa hari, bahkan hingga satu minggu (Sudarwin, 2008 : 52).

f) Efek Pb terhadap sistem endokrin

Pengukuran terhadap steroid dalam urin pada kondisi paparan Pb yang berbeda dapat digunakan untuk melihat hubungan penyerapan Pb oleh sistem endokrin. Dari pengamatan yang dilakukan dengan paparan Pb yang berbeda terjadi pengurangan pengeluaran steroid dan terus mengalami peningkatan dalam posisi minus. Kecepatan pengeluaran aldosteron juga mengalami penurunan selama pengurangan konsumsi garam pada orang yang mengalami keracunan Pb dari penyulingan alkohol. Endokrin lain yang diuji pada manusia adalah endokrin tiroid. Fungsi dari tiroid sebagai hormon akan mengalami tekanan bila manusia kekurangan I131 (yodium isotop 131) (Palar, 2008 : 87).

g) Efek Pb terhadap jantung

Tahap akut keracunan timbal khususnya pada pasien yang menderita kolik, tekanan darah akan naik. Jika terjadi hal demikian, maka pasien tersebut akan mengalami hipotonia. Kemungkinan kerusakan miokardial harus diperhatikan (Sudarwin, 2008:51). Sejauh ini perubahan dalam otot jantung sebagai akibat dari keracunan Pb baru ditemukan pada anak-anak. Perubahan tersebut dapat dilihat dari ketidaknormalan EKG. Tetapi setelah diberikan bahan khelat, EKG akan kembali normal (Palar, 2008 : 87).

h) Efek karsinogenik

International Agency for Research on Cancer (IARC) menyatakan bahwa timbal anorganik dan senyawanya termasuk dalam grup 2B, kemungkinan menyebabkan kanker pada manusia. Tahap awal proses terjadinya kanker adanya kerusakan DNA yang menyebabkan peningkatan lesi genetik herediter yang menetap atau disebut mutasi. Timbal diperkirakan mempunyai sifat toksik pada gen sehingga dapat mempengaruhi terjadinya kerusakan DNA/mutasi gen dalam kultur sel mamalia. Patogenesis kanker otak akibat terpapar timbal adalah sebagai berikut: timbal masuk ke dalam darah melalui makanan dan akan

tersimpan dalam organ tubuh yang mengakibatkan gangguan sintesis DNA, proliferasi sel yang membentuk nodul selanjutnya berkembang menjadi tumor ganas (Sudarwin, 2008 :52).

#### 2.4.8 Pengobatan Keracunan Pb (Timbal)

Pengobatan awal fase akut intoksikasi Pb ialah secara suportif, dan selanjutnya harus dicegah pejalan lebih jauh. Serangan kejang diobati dengan diazepam, keseimbangan cairan dan elektrolit harus dipertahankan, udem otak diatasi dengan manitol dan deksametason. Kadar Pb darah harus ditentukan sebelum pengobatan dengan khelator (Ganiswarna, 1995: 847). Pasien dengan kadar Pb dalam darah mencapai 80 µg/dL atau lebih, walaupun tanpa gejala, harus segera masuk rumah sakit dan diobati dengan bahan khelator sesegera mungkin. Hal tersebut dilakukan untuk mencegah terjadinya ensefalopati karena toksisitas Pb. Khelator yang dipergunakan adalah BAL (British Anti Lewisite), CaNa-EDTA, dan penisilamin. BAL sangat berguna dalam meningkatkan Pb dalam serum darah dan cairan serebrospinal. Ikatan yang kompleks dan stabil cepat disekresikan melalui urin. Beberapa efek samping terjadi pada penggunaan khelator tersebut yaitu terjadinya hipertensi, jantung berdenyut cepat, mual, muntah, dan demam. Rasa sakit pada daerah injeksi bila diberikan injeksi secara intramuskuler (Darmono, 2001: 165). CaNa-EDTA akan mengkhelat Pb dari tulang dan jaringan lunak, sehingga membentuk ikatan kompleks dan stabil yang secara cepat juga diekskresikan melalui urin. Pengobatan dengan bahan khelat ini juga menimbulkan efek samping yaitu demam, sakit kepala, mual, muntah, anoreksia, mialgia, tekanan darah turun dan seperti terjadi alergi atau reaksi histamin. Sedangkan penggunaan penisilamin hasilnya cukup memuaskan untuk mengkhelat Pb, dan hampir tidak dijumpai efek samping (Darmono, 2001 : 165).

#### 2.4.9 Perhitungan Kadar Pb

Kadar logam timbal (Pb) dapat hitung dengan menggunakan persamaan (BSN, 2009) :

$$\text{Pb (mg/L)} = C \times fp$$

Keterangan :

C = kadar yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L)

Fp = faktor pengenceran.

## 2.5 Spektroskopi Serapan Atom

### 2.5.1. Pengertian Spektroskopi Serapan Atom

Spektroskopi merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyak radiasi yang dihasilkan atau diserap oleh atom atau molekul. Salah satu macam dari spektroskopi adalah spektroskopi serapan atom. Prinsip dasar spektroskopi serapan atom yaitu interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. Spektroskopi jenis ini merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini adalah teknik yang paling umum digunakan untuk analisis unsur (Al Anshori, 2005). Cara kerja spektroskopi serapan atom berdasarkan penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi sebuah atom bebas. Atom tersebut akan mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda yang mengandung unsur tertentu. Banyaknya radiasi yang diserap kemudian akan diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Nasution, 2009). Pada metode spektroskopi serapan atom, sampel harus diubah ke dalam bentuk uap atom. Proses pengubahan ini dikenal dengan istilah atomisasi, pada proses ini sampel diuapkan dan didekomposisi untuk membentuk suatu atom dalam bentuk uap. Secara umum pembentukan atom bebas dalam wujud gas melalui tahapan berikut (Al Anshori, 2005 ):

1. Penguapan pelarut, pada tahap ini pelarut akan teruapkan dan meninggalkan residu padat.
2. Penguapan zat padat, zat padat akan terdisosiasi menjadi atom-atom penyusun yang pada mulanya akan berada dalam keadaan dasar.
3. Beberapa atom akan mengalami eksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi dan akan mencapai kondisi dimana atom tersebut mampu memancarkan energi.

Sebuah radiasi elektromagnet yang dikenakan pada suatu atom, maka akan terjadi eksitasi elektron dari tingkat dasar ke tingkat energi tereksitasi. Setiap panjang gelombang mempunyai energi yang spesifik untuk dapat tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi. Besarnya energi dari tiap gelombang dapat dihitung menggunakan persamaan (Nasution, 2009):

$$E = h \cdot c \cdot \lambda$$

Dimana :

E = Energi (Joule)

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

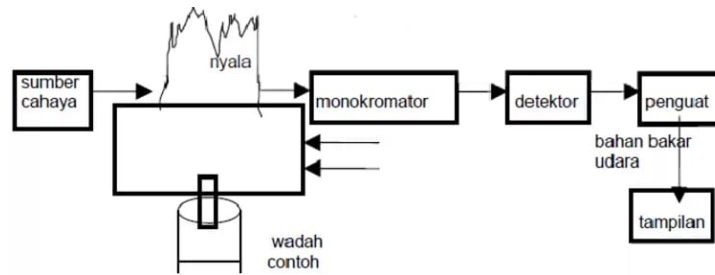
c = Kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m/s)

$\lambda$  = Panjang gelombang (nm)

Cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas, maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerap berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas yang berada di dalam sel. Absorpsi pada spektroskopi ini mengikuti hukum Lambert-Beer, dimana absorpsi berbanding lurus dengan panjang flame yang dilalui sinar dan konsentrasi uap atom dalam flame. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi dijelaskan pada (Al Anshori, 2005) :

- a. Hukum Lambert : Ketika sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan akan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.
- b. Hukum Beer : Intensitas sinar yang diteruskan akan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Absorptivitas (a) dan absorptivitas molar ( $\epsilon$ ) adalah suatu konstanta yang nilainya spesifik pada jenis zat dan panjang gelombang tertentu, sedangkan tebal sel tetap. Dengan demikian absorbansi suatu zat berupa fungsi linier dari konsentrasi, sehingga dengan mengukur absorbansi suatu zat maka konsentrasinya dapat ditentukan dengan membandingkannya dengan konsentrasi larutan standar (Nasution, 2009).



**Gambar 3 Instrumen AAS**

Instrumentasi spektroskopi serapan atom terdiri dari (Al Anshori, 2005):

1. Sel atom

Terdapat dua tahap utama yang terjadi di dalam sel atom pada alat spektroskopi serapan atom dengan atomisasi flame. Yang pertama tahap nebulisasi untuk menghasilkan suatu bentuk aerosol yang halus dari larutan. Yang kedua disosiasi analit menjadi atom-atom bebas dalam keadaan gas. Berdasarkan sumber panas yang digunakan, terdapat dua metode atomisasi yang dapat digunakan dalam spektroskopi serapan atom yaitu atomisasi menggunakan flame dan atomisasi tanpa menggunakan flame.

Atomisasi menggunakan flame, menggunakan gas pembakar untuk memperoleh energi kalor. Sedangkan pada atomisasi tanpa flame menggunakan energi listrik seperti pada atomisasi tungku grafit. Flame dibutuhkan dengan suhu tinggi untuk menghasilkan atom bebas. Pada spektroskopi serapan atom dengan sistem atomisasi flame diperlukan campuran gas asetilena udara atau campuran asetilena  $N_2O$ .

2. Sumber cahaya

Sumber cahaya spektroskopi serapan atom adalah HCL (Hallow Cathode Lamp). Lampu ini terdiri dari anoda dan katoda yang terletak dalam suatu silinder gelas berongga yang terbuat dari kuarsa. Katoda terbuat dari logam silinder yang berisi suatu gas lembam pada tekanan rendah. Ketika diberikan potensial listrik maka muatan positif ion gas akan menumbuk katoda sehingga terjadi pemancaran spektrum garis logam.

3. Monokromator dan sistem optik

Berkas cahaya dari lampu katoda berongga melalui celah sempit dan difokuskan menggunakan cermin menuju monokromator. Monokromator pada alat spektroskopi serapan atom akan memisahkan, mengisolasi, dan

mengontrol intensitas energi yang diteruskan ke detektor. Monokromator yang biasa digunakan yaitu monokromator kisi difraksi.

#### 4. Detektor dan sistem elektronik

Energi yang diteruskan dari sel atom harus diubah kedalam bentuk sinyal listrik untuk diperkuat dan diukur oleh sistem pemroses data. Proses perubahan ini terjadi pada detektor. Detektor yang biasa digunakan yaitu tabung pengganda foton atau photomultiplier tube (Gambar 2.3) yang terdiri dari katoda yang dilapisi senyawa dan bersifat peka terhadap cahaya. Ketika foton menumbuk anoda dan katoda terdapat dinoda-dinoda yang dapat menggandakan elektron, sehingga intensitas elektron yang menuju anoda akan besar dan akhirnya dapat dibaca sebagai sinyal listrik.

#### 5. Sistem pengolahan

Sistem ini berfungsi untuk mengolah arus dari detektor menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya diubah menjadi data dalam sistem pembacaan.

#### 6. Sistem pembacaan

Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu data berupa angka atau gambar.

### 2.5.2 Gangguan dalam Spektroskopi Serapan Atom

Terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi pancaran flame suatu unsur dan menyebabkan gangguan pada penetapan konsentrasi unsur diantaranya yaitu (Azis, 2007):

#### 1. Gangguan akibat pembentukan senyawa refraktori

Gangguan ini diakibatkan oleh reaksi antara analit dengan senyawa kimia. Adanya anion di dalam larutan sampel menyebabkan terbentuknya senyawa yang tahan panas. Contohnya fosfat akan bereaksi dengan kalsium dalam flame dan menghasilkan pirofosfat ( $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ). Hal ini menyebabkan absorpsi dan emisi atom kalsium dalam flame menjadi berkurang. Gangguan akibat pembentukan senyawa refraktori dapat diatasi atau dicegah dengan menambahkan strontium klorida atau lantanum nitrat ke dalam larutan. Karena kedua logam tersebut sangat mudah bereaksi dengan

fosfat dibandingkan dengan kalsium, sehingga reaksi antara kalsium dengan fosfat dapat dicegah atau diminimalkan.

## 2. Gangguan ionisasi

Gangguan ionisasi bisa terjadi pada unsur alkali tanah dan beberapa unsur yang lain. Hal ini karena unsur-unsur tersebut mudah terionisasi dalam flame. Pada analisis menggunakan spektroskopi serapan atom yang diukur adalah emisi dan serapan atom yang tidak terionisasi. Oleh karena itu dengan adanya atom-atom yang terionisasi dalam flame akan mengakibatkan sinyal yang ditangkap detektor akan berkurang. Karena adanya gangguan ini sensitivitas dan linearitas akan terganggu. Gangguan ini dapat diatasi dengan menambahkan unsur-unsur yang mudah terionisasi ke dalam sampel, sehingga akan menahan proses ionisasi dari unsur yang dianalisis.

## 3. Gangguan fisik alat

Gangguan fisik alat merupakan gangguan pada semua parameter sehingga dapat mempengaruhi kecepatan sampel untuk sampai ke flame. Parameter-parameter tersebut diantaranya yaitu kecepatan alir gas dan berubahnya viskositas sampel akibat temperatur flame. Gangguan ini biasanya diatasi dengan membuat kalibrasi atau standarisasi.

### **2.5.3 Keunggulan Spektroskopi Serapan Atom**

- a. Teknik SSA menjadi alat yang canggih dalam analisis. Ini disebabkan diantaranya oleh kecepatan analisisnya, ketelitiannya sampai tingkat runtu, tidak memerlukan pemisahan pendahuluan.
- b. Kemungkinannya untuk menentukan konsentrasi semua unsur pada konsentrasi runtu
- c. Sebelum pengukuran, tidak perlu memisahkan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia (Khopkar, 2008: 296).