

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

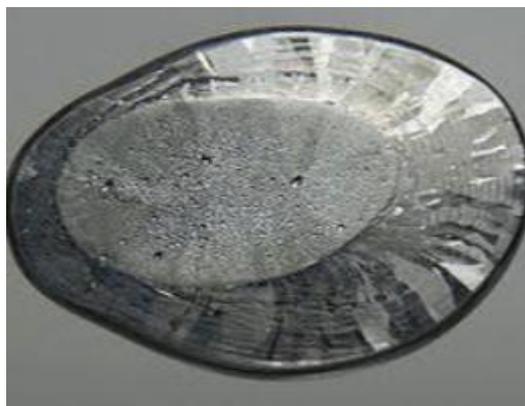
#### 2.1. Timbal

##### 2.1.1. Pengertian Timbal (Pb)

Timbal (Pb) pada awalnya adalah logam berat yang secara alami terdapat di dalam kerak bumi. Namun, timbal juga bisa berasal dari kegiatan manusia bahkan mampu mencapai jumlah 300 kali lebih banyak di bandingkan Pb alami (Widowati & dkk,2008).

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum, dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk kedalam kelompok logam golongan IV-A pada Tabel Periodik unsure kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA)207,2.

Logam timbal dibumi sangat sedikit. Jumlah timbale yang terdapat di seluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002% dari jumlah seluruh kerak bumi. Jumlah ini sangat sedikit jika dibandingkan dengan jumlah kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi (Palar,2008).



**Gambar 2. 1.** Logam Timbal

### 2.1.2. Timbal Dalam Lingkungan

Pencemaran lingkungan oleh timbal dapat mengakibatkan bahaya kesehatan bagi manusia. Sumber-sumber bahan pencemar timbal dalam lingkungan adalah eksposur limbah industri, minuman keras yang tidak terdaftar, penghirupan udara, bahan-bahan kosmetik. Masalah utama keracunan timbal berasal dari penambangan, makanan dan minuman yang terkontaminasi, cat di rumah-rumah tua dan peleburan timbal.

Banyak negara menghentikan penggunaan bensin berbahan timbal. Timbal berasal dari atmosfer masuk ke dalam air tanah dan sungai atau kolam melalui air hujan. Timbal juga dapat berasal dari pipa-pipa air minum yang dilapisi dengan timbale (Sembel, 2015).

### 2.1.3. Pb di Udara

Emisi Pb dari lapisan atmosfer bumi berbentuk gas atau partikel. Emisi Pb bentuk gas, terutama berasal dari buangan gas kendaraan bermotor, merupakan hasil sampingan dari pembakaran mesin-mesin kendaraan dari senyawa tetrametil-Pb dan tetraetil-Pb dalam bahan bakar kendaraan bermotor. Emisi Pb dari pembakaran mesin menyebabkan jumlah Pb udara dari asap buangan kendaraan meningkat sesuai meningkatnya jumlah kendaraan (Widowati & dkk, 2008).

Bahan aditif yang biasa dimasukkan ke dalam bahan bakar kendaraan bermotor pada umumnya terdiri dari 62% tetraetil-Pb, 18% etilendikhlorida, 18% etilendibromida dan sekitar 2% campuran tambahan dari bahan-bahan yang lain. Jumlah senyawa Pb yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa-senyawa lain dan tidak terbakar pada mesin menyebabkan jumlah Pb yang dibuang ke

udara melalui asap buangan kendaraan menjadi sangat tinggi (Palar,2008).

Pencemaran Pb selain dari emisi gas buangan kendaraan bermotor dapat pula berasal dari buangan industri metalurgi, proses korosi lead bearing alloys, pembakaran batu bara, asap pabrik yang mengolah alkil-Pb, serta Pb-oksida (Widowati & dkk, 2008).

Sumber utama pencemaran Pb berasal dari emisi gas buangan kendaraan bermotor yang menempati 90% dari total emisi Pb di atmosfer. Sekitar 10% Pb mengendap langsung di tanah dalam jarak 100 meter dari jalan; 45% mengendap dalam jarak 20 km; 10% mengendap dalam jarak 20-200 km; dan 35% terbawa ke atmosfer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Pb di udara di daerah lingkungan perkotaan yang padat lalu lintas adalah sebesar 0,1-0,2 ppm dan kandungan Pb dalam darah penduduk di sekitar lokasi adalah  $> 0,3$  ppm (Widowati & dkk, 2008).

#### **2.1.4. Pb di Dalam Air dan Makanan**

Pb (timah hitam/timbal) dan persenyawaannya dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia. Secara alamiah, Pb dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Di samping itu, proses korosifikasi dari bantuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin, juga merupakan salah satu jalur sumber Pb yang akan masuk ke dalam badanperairan.

Pb yang masuk kedalam badan perairan sebagai dampak dari aktivitas kehidupan manusia ada bermacam bentuk. Di antaranya adalah air buangan (limbah) dari industri yang berkaitan dengan Pb, air buangan dari pertambangan

bijih timah hitam dan buangan sisa industry baterai (Palar, 2008).

Banyak perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang menggunakan pipa mengandung Pb sehingga sangat besar kemungkinan tercemarnya air minum oleh Pb. Kadar Pb dalam tanah sekitar 5-25 ppm, dalam air tanah 1-60 ppm, dan lebih rendah lagi pada permukaan air. Air minum bisa tercemar oleh Pb karena penggunaan pipa berlapis Pb, peralatan makanan keramik berlapis, dan solder yang mengandung Pb.

Pengemasan makanan menggunakan kertas Koran bekas memungkinkan terjadinya migrasi logam berat (terutama Pb) dari tinta Koran menuju makanan. Berdasarkan hasil penelitian, makanan/minuman yang dikemas dalam kaleng diketahui memiliki kadar Pb sebesar  $634,64 \pm 94,25$  ppm. Kadar Pb yang bermigrasi ke dalam makanan/minuman sebesar  $0,171 \pm 0,02$  ppm, dengan kecepatan reaksi pelepasan Pb sebesar  $5,56 \times 10^{-5}$  bpj/jam (Widowati & dkk, 2008).

#### **2.1.5. Keracunan Oleh Logam Pb**

Timbal (Pb) adalah logam yang bersifat toksik terhadap manusia, yang bisa berasal dari tindakan mengonsumsi makanan, minuman, atau melalui inhalasi dari udara, debu yang tercemar Pb, kontak lewat kulit, kontak lewat mata, dan lewat parenteral. Logam Pb tidak dibutuhkan oleh tubuh manusia sehingga bila makanan dan minuman tercemar Pb dikonsumsi, maka tubuh akan mengeluarkannya. Orang dewasa mengabsorpsi Pb sebesar 5-15% dari keseluruhan Pb yang dicerna, sedangkan anak-anak mengabsorpsi Pb lebih besar, yaitu 41,5%.

Di dalam tubuh manusia, Pb bisa menghambat aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin (Hb) dan sebagian kecil Pb dieksresikan lewat urin atau feses karena sebagian terikat oleh protein, sedangkan sebagian lagi terakumulasi dalam ginjal, hati, kuku, jaringan lemak, dan rambut. Waktu paruh timbal (Pb) dalam eritrosit adalah selama 35 hari, dalam jaringan ginjal dan hati selama 40 hari, sedangkan waktu paruh dalam tulang adalah selama 30 hari. Tingkat ekskresi Pb melalui sistem urinaria adalah sebesar 76%, gastrointestinal 16%, dan rambut, kuku, serta keringat sebesar 8% (Widowati & dkk, 2008).

Keracunan Pb senyawa organik umumnya menyebabkan keracunan yang bersifat neurotoksik. Ensefalopati terjadi jika kadar Pb di dalam darah di atas 80 mg/kg atau 80 ppm, dan penderita menunjukkan gejala kejang, ataksi dan koma. Pada keracunan Pb dengan kadarnya di dalam darah 400-500 mg/dl, penderita mengalami penurunan IQ akibat terganggunya fungsi neurotransmisi (Soerdarto, 2013).

Timbal bersifat kumulatif. Mekanisme toksisitas Pb berdasarkan organ yang mempengaruhinya adalah :

1. Sistem haemopoietik; di mana Pb menghambat sistem pembentukan hemoglobin (Hb) sehingga menyebabkan anemia
2. Sistem saraf; di mana Pb bisa menimbulkan kerusakan otak dengan gejala epilepsi, halusinasi, kerusakan otak besar, dan delirium.
3. Sistem urinaria; di mana Pb bisa menyebabkan lesi tubulus proksimalis, loop of Henle, serta menyebabkan aminosiduria.
4. Sistem gastro-intestinal; di mana Pb menyebabkan kolik dan konstipasi

5. Sistem kardiovaskuler; di mana timbal (Pb) dapat menyebabkan peningkatan permeabilitas pembuluhdarah.
6. Sistem reproduksi berpengaruh terutama terhadap gametotoksisitas atau janin belum lahir menjadi peka terhadap Pb. Ibu hamil yang terkontaminasi Pb bisa mengalami keguguran, tidak berkembangnya sel otak embrio, kematian janin waktu lahir, serta hipospermia dan teratospermia padapria.
7. Sistem endokrin; di mana Pb mengakibatkan gangguan fungsi tirois dan fungsiadrenal.
8. Bersifat karsinogenik dalam dosis tinggi (Widowati & dkk,2008).

Bayi dan anak umumnya leboh peka terhadap keracunan timbal dibandingkan orang dewasa, karena konsumsi makanan relative lebih banyak dari pada orang dewasa dan penyerapan Pb melalui usu anak juga lebih muda. Selain itu organ-organ hati, ginjal dan otak anak juga masih dalam masa perkembangan. Banyak mainan yang dijual di pasar berbahaya bagi kesehatan anak karena dilapisi cat yang mengandung timbale (Soerdarto,2013).

**Tabel 2. 1 Gangguan kesehatan akibat keracunan timbal**

<b>Gangguan mental dan penurunan IQ Ensefalopati</b>
▪ 10
▪ 80-100
▪ 25-40
▪ 50
▪ 10
▪ 60
▪ 30
▪ 60
▪ 40-50
▪ 20
▪ 80

### 2.1.6. Metabolisme Timbal (Pb)

#### a. Absorpsi

Timah hitam dan senyawanya masuk kedalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan dan saluran pencernaan, sedangkan absorpsi melalui kulit sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Bahaya yang ditimbulkan oleh Pb tergantung oleh ukuran partikelnya. Partikel yang lebih kecil 10  $\mu\text{g}$  dapat terhadap di paru-paru, sedangkan partikel yang lebih besar menghadap kesaluran nafas bagian atas. Rata-rata 10-30% timbal yang terinhalasi diabsorpsi melalui paru-paru, dan sekitar 5-10% dari yang tertelan diabsorpsi melalui saluran cerna

#### b. Distribusi dan Penyimpanan

Timah hitam yang masuk diabsorpsi diangkut oleh darah ke organ-organ tubuh sebanyak 95% Pb dalam darah dapat diikat oleh eritrosit. Sebagian Pb plasma dalam bentuk yang dapat berdifusi dan diperkirakan dalam keseimbangan dengan pool Pb tubuh lainnya. Yang dibagi menjadi bagian dua yaitu jaringan lunak (sumsum tulang, sistem saraf, ginjal dan hati) dan jaringan keras (tulang, kuku, rambut, gigi). Pada jaringan lunak sebagian Pb disimpan didalam aorta, hati, ginjal, otak, dan kulit. Timah hitam yang ada di jaringan lunak bersifat toksik.

#### c. Ekskresi

Ekskresi timbal melalui beberapa cara, yang terpenting adalah melalui ginjal dan saluran cerna. Ekskresi timbal melalui urine sebanyak 75-80%, melalui feces 15% dan lainnya melalui empedu, keringat, rambut, dan kuku. Ekskresi timbal melalui saluran cerna dipengaruhi oleh saluran aktif dan pasif kelenjar saliva, pancreas dan kelenjar lainnya di dinding usus, regenerasi sel epitel, dan ekskresi empedu (Ardyanto, Deteksi Pencemaran Timah Hitam (Pb) Dalam Darah

Masyarakat Yang Terpajang Timal (Plumbum), 2005).

### 2.1.7. Efek Timbal (Pb) Terhadap Kesehatan

Paparan bahan tercemar timbal (Pb) dapat menyebabkan gangguan sebagai berikut:

#### a. Pada Sistem Saraf

Di antara semua sistem pada organ tubuh, sistem syaraf merupakan sistem yang paling sensitif terhadap daya racun yang dibawa oleh logam Pb. Pengamatan yang dilakukan pada pekerjaan 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.

#### b. Pada Sistem Ginjal

Senyawa-senyawa Pb yang terlarut dalam darah akan dibawa oleh darah ke seluruh tubuh. Pada peredarannya, darah akan terus masuk ke glomerulus yang merupakan bagian dari ginjal. Dalam glomerulus tersebut terjadi proses pemisahan 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 dalam urine. Aminociduria dapat kembali normal setelah selang waktu beberapa minggu, tetapi intranuclear inclusion bodies membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk kembali.

#### c. Pada Sistem Reproduksi

Percobaan yang diperlukan terhadap tikus putih jantan dan betina yang 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 dengan Pb-asetat mengalami penurunan dalam ukuran, hambatan pada pertumbuhan dalam rahim induk dan setelah dilahirkan.

#### d. Pada Sistem Endokrin

efek yang dapat ditimbulkan oleh keracunan timbal terhadap fungsi sistem endokrin merupakan penelitian yang paling sedikit dilakukan dibandingkan dengan sistem-sistem lain dari tubuh. Pengukuran terhadap steroid dalam urin pada kondisi paparan timbal yang berbeda dapat digunakan untuk melihat hubungan penyerapan timbal pada sistem endokrin. Dari pengamatan yang dapat dilakukan dengan paparan timbal yang terus mengalami peningkatan dalam posisi minus. Kecepatan pengeluaran

aldosteron juga mengalami penurunan selama pengurangan garam pada orang yang keracunan timbal.

e. Pada Jantung

Orang lain yang dapat diserap oleh racun yang dibawa oleh logam Pb adalah jantung. Namun sejauh ini perubahan dalam otot jantung sebagai akibat dari keracunan Pb baru ditemukan pada anak-anak. Perubahan tersebut dapat dilihat dari perubahan EKG. Tetapi setelah diberikan bahan khelat, EKG akan kembali normal (Palar, 2008).

### 2.1.8. Tingkat Pb Normal Dalam Tubuh

Untuk dapat melakukan evaluasi terhadap keterpaparan oleh logam Pb, perlu diketahui batas normal dari konsentrasi kandungan Pb dalam jaringan- jaringan dan cairan tubuh.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan di Amerika Serikat disimpulkan bahwa pemasukan Pb sehari-hari ke dalam tubuh dan digolongkan pada tingkat keterpaparan normal adalah dalam kisaran 330 µg perhari, dengan tingkatan variasi antara 100 µg sampai dengan 200µg

**Tabel 2. 2. Empat Kategori Pb Dalam Darah Orang Dewasa**

A (normal)	< 40	Tidak terkena paparan atau tingkat paparan normal
D (tingkat bahaya)	> 120	Penyerapan mencapai tingkat bahaya dengan tanda-tanda keracunan ringan sampai berat
C (berlebihan)	80-120	Kenaikan penyerapan dari keterpaparan yang banyak dan mulai memperlihatkan tanda-tanda keracunan
D (tingkat bahaya)	> 120	Penyerapan mencapai tingkat bahaya dengan tanda-tanda keracunan ringan sampai berat

Kenyataannya, umur dan jenis kelamin turut mempengaruhi kandungan Pb dalam jaringan tubuh seseorang. Semakin tua umur seseorang, akan semakin tinggi pula konsentrasi Pb yang terakumulasi pada jaringan tubuhnya. Jenis jaringan juga turut mempengaruhi kadar Pb yang terkandung. Bahwa dalam jaringan otak, kadar Pb yang ada tidak sama dengan kadar Pb yang terdapat dalam paru-paru ataupun ginjal (Palar, 2008).

## 2.2. Rambut

Rambut merupakan kelenjar kulit yang tumbuh pada hampir seluruh permukaan kulit kecuali telapak tangan, telapak kaki, kuku, dan bibir. Jenis rambut manusia pada garis besar dapat digolongkan 2 jenis, yaitu; rambut terminal, rambut kasar yang mengandung banyak pigmen, terdapat di kepala, alis, bulu mata, ketiak, dan genitalia eksterna, serta rambut halus, rambut halus sedikit pigmen, terdapat hampir diseluruh tubuh.

Rambut manusia dapat merekam unsur yang masuk ke dalam tubuh manusia melalui tiga pintu masuk yaitu jalur makanan atau pencernaan (oral), pernapasan dan kulit. Keberadaan dan konsentrasi unsure dalam rambut dapat merefleksikan keadaan atau status kesehatan seseorang dimana ia tinggal dan bekerja. Pada rambut gugus Sulfhidril dan disulfida dalam rambut mampu mengikat unsur runtu yang masuk kedalam tubuh dan terikat di dalam rambut (Mayaserli & Renowati, 2017).

Rambut dapat digunakan sebagai indikator pencemaran pada orang daerah industri berdasarkan tingkat mobilitas atau lamanya interaksi dengan tercemar

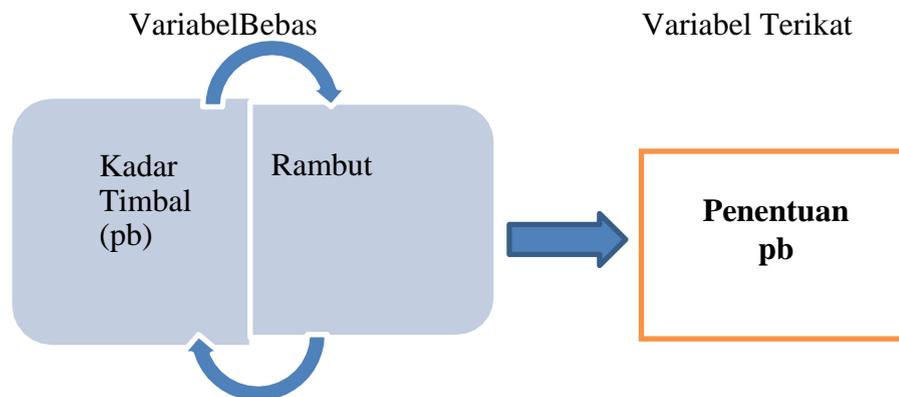
logam timbal. Factor yang mempengaruhi kadar Pb rambut meliputi lama cemaran, umur, genetic dan nutrisi sehingga rambut dapat digunakan sebagai indicator tingkat pencemaran Pb (Tirtaadi & Prasasti,2017)

Analisa timbal menggunakan rambut karena selain sebagai bioindikator pencemaran, juga dapat mengukur kandungan nutrisi, tingkat keracunan, keseimbangan antara tingkat nutrisi dan tipe metabolisme timbal dalam tubuh (Sukar & Suharjo, 2015).

### **2.3. Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)**

Spektrofotometer serapan atom (AAS) adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan unsur-unsur dalam suatu sampel yang berbentuk larutan. Prinsip dari analisa AAS didasarkan proses penyerapan energy oleh atom- atom yang berada pada tingkat tenaga dasar (ground state). Penyerapan energy tersebut akan mengakibatkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkattenagayang lebih tinggi (excited state). Akibat dari proses penyerapan radiasi tersebut elektron dari atom-atom bebas tereksitasi tidak stabil dan akan kembali ke keadaan semula disertai dengan memancarkan energi radiasi dengan panjang gelombang tertentu dan karakteristik untuk setiap unsure (Torowati & dkk,2008).

## 2.4. Kerangka Konsep



Gambar 2. 2. Kerangka Konsep

## 2.5. Definisi Operasional (DO)

- a. Kadar Timbal (Pb): Jumlah kadar timbal (Pb) yang terkandung dalam rambut.
- b. Rambut: Rambut merupakan kelenjar kulit yang tumbuh pada hampir seluruh permukaan kulit kecuali telapak tangan, telapak kaki, kuku, dan bibir.

Berikut mekanisme timbal dalam memengaruhi organ tubuh:

1. Sistem pembentukan darah

Timbal mengganggu pembentukan hemoglobin (Hb) dan mempersingkat umur eritrosit sehingga dampaknya kadar sel darah merah akan rendah.

2. Sistem saraf

Timbal dapat mengganggu sistem saraf pusat dengan gejala fatamorgana, linglung, epilepsi, dan merusak cerebrum.

3. Sistem urinaria

Timbal dapat menyebabkan kerusakan pada tubulus proksimalis sehingga menyebabkan aminosiduria.

4. Sistem gastrointestinal

Timbal dapat menyebabkan sembelit.

5. Sistem kardiovaskuler

Timbal dapat meningkatkan permeabilitas pembuluh darah.

