

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Timbal

##### 2.1.1 Pengertian Timbal (Pb)

Timbal adalah logam berkilau berwarna putih kebiruan atau kelabu keperakan. Logam ini memiliki nomor atom 82, bobot atom 207,20 g/mol, titik leleh 327°C, dan titik didih 1755°C (BSN, 2009). Timbal mulai pudar atau kusam ketika kontak dengan udara, kemudian membentuk campuran kompleks sesuai kondisi (Jaishankar et al., 2014). Beberapa sifat khusus logam timbal menurut Lanntech (2016) antara lain:

- a) Timbal sangat lunak, sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau atau dengan tangan.
- b) Timbal sangat lembut, dapat dibentuk dengan mudah
- c) Timbal tahan terhadap peristiwa korosi atau karat sehingga sering digunakan sebagai bahan coating
- d) Timbal merupakan konduktor listrik lemah. Logam ini sangat tahan terhadap korosi
- e) Timbal memiliki kerapatan lebih besar dibanding dengan logam biasa kecuali emas dan merkuri

Timbal merupakan logam sangat beracun terutama terhadap anak-anak. Penggunaan timbal yang telah tersebar luas, menyebabkan kontaminasi pada lingkungan dan timbulnya masalah kesehatan di berbagai belahan dunia. Timbal secara alami ditemukan pada tanah, serta bersifat tidak berbau dan tidak berasa. Timbal dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa lain membentuk berbagai senyawa-senyawa timbal, seperti timbal oksida (PbO), timbal klorida (PbCl<sub>2</sub>) dan lain-lain (BSN, 2009).

Timbal tersebar di alam dalam jumlah yang sangat sedikit. Penyebaran logam ini diseluruh lapisan bumi hanya sekitar 0,0002% dari kerak bumi (Palar,

2008). Timbal dapat berbentuk logam murni maupun senyawa inorganik dan organik. Dalam bentuk apapun logam ini memiliki dampak toksisitas yang sama bagi makhluk hidup (Darmono, 2001).

Timbal sifatnya lunak dan berwarna coklat kehitaman, serta mudah dimurnikan dari pertambangan. Senyawa ini banyak ditemukan dalam pertambangan seluruh dunia (Titin, 2010).

Logam ini bertitik lebur rendah, mudah dibentuk, mempunyai sifat kimia yang aktif, sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan. Bila dicampur dengan logam lain, membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya, mempunyai kepadatan melebihi logam lain (Darmono, 1995).

“Kegiatan manusia seperti pertambangan, manufaktur dan pembakaran bahan bakar fosil telah mengakibatkan akumulasi timbal dan senyawanya di lingkungan, termasuk udara, air dan tanah. Timbal digunakan untuk produksi baterai, kosmetik, produk logam seperti amunisi, solder dan pipa, dll” (Martin & Griswold, 2009).

### **2.1.2 Penggunaan Timbal**

Timbal banyak digunakan dalam pembuatan gelas, penstabil senyawa-senyawa PVC, cat berbasis minyak, zat pengoksidasi, bahan bakar, bensin untuk kendaraan, cat, dan pestisida (BSN, 2009). Dalam industri baterai kendaraan bermotor, timbal metalik dan komponen-komponennya digunakan sebagai grid, yang merupakan *alloy* (suatu persenyawaan) dengan logam berat (Pb-Bi) dengan perbandingan 93:7 (Palar, 2008). Menurut Sihite (2015), timbal juga dapat digunakan untuk produk-produk logam seperti amunisi, pelapis kabel, bahan kimia, pewarna, pipa, dan solder. Timbal bermanfaat sebagai campuran dalam pembuatan pelapis keramik, disebut glaze-silika dengan oksida lainnya. Komponen timbal (PbO) ditambahkan ke dalam glaze untuk membentuk sifat yang mengkilap.

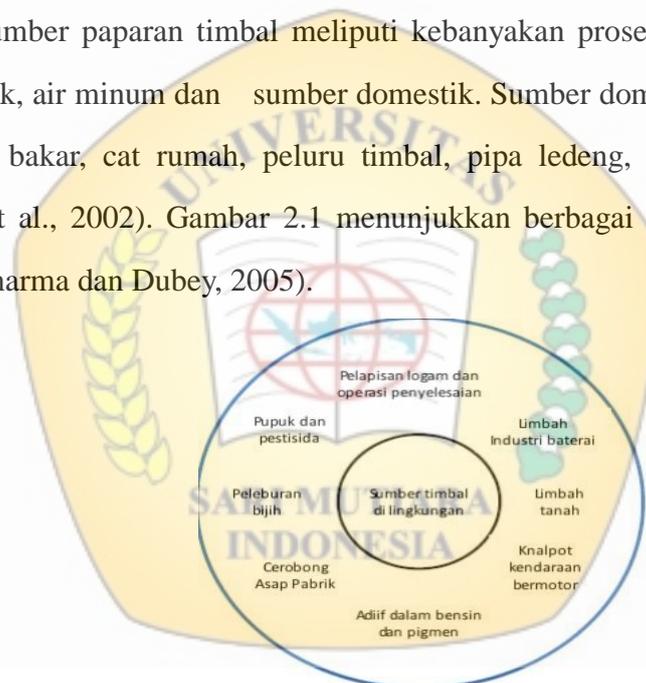
### 2.1.3 Timbal di lingkungan

Bentuk logam timbal asli jarang diemukan di alam. Saat ini, timbal biasanya ditemukan dalam bijih bersama zink, perak dan tembaga, kemudian akan diekstraksi bersama dengan logam tersebut. Mineral timbal utama terdapat di galena (PbS). Galena ditambang oleh negara Australia dan menjadi produsen dengan kapasitas 19 % dari timbal baru dunia. Produksi timbal baru dunia adalah sebesar 6 juta ton per tahun. Total cadangan timbal diperkirakan sebesar 85 juta ton, sebagai persediaan selama kurang lebih 15 tahun (Lenntech, 2016). Timbal sebenarnya terbentuk secara alami di alam, namun kebanyakan dari konsentrasi timbal di lingkungan berasal dari hasil aktivitas manusia. Akibat penggunaan timbal pada bahan bakar, siklus timbal buatan telah terbentuk. Pada mesin kendaraan, timbal dibakar sehingga garam timbal (klorin, bromin dan oksida) akan terbentuk. Garam timbal ini masuk ke dalam lingkungan melalui buangan gas kendaraan. Partikel berukuran lebih besar akan segera jatuh ke tanah kemudian mencemari tanah atau permukaan air. Sementara itu, partikel berukuran lebih kecil akan bergerak pada jarak yang jauh melalui udara dan menetap di atmosfer. Timbal ini akan jatuh kembali ke tanah ketika hujan. Siklus timbal akibat aktivitas manusia ini jauh lebih luas dari siklus timbal alami. Hal tersebut menyebabkan polusi timbal menjadi masalah dunia (Lenntech, 2016).

Timbal sebagian besar diakumulasi oleh organ tanaman, yaitu daun, batang, akar, dan umbi-umbian. Perpindahan timbal dari tanah ke tanaman bergantung pada komposisi dan pH tanah. Konsentrasi timbal tertinggi (100-1000 mg/kg) akan mengakibatkan pengaruh toksik pada proses fotosintesa dan pertumbuhan tanaman. Tanaman dapat menyerap timbal pada saat kondisi kesuburan tanah dan kandungan bahan organik tanah rendah. Pada keadaan ini, logam Pb akan terlepas dari ikatan tanah dan bergerak bebas pada larutan tanah dalam bentuk ion. Jika logam lain tidak mampu menghambat keberadaannya, maka akan terjadi serapan Pb oleh akar tanaman (Charlena, 2004).

#### 2.1.4 Sumber pencemaran logam berat timbal

Populasi umumnya terpapar timbal dari udara dan dari makanan berada pada proporsi sama. Dahulu, timbal pada bahan makanan bersumber dari panci yang digunakan untuk memasak atau menyimpan bahan makanan serta dari timbal asetat sebagai pemanis pada wine. Selama beberapa abad terakhir, emisi timbal terhadap udara sekitar telah mencemari lingkungan. Lebih dari 50 % emisi timbal dihasilkan dari bahan bakar. Beberapa dekade terakhir, buangan timbal di negara berkembang telah menurun tajam akibat pengenalan bahan bakar tanpa timbal. Akibatnya, kadar timbal dalam darah pada populasi umum telah menurun. Sumber paparan timbal meliputi kebanyakan proses industri, makanan dan merokok, air minum dan sumber domestik. Sumber domestik meliputi besin atau bahan bakar, cat rumah, peluru timbal, pipa ledeng, mainan dan keran (Thurmer et al., 2002). Gambar 2.1 menunjukkan berbagai sumber pencemaran timbal (Sharma dan Dubey, 2005).



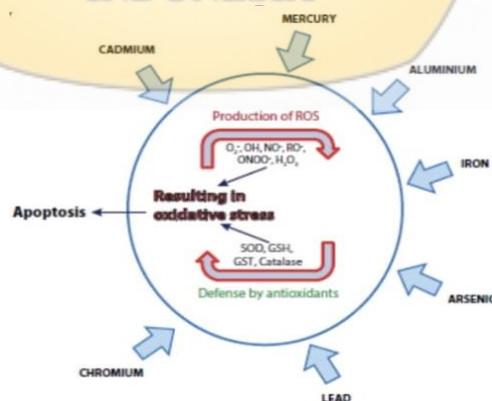
Gambar 2. 1. Berbagai sumber pencemaran timbal di lingkungan (Sharma & Dubey, 2005)

Lebih dari 100 hingga 200.0000 ton timbal per tahun dilepaskan dari knalpot kendaraan di Amerika Serikat. Beberapa diserap oleh tumbuhan, kemudian masuk ke tanah dan mengalir ke dalam air. Oleh karena itu, paparan timbal pada manusia dapat disebabkan oleh makanan maupun air minum (Goyer, 1990).

### 2.1.5 Mekanisme toksisitas logam berat timbal

Keracunan akibat logam Pb dapat terjadi karena masuknya senyawa logam tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya timbal, dapat melalui beberapa cara yaitu melalui pernafasan, oral (dari makanan atau minuman), dan penetrasi pada lapisan kulit. Penyerapan lewat pernafasan akan masuk ke dalam pembuluh darah paru-paru, kemudian akan berikatan dengan darah di paru-paru dan ikut beredar ke seluruh jaringan dan organ tubuh. Penyerapan lewat oral akan masuk ke saluran pencernaan dan masuk ke dalam darah. lewat kulit dapat terjadi karena timbal dapat larut dalam minyak dan lemak (Palar, 2008).

Logam timbal mengakibatkan toksisitas pada sel hidup dengan mengikuti mekanisme ionik sehingga terjadi tekanan oksidatif. Banyak peneliti telah menunjukkan bahwa tekanan oksidatif pada sel hidup disebabkan oleh ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas dengan produksi antioksidan untuk detoksifikasi intermediet reaktif atau untuk perbaikan hasil kerusakan. Gambar 2.2 menunjukkan serangan logam berat pada suatu sel dan keseimbangan antara produksi *reactive oxygen species* (ROS), kemudian pertahanan oleh antioksidan (Jaishankar et al., 2014).



Gambar 2. 2. Serangan logam berat pada suatu sel dan keseimbangan antara produksi ROS dan pertahanan oleh antioksidan (Jaishankar et al., 2014)

Antioksidan seperti glutathion, berada di dalam sel untuk melindungi sel dari radikal bebas seperti hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ). Akibat pengaruh timbal, kadar ROS meningkat sedangkan kadar antioksidan menurun. *Glutathion* hadir baik dalam keadaan tereduksi (GSH) dan teroksidasi (GSSG). Bentuk glutathion tereduksi memberikan ekuivalen reduksinya ( $H^+ + e^-$ ) dari gugus tiol sistein kepada ROS untuk menyetabilkan ROS. Saat terdapat enzim *glutathion* peroksidase, glutathion tereduksi berikatan secara cepat dengan molekul *glutathion* lain setelah memberikan elektron dan membentuk *glutathion disulfide* atau GSSG (Jaishankar et al., 2014).

### **2.1.6 Efek timbal bagi kesehatan**

Timbal merupakan logam berat yang sangat toksik. Logam ini dapat mengganggu proses fisiologi berbagai tanaman dan tidak seperti logam lain seperti zink, tembaga dan mangan, logam ini tidak memiliki fungsi biologi bagi tubuh. Suatu tanaman dengan kadar timbal tinggi, produksi *reactive oxygen species* akan dipercepat. Hal tersebut mengakibatkan kerusakan membran lipid. Akibatnya, proses klorofil dan fotosintesis akan rusak sehingga pertumbuhan tanaman terhambat. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa timbal mampu menghambat pertumbuhan tanaman teh dengan pengurangan biomasa dan penurunan kualitas teh dengan mengubah kualitas komponennya (Yongsheng et al., 2011).

Bahkan dalam konsentrasi rendah, timbal menyebabkan ketidakstabilan yang besar pada penyerapan ion oleh tumbuhan. Timbal menjadi pengubah metabolik signifikan pada kapasitas fotosintesis sehingga mengakibatkan hambatan besar dalam pertumbuhan tanaman (Jaishankar et al., 2014).

Gejala keracunan timbal akut adalah sakit kepala, mudah marah, sakit perut dan beberapa gejala lain terkait sistem saraf. Ensefalopati timbal dikarakterisasi oleh rasa kurang tidur dan kurang istirahat. Pada kasus parah ensefalopati timbal, seseorang akan menderita akibat psikosis akut, kebingungan dan berkurangnya kesadaran. Seseorang yang telah terpapar timbal

pada jangka waktu yang lama dapat mengalami kemunduran daya ingat, waktu reaksi diperpanjang dan pengurangan kemampuan dalam memahami. Individu dengan rata-rata kadar timbal darah di bawah 3  $\mu\text{mol/L}$  menunjukkan gejala saraf perifer dengan pengurangan kecepatan konduksi saraf dan kepekaan dermal. Jika neuropati yang terjadi bersifat parah, luka dapat menjadi permanen. Pada kasus yang lebih ringan, tanda paling nyata dari keracunan timbal adalah gangguan sintesis hemoglobin. Paparan dalam jangka waktu panjang dapat menyebabkan anemia. Gambar 3 menunjukkan efek peningkatan kadar timbal di dalam darah (Brochin *et al.*, 2008).



Gambar 2. 3. Efek peningkatan kadar timbal di darah (Brochin *et al.*, 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 runut 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. Faktor 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)**

#### **2.3.1. Prinsip Dasar**

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 tingkat tenaga yang 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).

Prinsip dari spektrofotometer adalah terjadinya interaksi antara energy dan materi. Pada spektroskopi serapan atom terjadi penyerapan *energy* oleh atom sehingga atom mengalami transisi elektronik dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Dalam metode ini, analisa didasarkan pada pengukuran intensitas sinar yang diserap oleh atom sehingga terjadi eksitasi. Untuk dapat terjadinya proses absorpsi atom diperlukan sumber radiasi monokromatik dan alat untuk menguapkan sampel sehingga diperoleh atom dalam keadaan dasar dari unsur yang diinginkan.

Absorbansi *Automatic Spectrophotometry* merupakan metode analisis yang tepat untuk analisis analit terutama logam-logam dengan konsentrasi rendah (Pecok, 1976). Absorbansi *Automatic Spectrophotometry* (AAS) didasarkan pada absorpsi atom pada suatu unsur yang dapat mengabsorpsi energi pada panjang gelombang tertentu.

Banyak energi sinar yang diabsorpsi berbanding lurus dengan jumlah atom yang mengabsorpsi. Atom terdiri atas inti atom yang mengandung proton bermuatan positif dan neutron berupa partikel netral, dimana inti atom dikelilingi oleh elektron bermuatan negatif yang memiliki tingkat energi berbeda. Jika energi diabsorpsi oleh atom, maka elektron yang berada paling luar (elektron valensi) akan tereksitasi dari keadaan dasar atau tingkat energi yang lebih rendah (*groundstate*) ke keadaan tereksitasi yang memiliki tingkat energi yang lebih tinggi (*excited site*). Jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan elektron ke tingkat energi tertentu dikenal sebagai potensial eksitasi untuk tingkat energi itu. Pada waktu kembali ke keadaan dasar, elektron melepaskan energi panas atau energi sinar (Clark, 1979).

### **2.3.2. Keunggulan/kelebihan Metode AAS**

1. Spesifik
2. Batas limit (deteksi) rendah
3. Dari satu larutan yang sama, beberapa unsur berlainan dapat diukur

4. Pengukuran dapat langsung dilakukan terhadap larutan contoh
5. Dapat diaplikasikan kepada banyak jenis unsur dalam banyak jenis contoh
6. Batas kadar yang dapat ditentukan sangat luas

### 2.3.3 Kelemahan Metode AAS

1. Kurang sempurnanya preparasi sampel, seperti : proses destruksi yang kurang sempurna tingkat keasaman blanko dan sampel tidak sama.
2. Gangguan kimia berupa : disosiasi tidak sempurna, terbentuknya senyawa refraktori.

### 2.3.4 Komponen-Komponen Absorbansi Automatic Spectrophotometry (AAS)

1. Sumber Sinar

Sumber radiasi AAS adalah *Hallow Cathode Lamp* (HCL). Setiap pengukuran dengan AAS kita harus menggunakan Hallow Cathode Lamp khusus misalnya akan menentukan konsentrasi tembaga dari suatu cuplikan. Maka kita harus menggunakan *Hallow Cathode* khusus. *Hallow Cathode* akan memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom.

*Hallow Cathode Lamp* terdiri dari katoda cekung yang silindris yang terbuat dari unsur yang sama dengan yang akan dianalisis dan anoda yang terbuat dari tungsten. Dengan pemberian tegangan pada arus tertentu, logam mulai memijar dan atom-atom logam katodanya akan teruapkan dengan pemercikan. Atom akan tereksitasi kemudian mengemisikan radiasi pada panjang gelombang tertentu

2. Sumber atomisasi (Nyala)

Sumber atomisasi dibagi menjadi dua yaitu sistem nyala dan sistem tanpa nyala. Kebanyakan instrumen sumber atomisasinya adalah nyala dan sampel diintroduksi dalam bentuk larutan. Sampel masuk ke nyala dalam bentuk aerosol. Aerosol biasa dihasilkan oleh *nebulizer* (pengabut) yang dihubungkan ke nyala oleh ruang penyemprot (*chamber spray*). Jenis

nyala yang digunakan secara luas untuk pengukuran analitik adalah udara-asetilen dan nitrous oksida-asetilen. Dengan kedua jenis nyala ini, kondisi analisis yang sesuai untuk kebanyakan analit dapat ditentukan dengan menggunakan metode-metode emisi, absorpsi dan juga fluoresensi.

a. Nyala udara asetilen

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

b. 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.

3. Monokromator

Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk memisahkan radiasi yang tidak diperlukan dari spektrum radiasi lain yang dihasilkan oleh *Hallow Cathode Lamp*.

4. Detektor

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

5. Sistem pengolah

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

6. Sistem pembacaan (*Reader*)

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

**2.4. Kerangka Konsep**

Adapun kerangka konsep penelitian ini tentang analisa kadar Pb pada rambut karyawan SPBU di Gunungtua Tahun 2022 seperti pada gambar dibawah ini

