

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Timbal

2.1.1. Definisi dan Sumber

Timbal atau timah hitam atau dalam bahasa ilmiah disebut dengan *plumbum* (Pb) merupakan logam berat yang berwarna kelabu kebiruan dan termasuk logam golongan IV A dalam tabel periodik unsur kimia. Timbal memiliki nomor atom (NA) 82 dengan berat atom (BA) 207,2. Timbal pada suhu 550-600⁰C dapat menguap dan bereaksi dengan oksigen dalam udara membentuk timbal oksida (Palar, 2004).

Penyebaran logam timbal di bumi paling sedikit dibandingkan dengan logam berat lainnya. Timbal secara alamiah terdapat dalam jumlah kecil pada batu-batuan, penguapan lava, tanah, dan tumbuhan. Timbal komersial dihasilkan melalui penambangan, peleburan, dan pengolahan ulang sekunder. (Kurniawan W, 2008). Sumber-sumber lain yang menyebabkan timbal berada di udara bermacam-macam, antara sumber alternatif ini yang tergolong besar adalah pembakaran batu bara, asap dari pabrik-pabrik yang mengolah senyawa alkil-Pb, Pb-oksida, peleburan bijih Pb, dan transfer bahan bakar kendaraan bermotor, karena senyawa alkil Pb yang berada dalam bahan tersebut dapat dengan mudah menguap (Palar, 2004).



Gambar 1. Logam Timbal (Pb) (Temple, 2007)

2.1.2. Sifat dan Kegunaan

Timbal bersifat lentur tetapi sangat rapuh sulit larut dalam air panas, air dingin, dan air asam namun mudah larut dalam asam asetat, asam nitrit, dan asam sulfat pekat. Timbal tahan terhadap korosi atau karat dan mempunyai kerapatan yang lebih besar dibanding logam-logam biasa kecuali merkuri dan emas. Timbal tidak mengalami penguapan namun dapat ditemukan diudara sebagai partikel, karena timbal merupakan sebuah unsur, sehingga tidak mengalami penguraian (degradasi) dan tidak dapat dihancurkan (Palar, 2004).

Timbal merupakan sebuah unsur yang tidak pernah ditemukan dalam bentuk logam murninya melainkan selalu bergabung dengan logam lain (Anies, 2005). Timbal dimanfaatkan oleh manusia untuk membuat amunisi, baterai, perlengkapan medis (penangkal radiasi dan alat bedah) , cat, keramik, peralatan kegiatan praktek/ilmiah (papan sirkuit untuk komputer) dan produk logam (logam lembaran, pipa, dan solder). Solder merupakan alat yang biasa digunakan oleh tenaga servis elektronik untuk membantu melekatkan kaki komponen elektronika dengan papan sirkuit utama. Proses penyolderan

dilakukan dengan menggunakan timah solder atau tenol yang terbuat dari campuran Pb+Sn. Pembakaran tenol dengan solder akan mengeluarkan asap atau uap panas yang dapat terhirup oleh tenaga servis elektronik sehingga menyebabkan terjadinya akumulasi timbal didalam tubuh yang dapat mempengaruhi kesehatan (Palar, 2004).

Tabel 2. Bentuk persenyawaan timbal dan kegunaanya

Bentuk persenyawaan	Kegunaan
Pb + As + Sn + Bi	Kabel listrik
Pb + Sb	Kabel telepon
Pb + Te	Pembangkit listrik tenaga panas
Pb + Ni	Senyawa azida untuk bahan peledak
Pb + Cr + Mo + Cl	Untuk pewarnaan pada cat
Pb – asetat	Pengkilapan keramik dan bahan anti api
<i>Tetrametil – Pb & Tetraetil – Pb</i>	Aditive bahan bakar kendaraan bermotor

Sumber : Palar, 2004

2.1.3. Metabolisme Timbal dalam Tubuh

1. Absorpsi

Timbal (Pb) masuk dan diabsorpsi ke dalam tubuh manusia melalui saluran pencernaan, saluran pernafasan, dan penetrasi lapisan kulit. Timbal yang terhirup saat bernafas sebagian besar akan masuk ke pembuluh darah dan paru-paru, sebanyak 30-40 % timbal yang diabsorpsi melalui saluran nafas akan masuk ke dalam aliran darah tergantung pada ukuran partikel, volume nafas, daya larut, variasi faal antar individu dan akan berikatan dengan darah paru-paru untuk diedarkan ke seluruh organ dan jaringan tubuh. Absorpsi timbal yang melalui saluran pernafasan dipengaruhi oleh tiga proses yaitu deposisi, pembersihan mukosiliar dan pembersihan alveolar.

Rata-rata 10-30% timbal yang terinhalasi diabsorpsi melalui saluran cerna dan uap timbal *tetra etil* diabsorpsi dengan baik melalui paru-paru. Peningkatan absorpsi timbal menyebabkan penurunan kadar hemoglobin, penurunan jumlah dan pemendekan masa hidup eritrosit, peningkatan jumlah eritrosit berbintik *basofilik*, dan peningkatan jumlah eritrosit muda (retikulosit) (Joko S, dalam Suciani S 2008).

2. Distribusi

Timbal yang diabsorpsi dari saluran pernafasan, pencernaan atau kulit akan diangkut oleh darah ke organ-organ tubuh yang lain. Sebanyak 95% timbal diikat oleh eritrosit dan 5% oleh plasma darah. Sebagian timbal plasma dapat berdifusi serta diperkirakan dalam keseimbangan *pool* timbal lainnya, yang dapat dibagi menjadi 2 yaitu jaringan lunak (sistem saraf, paru-paru, sumsum tulang, otot, otak, ginjal, jantung, limpa, hati) serta jaringan keras (rambut, tulang, gigi). Mengeliminasi separuh kadar timbal yang terakumulasi dalam darah diperlukan waktu 2-3 tahun (Anies, 2005).

3. Ekskresi

Proses ekskresi timbal dapat dilakukan melalui beberapa cara yaitu melalui saluran cerna dan ginjal. Proses ekskresi timbal melalui urin sekitar 75-80%, dan melalui feses 15% serta lainnya melalui keringat, empedu, kuku, dan rambut (Palar, 2004). Waktu paruh timbal didalam darah sekitar 36 hari, pada jaringan lunak sekitar 40 hari dan pada tulang sekitar 25 tahun. Sekresi timbal pada umumnya berjalan lambat, sehingga menyebabkan timbal mudah terakumulasi didalam tubuh (Adnan, 2001).

2.2. Jalur Masuk Timbal dan Efek Klinis Timbal dalam Tubuh

2.2.1. Jalur Masuk Timbal ke Tubuh

Proses masuknya timbal ke dalam tubuh melalui berbagai jalur, yaitu :

1. Melalui sistem pernafasan

Timbal yang terhirup pada saat bernafas sebagian besar masuk ke pembuluh darah dan paru-paru. Tingkat penyerapan sangat dipengaruhi oleh ukuran dari senyawa timbal yang ada dan volume udara yang mampu dihirup, apabila ukuran partikel debu kecil dan volume udara yang dihirup besar maka akan semakin besar pula konsentrasi timbal yang diserap oleh tubuh. Timbal yang masuk ke paru-paru akan terserap dan berikatan dengan darah paru-paru untuk kemudian diedarkan ke seluruh jaringan dan organ tubuh. Logam Pb yang terserap oleh darah 90% akan berikatan dengan sel darah merah.

2. Melalui Makanan dan Minuman

Senyawa timbal yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan dan minuman akan diikuti dalam proses metabolisme tubuh. Jumlah timbal yang masuk bersama makanan dan minuman masih bisa ditolerir oleh lambung, karena asam lambung (HCl) mempunyai kemampuan untuk menyerap keberadaan timbal, dan pada kenyataannya timbal lebih banyak dikeluarkan oleh tinja.

3. Penetrasi pada lapisan kulit

Penyerapan lewat kulit dapat terjadi karena senyawa timbal dapat larut dalam minyak dan lemak (Palar, 2004).

2.2.2. Efek Klinis Timbal

Paparan timbal yang berlangsung lama dapat mengakibatkan gangguan pada berbagai sistem organ. Efek pertama pada keracunan timbal kronis sebelum mencapai target organ adalah adanya gangguan pada biosintesis heme, jika hal ini tidak segera diatasi maka akan terus berlanjut mengenai organ lainnya. Meskipun jumlah timbal yang terserap oleh tubuh sangat sedikit tetapi timbal tetap berbahaya, karena senyawa-senyawa timbal dapat memberikan efek racun terhadap organ-organ yang terdapat di dalam tubuh (Palar, 2004). Berikut organ-organ tubuh yang sering menjadi sasaran dari peristiwa keracunan timbal menurut Palar (2004) :

1. Sistem syaraf

Sistem syaraf adalah sistem yang paling sensitif terhadap daya racun yang dibawa timbal. Senyawa timbal tetra etil dapat menyebabkan keracunan akut pada sistem saraf pusat, meskipun proses keracunan tersebut terjadi dalam waktu panjang dengan kecepatan serapan yang kecil. Penyakit yang berhubungan dengan otak sebagai akibat dari keracunan timbal adalah kerusakan pada otak besar, halusinasi, *epilepsi*, dan *delirium* yang sejenis dengan penyakit gula.

2. Sistem saluran cerna

Kolik usus (spasme usus halus) merupakan gejala klinis yang paling sering dari keracunan timbal lanjut, biasanya didahului dan hampir selalu disertai dengan konstipasi berat. Nyeri terlokalisir disekitar dan dibawah

umbilikus. Tanda paparan timbal (tidak berkaitan dengan kolik) adalah pigmentasi kelabu pada gusi (“garis-garis timbal”).

3. Sistem urinaria

Senyawa timbal 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. *Glomerulus* merupakan tempat terjadinya proses pemisahan akhir dari semua bahan yang dibawa oleh darah, apakah masih berguna didalam tubuh atau harus dibuang. Ikutnya senyawa timbal yang terlarut dalam darah ke sistem urinaria (ginjal) dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan pada saluran ginjal. Kerusakan tersebut disebabkan oleh terbentuknya *intranuclear inclusion bodies* yang disertai dengan membentuk *aminociduria*, yaitu terjadinya kelebihan asam amino dalam urin.

4. Sistem hematopoietik

Gangguan awal pada biosintesis heme belum terlihat adanya gangguan klinis, gangguan awal timbal hanya dapat terdeteksi melalui pemeriksaan laboratorium. Kadar timbal darah 10 µg/dL dapat menghambat aktivitas enzim *δ-aminolevulinat dehidratase* (ALAD) dalam eritroblast sumsum tulang dan eritrosit, hal ini mengakibatkan peningkatan kadar *δ-aminolevulinat* (δ-ALA) dalam kemih dan serum. Kadar ALAD yang tinggi dapat menimbulkan *neurotoksik*. Kadar timbal dalam darah sebesar 40-50 µg/dL dapat menimbulkan gangguan pada sintesis hemoglobin sedangkan apabila kadar

timbal dalam darah jumlahnya sampai 70 $\mu\text{g/dL}$ dapat menyebabkan anemia klinis (Adnan S, 2001).

2.3. Darah dan Sel Darah Merah

Darah terdiri dari 2 bagian yaitu elemen padat (sel darah merah, sel darah putih, dan trombosit) dan elemen cair (plasma). Darah mempunyai fungsi utama sebagai alat transportasi, sel darah merah mengandung pigmen pengangkut oksigen atau yang biasa disebut dengan hemoglobin. 90% hemoglobin dari protein sel darah merah yang berupa senyawa protein yang kompleks. Selain sebagai pembawa oksigen pada sel darah merah hemoglobin juga mentranspor CO_2 , yaitu suatu produk sampah dari metabolisme ke paru-paru untuk di respirasi (Sacher, 2004).

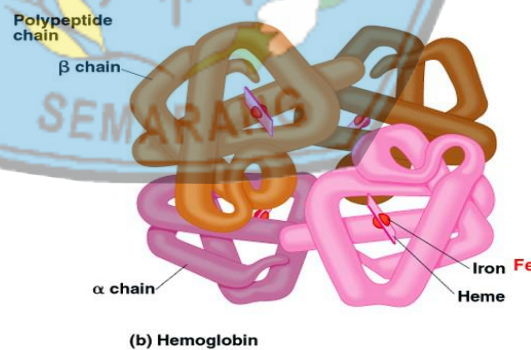
Sel darah merah dibentuk didalam sumsum tulang. Perkembangan sel darah dalam sumsum tulang melalui berbagai tahap yang semula besar dan berisi nukleus tapi tidak ada hemoglobin, kemudian diisi hemoglobin dan akhirnya kehilangan nukleusnya baru setelah itu diedarkan ke dalam sirkulasi darah. Panjang hidup sel darah merah rata-rata sekitar 115 hari (Evelyn, 2006). Sel darah merah mampu mengkonsentrasikan hemoglobin dalam cairan sel sampai 34 g/dL sel dan konsentrasi hemoglobin tidak pernah meningkat melampaui nilai tersebut karena adanya pembatasan metabolik dari mekanisme pembentukan hemoglobin didalam sel. Apabila pembentukan hemoglobin dalam sel berkurang maka persentase hemoglobin didalam sel dapat turun sampai 15 gr/dL (Guyton, 2007).

2.4. Hemoglobin

2.4.1. Definisi

Hemoglobin adalah suatu senyawa protein dengan zat besi yang dinamakan *conjugated* protein. Zat besi (Fe) merupakan penyebab warna merah pada darah sehingga hemoglobin juga disebut dengan zat warna darah. Jumlah hemoglobin dalam darah normal sekitar 15 gram tiap 100 ml darah, yang biasanya disebut dengan 100 persen (Evelyn, 2006). Kadar hemoglobin dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu umur, jenis kelamin, kebiasaan minum teh atau kopi (dapat menurunkan penyerapan besi), kebiasaan merokok dan keracunan timbal. Selain itu ada beberapa masalah klinis yang menyebabkan penurunan kadar hemoglobin seperti anemia dan kanker (Gibson, 2005).

2.4.2. Struktur Hemoglobin



Gambar 2. Hemoglobin (Sacher, 2000).

Molekul hemoglobin terdiri dari empat gugus *heme* dan *globin*, *aprotein*, suatu molekul organik dengan satu atom besi. Hemoglobin normal pada bayi yang masih dalam kandungan atau bayi baru lahir terdiri atas beberapa rantai beta dan molekul hemoglobinnya terbentuk dari 2 rantai alfa

dan 2 rantai gama yang disebut dengan HbF sedangkan pada orang dewasa (HbA) terdiri atas 2 *alpha-globulin chains* dan 2 *beta-globulin chains*.

Hemoglobin pada orang dewasa berupa *tetramer* yang mengandung 4 sub unit protein dan terdiri dari masing-masing 2 sub unit alfa dan beta yang terikat secara kovalen. Secara struktural tiap sub unitnya mirip dan mempunyai ukuran yang hampir sama. Setiap sub unit memiliki berat molekul sekitar 16,000 Dalton sehingga berat molekul total tetramernya sekitar 64,000 Dalton.

2.4.3. Sintesa Hemoglobin

Sel-sel darah merah adalah suatu bentuk kompleks khelat yang dibentuk oleh logam Fe (besi) dengan gugus heme dan globin. Sintesa kompleks tersebut melibatkan 2 macam enzim, yaitu enzim ALAD (*Amino Levulinic Acid Dehidrase*) atau enzim *Levulinat dehidrase* dan enzim *ferrokhelatase*.

Sintesa hemoglobin diawali dari peristiwa bereaksinya *succinyl co-A* dengan *glycin* yang akan membentuk senyawa ALA (*d-Amino Levulinic Acid*) atau *asam amino levulinat* yang dikatalisasi oleh ALA sintese. Kemudian ALA mengalami dehidrasi menjadi *porphobilinogen* oleh enzim ALAD (ALA dehidratase). Setelah melewati beberapa tahapan reaksi senyawa *porphobilinogen* tersebut mengalami perubahan bentuk lagi menjadi *protophyrin-IX*, yang selanjutnya diubah menjadi heme. Heme akan bereaksi dengan Globin dan ion logam Fe^{2+} dan dengan bantuan enzim *ferrokhelatase* akan membentuk hemoglobin (Palar, 2004).

2.4.4. Fungsi Hemoglobin

Hemoglobin didalam darah berfungsi sebagai pembawa oksigen dari paru-paru keseluruh jaringan tubuh dan membawa karbondioksida dari semua sel ke paru-paru untuk dikeluarkan dari tubuh (Almatsier S, 2001).

Fungsi hemoglobin menurut Depkes RI (2011) antara lain :

1. Mengatur pertukaran oksigen dengan karbondioksida didalam jaringan tubuh.
2. Mengambil oksigen dari paru-paru kemudian dibawa keseluruh jaringan tubuh untuk dipakai sebagai bahan bakar.
3. Membawa karbon dioksida dari jaringan tubuh sebagai hasil dari metabolisme ke paru-paru untuk di buang.

Seseorang mengalami kekurangan darah atau tidak, dapat diketahui dengan mengukur kadar hemoglobin. Kadar hemoglobin yang kurang dari nilai normal menandakan bahwa didalam tubuh seseorang mengalami kekurangan darah atau anemia (Kurniawan W, 2008).

2.4.5. Kadar Hemoglobin Normal dalam Tubuh

Batas normal kadar hemoglobin seseorang sulit ditentukan karena kadar hemoglobin bervariasi antara setiap suku bangsa.

WHO telah menetapkan batas kadar hemoglobin normal berdasarkan umur dan jenis kelamin sebagai berikut :

Tabel 3. Batas kadar hemoglobin

Kelompok Umur	Batas Kadar Hemoglobin (gr/dl)
Anak 6 bulan - 6 tahun	11,0
Anak 6 tahun – 14 tahun	12,0
Pria dewasa	13,0
Wanita dewasa	12,0
Ibu hamil	11,0

Sumber : WHO dalam arisman 2002

2.5. Pengaruh Timbal dalam Pembentukan Hemoglobin

Hemoglobin disusun oleh molekul heme dan globin. Molekul heme disusun oleh unsur besi dan porfirin yang terjadi pada tahap akhir proses biosintesis heme. Proses biosintesis heme dapat terhambat salah satunya karena pengaruh Pb yang masuk ke dalam tubuh. Timbal yang masuk ke paru-paru melalui pernafasan akan terserap dan berikatan dengan darah yang kemudian diedarkan keseluruh jaringan dan organ tubuh. lebih dari 90% timbal yang terserap oleh darah berikatan dengan sel-sel darah merah, dan efek predomnan dari timbal adalah gangguan pada biosintesis heme dan hematopoiesis (Santosa B, 2015).

Senyawa timbal yang terdapat dalam tubuh akan mengikat gugus aktif dari enzim ALAD di sitosol dan *koproporfirinogen oksidase* dalam mitokondria, juga menginhibisi ferokelatase dalam mitokondria. Sebagai konsekuensinya akan meningkatkan aktivitas ALA sintase. Ikatan yang terbentuk antara logam timbal (Pb) dengan gugus ALAD akan mengakibatkan pembentukan intermediat *phorphobilinogen* dan kelanjutan dari proses reaksi ini tidak dapat berlanjut (terputus) (Palar, 2004). Gangguan aktivitas ALAD

menyebabkan penimbunan ALA. Metabolisme *koproporphirin* tertekan, dan pemasukan besi dalam bentuk Fe^{2+} ke dalam *protoporphirin* terhambat karena timbal juga menghambat sintesis heme. Penekanan sintesis heme menyebabkan sel darah merah menimbun *protoporphirin* secara berlebihan (Sacher and McPherson, 2004).

Timbal (Pb) menghambat enzim ferokelatase yang merupakan enzim pada tahap akhir pada proses biosintesis heme. Hambatan pada enzim ferokelatase ini menghambat biosintesis heme sehingga mengganggu pembentukan hemoglobin. Gangguan pembentukan hemoglobin tersebut mengakibatkan penurunan kadar hemoglobin sebagai indikator anemia (Santosa B, 2015).

Keracunan yang terjadi akibat kontaminasi timbal dapat menimbulkan hal-hal berikut :

1. Meningkatkan kandungan logam Fe dalam plasma darah
2. Peningkatan jumlah eritrosit berbintik *basofilik*
3. Peningkatan jumlah sel darah merah yang masih muda (retikulosit)
4. Memperpendek umur dan menurunkan jumlah sel darah merah
5. Peningkatan kadar *Amino Levulinic Acid* (ALA)

Timbal akan menghambat enzim heme sintetase yang mengakibatkan menurunnya produksi heme. Penurunan produksi heme tersebut akan meningkatkan aktivitas ALA sintetase, yang pada akhirnya produksi ALA menjadi meningkat. Peningkatan ALA dapat dilihat dari ekskresi ALA di urin.

6. Peningkatan kadar *protoporphirin* dalam sel darah merah

Perubahan *protoporphirin IX* menjadi heme akan terhambat dengan adanya timbal, sehingga hal ini akan menyebabkan terjadinya akumulasi pada *protoporphirin IX* yang dapat diketahui pada plasma (Palar, 2004).

2.6. Kadar Normal Timbal dan Batasan Paparan Timbal dalam Tubuh

Upaya untuk evaluasi keterpaparan Pb dapat diketahui dengan melihat konsentrasi kandungan Pb dalam jaringan dan cairan tubuh yang normal.

Berikut merupakan kadar Pb yang terdapat pada jaringan tubuh orang yang tidak terpapar Pb:

Tabel 4. Kadar Pb dalam 9 Jaringan Tubuh Orang yang Tidak Terpapar Pb

Jaringan	Mg Pb/100 gr Jar. Basah
Tulang	0,67 – 3,59
Paru – paru	0,03 – 0,09
Ginjal	0,05 – 0,16
Hati	0,04 – 0,28
Jantung	0,04
Rambut	0,007 – 1,17
Gigi	0,28 – 31,4
Limpa	0,01 – 0,07
Otak	0,01 – 0,09

Sumber: Palar, 2004

Konsentrasi normal timbal dalam darah menurut WHO dalam Suciani S, (2008) adalah 10-25 $\mu\text{g/dL}$. Sedangkan menurut Palar (2004) terdapat perbedaan konsentrasi timbal pada orang dewasa yang disebabkan oleh faktor lingkungan letak geografis dimana orang-orang tersebut berada. Jumlah konsentrasi timbal didalam darah orang dewasa tidak sama.

Berdasarkan perbedaan tersebut konsentrasi timbal dalam darah digolongkan ke dalam 4 kategori yang dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 5. Kategori Pb dalam darah orang dewasa menurut Palar (2004)

Kategori	Mg Pb/100 ml Darah	Deskripsi
Normal	< 40	Tidak terkena paparan atau tingkat paparan normal
Dapat ditoleransi	40 – 80	Pertambahan penyerapan dari keadaan terpapar tapi masih bisa ditoleransi
Berlebih	80- 120	Kenaikan penyerapan dari keterpaparan yang banyak mulai memperlihatkan tanda-tanda keracunan
Tingkat bahaya	>120	Penyerapan mencapai tingkat bahaya dengan tanda-tanda keracunan ringan sampai berat.

Manusia yang terpapar oleh timbal dalam batasan normal maka daya racun yang dimiliki oleh timbal tidak akan bekerja dan belum menimbulkan pengaruh apapun terhadap tubuh. timbal akan memperlihatkan gejala keracunan pada orang yang terpapar apabila jumlah timbal yang diserap oleh orang tersebut telah mencapai batas ambang atau bahkan sudah melebihi batas ambang. Konsentrasi timbal yang berlebih dan mencapai tingkat bahaya mampu menghambat sintesis hemoglobin yang akhirnya dapat menurunkan kadar hemoglobin (Palar, 2004).

Gejala yang umum ditemukan pada orang yang terpapar timbal dalam batas toleransi adalah:

1. Tremor dan peningkatan refleksi
2. Rasa logam manis dimulut, dalam hubungannya dengan merokok
3. perubahan tingkah laku, murung, malas, mudah marah, insomnia, dan sakit kepala

4. Malgia, neuritis/neuropati perifer ringan
5. Rasa tidak enak diepigastrium atau kolik disekitar umbilikus, diare, dan konstipasi.

2.7. Pengaruh Timbal terhadap Kesehatan

Timbal (Pb) merupakan racun yang sistemik didalam tubuh, jika akumulasi timbal dalam tubuh berlebih maka dapat mengakibatkan berbagai gangguan kesehatan. Akumulasi timbal dalam darah yang relatif tinggi dapat menyebabkan anemia, sindroma saluran pencernaan, kerusakan ginjal, kerusakan syaraf pusat, *hipertensi*, *neuromuscular*, penurunan kesadaran, sindroma saluran cerna, dan perubahan tingkah laku. Penyerapan timbal yang terus menerus melalui pernafasan juga dapat berpengaruh pada sistem haematopoietik karena senyawa-senyawa timbal dapat memberikan efek racun terhadap berbagai fungsi organ tubuh. Konsentrasi timbal pada taraf 40-50 µg/dL mampu menghambat sintesis hemoglobin yang akhirnya dapat merusak hemoglobin darah.

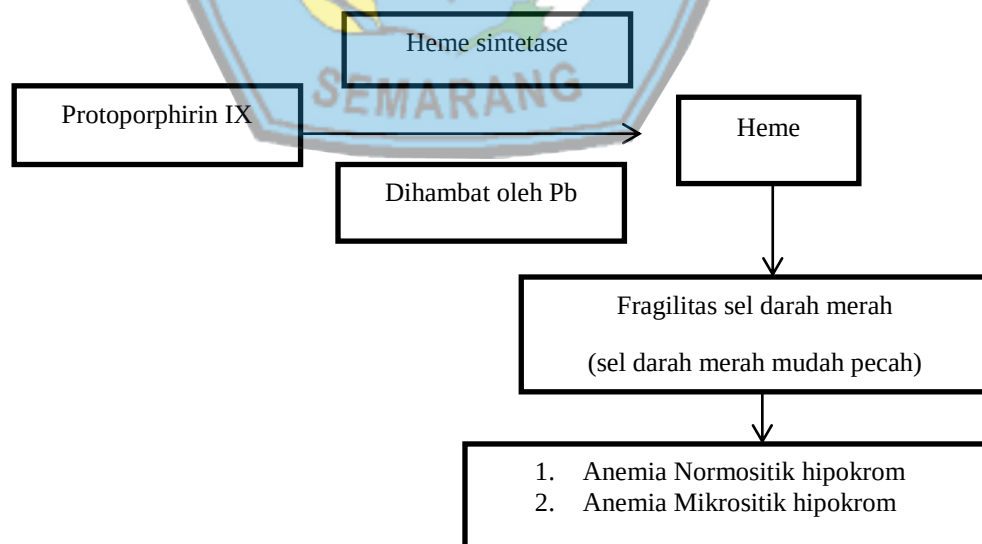
Berikut merupakan hasil laboratorium pada keracunan timbal:

Tabel 6. Hasil Laboratorium pada Keracunan Timbal

Pemeriksaan Hematologi	Hasil pemeriksaan
Anemia	Hemoglobin 9-11 g/dl Retikulosit 2-7% Rasio protoporfirin : eritrosit 5,5 µg/Dl
Sumsum tulang	Sideroblast bercincin Hiperplasia eritrosid
Kelainan Eritrosit	Bintik-bintik <i>basophil</i> Anisositosis, poikilositosis sedang ketahanan osmotik berkurang
Urin	Porfobilinoigen normal Ekskresi ALA >20 mg/L Koproporfirin III >0,5 mg/L

Kadar hemoglobin pada orang yang keracunan timbal cenderung berada dibawah nilai normal dan dapat menjadi anemia. Anemia merupakan keadaan berkurangnya jumlah eritrosit atau hemoglobin (protein pembawa O₂) dari nilai normal dalam darah sehingga tidak dapat memenuhi fungsinya untuk membawa O₂ dalam jumlah yang cukup ke jaringan perifer sehingga pengiriman O₂ ke jaringan menurun. Timbal dapat menyebabkan 2 macam anemia yang disertai dengan eritrosit berbintik *basofilik*, yaitu anemia hemolitik dan anemia makrositik hipokromik jika sudah kronis. Hal ini terjadi karena menurunnya masa hidup eritrosit akibat interfensi logam dalam sintesis hemoglobin dan karena peningkatan *corproorphirin* di dalam urin (ATSDR, 2003).

Skema mekanisme terjadinya anemia yang diakibatkan oleh paparan Pb dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Skema efek terjadinya anemia oleh Pb

2.8. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Absorpsi Timbal dalam Tubuh

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi toksisitas timbal terhadap kesehatan dibagi menjadi 2 kelompok besar antara lain :

2.8.1. Manusia

1. Lama kerja

Lamanya seseorang menjalani suatu pekerjaan secara umum akan mempengaruhi sikap dan tindakan dalam bekerja. Semakin lama waktu kerja tenaga servis elektronik dalam sehari maka akan semakin besar pula resiko terhadap paparan timbal yang dapat mempengaruhi kesehatan.

2. Umur

Semakin tua umur seseorang maka semakin tinggi pula konsentrasi timbal yang terakumulasi di jaringan tubuh. hal ini terjadi karena aktivitas enzim biotransformasi berkurang seiring dengan bertambahnya usia dan daya tahan organ tertentu akan berkurang terhadap efek timbal.

3. Jenis kelamin

Perbedaan faktor ukuran tubuh, keseimbangan hormonal, dan perbedaan metabolisme mengakibatkan efek toksik pada wanita lebih rentan dari pada pria.

4. Alat Pelindung Diri (APD)

Alat pelindung diri adalah alat yang dipakai oleh pekerja untuk melindungi diri dari kecelakaan yang terjadi akibat pekerjaannya. APD yang digunakan untuk mengurangi absorpsi timbal adalah masker. Penggunaan

masker ini diharapkan dapat menurunkan resiko bahaya penyakit dari paparan timbal yang diakibatkan oleh pekerjaannya.

2.8.2. Lingkungan

1. Jalur pemaparan (cara kontak)

Efek timbal menjadi lebih berbahaya terhadap kesehatan apabila memasuki jalur yang tepat. Orang yang sedang mengalami sumbatan pada hidung akan lebih beresiko tinggi, karena pernafasan lewat mulut akan lebih mempermudah senyawa timbal masuk ke tubuh (Suyono J, 2001).

2. Dosis dan lama paparan

Dosis timbal yang besar dan lamanya paparan dapat menimbulkan efek yang berat dan berbahaya.

3. Kelangsungan pemaparan

Pemaparan timbal secara terus menerus memberikan efek yang berat dibandingkan dengan pemaparan yang tidak terus menerus, karena berat ringannya efek timbal tergantung pada proses pemaparan timbal.

2.9. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kadar Hemoglobin

1. Umur

Kadar hemoglobin menurun berdasarkan peningkatan umur. Bayi yang baru lahir memiliki kadar hemoglobin yang lebih tinggi dibanding anak-anak dan orang dewasa. Kadar hemoglobin terlihat menurun pada usia 50 tahun keatas (Gibson, 2005)

2. Jenis Kelamin

Laki-laki memiliki kadar hemoglobin lebih tinggi dibandingkan perempuan karena dipengaruhi fungsi fisiologis dan metabolisme laki-laki lebih aktif dari pada perempuan. Kadar hemoglobin perempuan lebih mudah turun karena perempuan mengalami siklus menstruasi yang rutin setiap bulannya. Pada saat menstruasi perempuan banyak kehilangan zat besi oleh karena itu kebutuhan zat besi perempuan lebih banyak daripada laki-laki (Gibson, 2005).

3. Kebiasaan Merokok

Merokok merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kadar hemoglobin. Rokok mengandung banyak zat beracun dan komponen yang berbahaya bagi kesehatan seperti nikotin, karbonmonoksida, nitrogen oksida, hidrogen sianida dan radikal bebas. Karbon monoksida 245 kali lebih mudah berikatan dengan hemoglobin dibandingkan oksigen dengan hemoglobin (Goel dkk, 2010).

karbonmonoksida yang berikatan dengan membentuk karboksilhemoglobin (COHb) yang dalam keadaan normal jumlahnya didalam darah sangat rendah. Kadar karboksilhemoglobin yang tinggi pada perokok menyebabkan rendahnya penyerapan oksigen oleh tubuh, oleh karena itu tubuh merespon keadaan ini dengan meningkatkan kadar hemoglobin (Asif, 2013)

4. Kebiasaan Minum teh atau kopi

Kebiasaan minum kopi dan teh memiliki pengaruh terhadap absorpsi besi (Fe) karena kandungan tanin yang terdapat pada kopi dan teh dapat menurunkan absorpsi besi. Tanin dalam kopi dapat menurunkan absorpsi besi sampai 40% dan dapat menurunkan absorpsi besi sampai 85% pada teh. Penurunan absorpsi besi tersebut dapat mempengaruhi pembentukan hemoglobin karena besi merupakan faktor utama pembentukan hemoglobin (Guthrie dalam Ekorinawati W, 2010).

5. Olahraga

Aktivitas yang berat seperti berolahraga dapat mempengaruhi kadar hemoglobin, hal ini diakibatkan karena pada saat olahraga kebutuhan metabolik sel-sel otot meningkat, oksigen yang cukup sedangkan oksigen dibawa oleh hemoglobin. Jika aktivitas yang dikerjakan berat maka pembentukan hemoglobin juga harus memadahi dengan konsumsi makanan yang mengandung Fe dan protein yang cukup. Jika konsumsi Fe dan protein kurang memadahi maka dapat terjadi penurunan produksi hemoglobin (Arisman, 2005).

6. Logam Berat Pb

Logam berat Pb yang masuk kedalam tubuh melalui pernafasan akan langsung berinteraksi dengan darah. Pb yang masuk dalam darah 90% akan berikatan dengan eritrosit, yang dapat menimbulkan gangguan pada sistem hematopoietik. Pb dapat menghambat biosintesis heme dengan cara menghambat enzim ferokelatase sehingga produksi heme menjadi berkurang

dan tidak bisa berikatan dengan globin yang akhirnya menurunkan kadar hemoglobin (Santosa B, 2015).

2.10. Atomic Absorbtion Spectrophotometer (AAS)

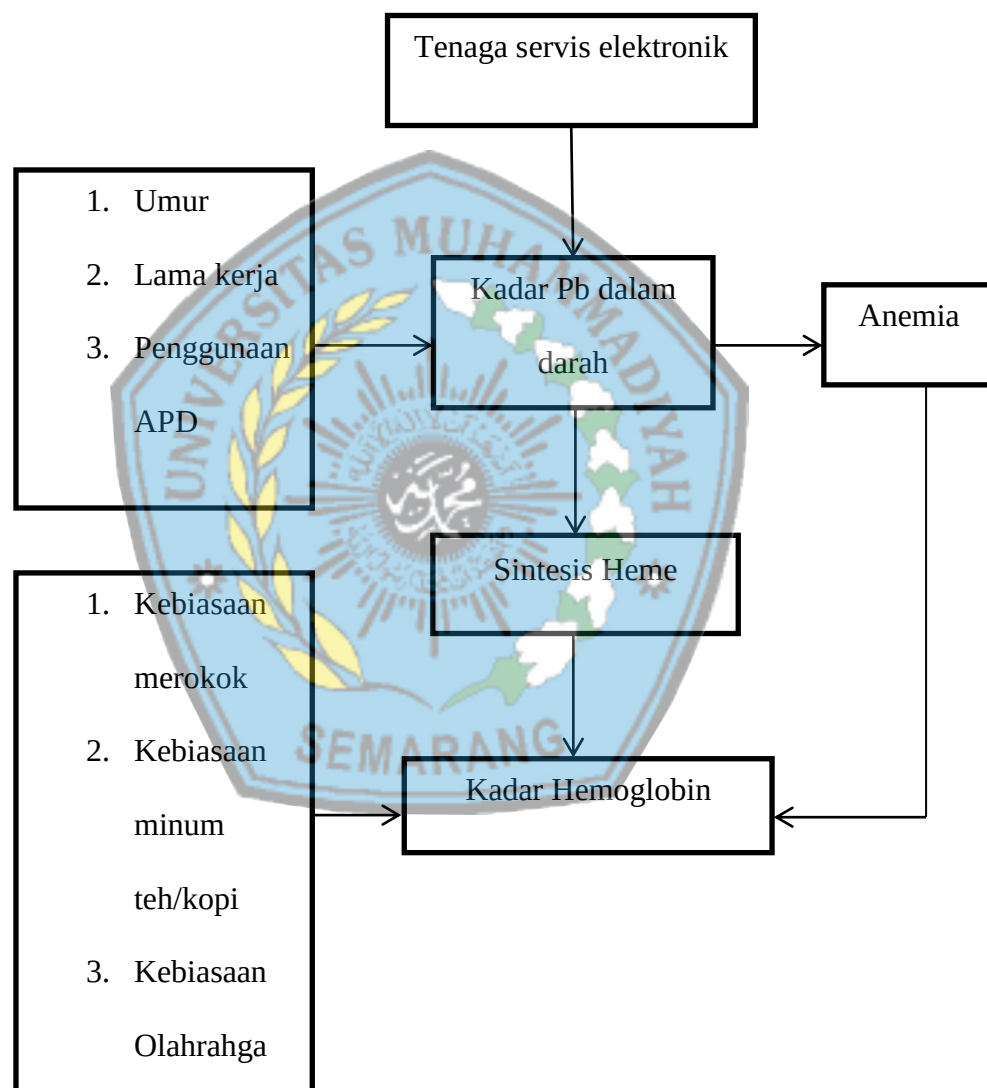
Atomic Absorbtion Spectrophotometer (AAS) adalah metode yang dapat digunakan untuk analisa kadar logam berat seperti Pb, Cu, dan Cd. Metode ini juga sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Pemilihan metode spektrometri serapan atom karena mempunyai sensitivitas tinggi, mudah, murah, cepat, sederhana, dan sedikit cuplikan dibutuhkan. Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya (Supriyanto, dkk., 2007).

Teknik ini mempunyai kelebihan dibandingkan dengan metode spektroskopi emisi konvensional. Selain dengan metode serapan atom, unsur-unsur dengan energi eksitasi rendah dapat juga dianalisis dengan fotometri nyala, akan tetapi, fotometri nyala tidak cocok untuk unsur-unsur dengan energi eksitasi tinggi. Fotometri nyala memiliki range ukur optimum pada panjang gelombang 400-800 nm, sedangkan AAS memiliki range ukur optimum pada panjang gelombang 200-300 nm (Skoog et al., 2000).

Cara kerja AAS berdasarkan atas 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 yang akan

ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Darmono dalam Utami 2015).

2.11. Kerangka teori



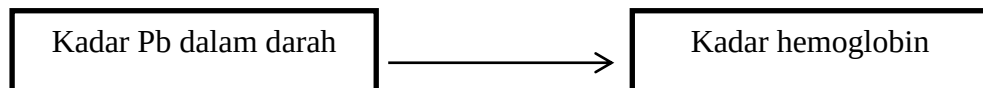
Gambar 4. Kerangka teori

2.12. Kerangka konsep

Mengacu pada kerangka teori yang telah dipaparkan kerangka konsep dalam penelitian ini adalah :

Variabel bebas

Variabel terikat



Gambar 5. Kerangka konsep

2.13. Hipotesis

Ada hubungan antara kadar timbal (Pb) terhadap kadar hemoglobin pada tenaga servis elektronik.

