

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Timbal

Timbal (Pb, timah hitam) seringkali kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari karena terdapat di lingkungan sekitar kita. Timbal merupakan salah satu contoh logam berat yang , ditambahkan dalam bahan bakar minyak sebagai *antiknock*. Timbal dapat terpajan pada manusia melalui makanan, lingkungan dan industri, namun sebagian besar timbal terpajan dalam bidang industri (Wiria, 2009).

Timbal atau dikenal sebagai logam Pb dalam susunan unsur merupakan logam berat yang terdapat secara alami di dalam kerak bumi dan tersebar ke alam dalam jumlah kecil melalui proses alami termasuk letusan gunung berapi dan proses geokimia. Timbal merupakan logam lunak yang berwarna kebiru-biruan atau abu-abu keperakan dengan titik leleh pada 327,5 °C dan titik didih 174 °C pada tekanan atmosfer. Timbal mempunyai nomor atom terbesar dari semua unsur yang stabil, yaitu 82. Namun logam ini sangat beracun. Seperti halnya merkuri yang juga merupakan logam berat. Timbal adalah logam yang dapat merusak sistem syaraf jika terakumulasi dalam jaringan halus dan tulang untuk waktu yang lama. Timbal terdapat dalam beberapa isotop: <sup>204</sup>Pb (1.4%), <sup>206</sup>Pb (24.1%), <sup>207</sup>Pb (22.1%), and <sup>208</sup>Pb (52.4%). <sup>206</sup>Pb, <sup>207</sup>Pb and <sup>208</sup>Pb yang semuanya adalah radiogenic dan merupakan produk akhir dari pemutusan rantai kompleks. Logam ini sangat resistan (tahan) terhadap korosi, oleh karena itu seringkali dicampur dengan cairan yang bersifat korosif (seperti asam sulfat). (Wiria, 2009)

#### 1. Sumber pencemar timbal

Pencemaran lingkungan oleh timbal kebanyakan berasal dari aktifitas manusia yang mengekstraksi dan mengeksploitasi logam tersebut. Timbal digunakan untuk berbagai kegunaan terutama sebagai bahan perpipaan, bahan aditif untuk bensin, baterai, pigmen dan amunisi. Sumber potensial pajanan timbal dapat bervariasi di berbagai lokasi. (Sunoko, 2008)

Manusia menyerap timbal melalui udara, debu, air dan makanan. Salah satu penyebab kehadiran timbal adalah pencemaran udara. Yaitu akibat kegiatan transportasi darat yang menghasilkan bahan pencemar seperti gas CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, hidrokarbon, SO<sub>2</sub>, dan tetraethyl

lead, yang merupakan bahan logam timah hitam (timbal) yang ditambahkan ke dalam bahan bakar berkualitas rendah untuk menaikkan nilai oktan.

a. Timbal dari lingkungan alam

Secara alamiah timbal terdapat pada bebatuan alam dan tanah yang ada di dalam kerak bumi. Timbal tidak terdegradasi atau rusak, tapi senyawanya dapat berubah ketika terkena sinar matahari, udara dan air.

b. Timbal dalam bahan bakar kendaraan bermotor

Senyawa Pb-organik seperti Pb-tetraetil dan Pb-tetrametil banyak digunakan sebagai zat aditif pada bahan bakar minyak untuk meningkatkan angka oktan secara ekonomi dan merupakan bagian terbesar dari seluruh emisi Pb ke atmosfer. Pb-tetraetil dan Pb-tetrametil berbentuk larutan dengan titik didih masing-masing 110 °C dan 200 °C. Karena daya penguapan kedua senyawa tersebut lebih rendah dibandingkan dengan unsur-unsur lain dalam bahan bakar minyak, maka penguapan bahan bakar minyak akan cenderung memekatkan kadar Pb-tetraetil dan Pb-tetrametil. Kedua senyawa ini akan terdekomposisi pada titik didihnya dengan adanya sinar matahari dan senyawa kimia lain di udara seperti senyawa halogen asam atau oksidator.

Emisi timbal masuk ke dalam lapisan atmosfer bumi dan dapat berbentuk gas dan partikel. Emisi timbal yang masuk dalam bentuk gas terutama berkaitan sekali berasal dari buangan gas kendaraan bermotor. Emisi tersebut merupakan hasil samping pembakaran yang terjadi dalam mesin-mesin kendaraan, yang berasal dari senyawa tetrametil-Pb dan tetril-Pb yang selalu ditambahkan dalam bahan bakar kendaraan bermotor yang berfungsi sebagai antiknock pada mesin-mesin kendaraan. Musnahnya timbal (Pb) dalam peristiwa pembakaran pada mesin yang menyebabkan jumlah Pb yang dibuang ke udara melalui asap buangan kendaraan menjadi sangat tinggi. Berdasarkan estimasi skitar 80–90% Pb di udara ambien berasal dari pembakaran bensin tidak sama antara satu tempat dengan tempat lain karena tergantung pada kepadatan kendaraan bermotor dan efisiensi upaya untuk mereduksi kandungan Pb pada bensin.

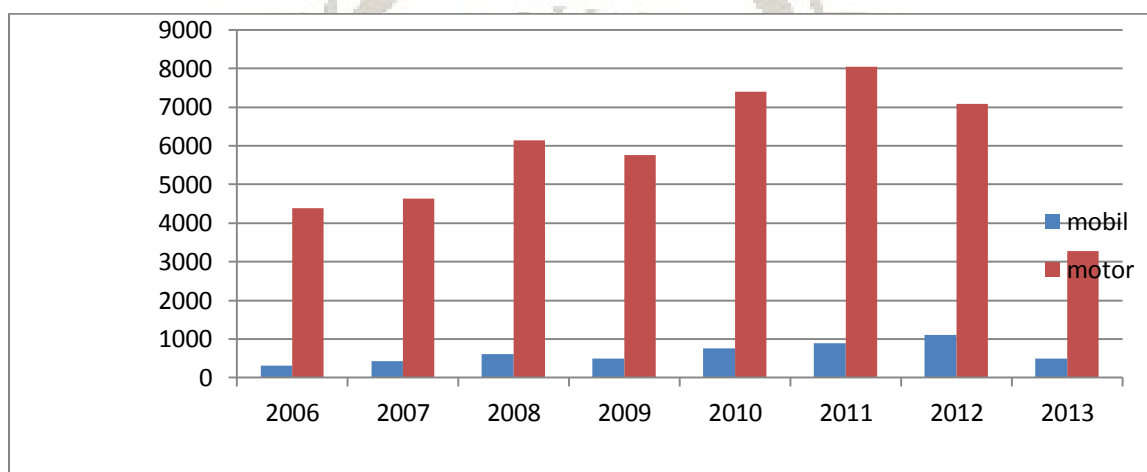
c. Timbal dari industri – industri kimia

Salah satu sumber penyebab pencemaran timbal adalah penggunaan timbal pada industri – industri, seperti pada proses lead-acid batteries (proses daur ulang baterai)

atau industry yang memproduksi kawat/pipa timbal, dan industri pengecoran logam. Masyarakat yang tinggal di dekat industri yang memproses timbal seperti peleburan timbal (smelter), memiliki kadar timbal dalam darah sangat tinggi. (Sunoko,2008)

Seiring dengan perkembangan teknologi maka akan memberikan dampak meningkatnya kualitas dan mobilitas hidup manusia. Perkembangan tersebut akan memberikan dampak perubahan pola kehidupan manusia. Salah satu dampak yang dapat dirasakan dari perubahan tersebut adalah meningkatnya laju pertumbuhan ekonomi yang cukup pesat (Sunaryo,2004).

**Tabel II.1 laju peningkatan penjualan kendaraan bermotor**



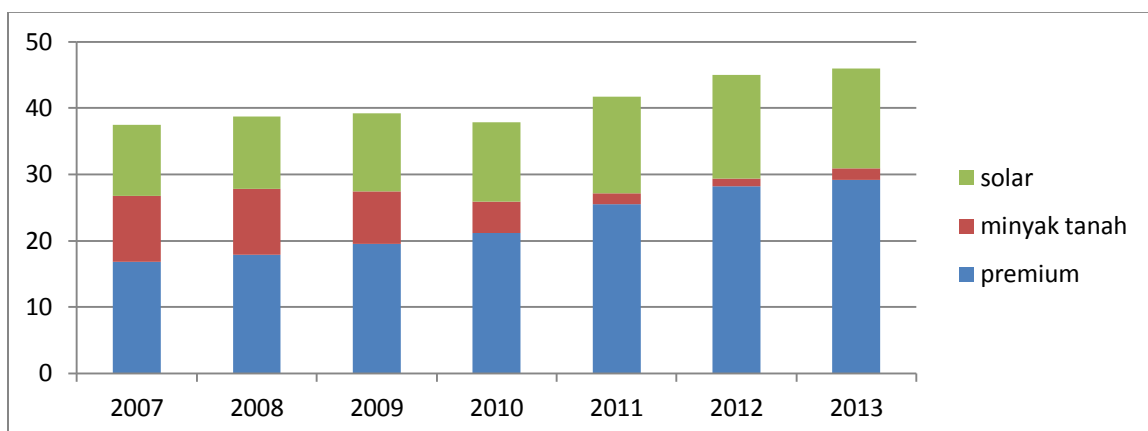
Diambil dari [www.dephubinfo.go.id](http://www.dephubinfo.go.id) (3 november 2013)

Informasi didapatkan dari [www.dephubinfo.go.id](http://www.dephubinfo.go.id) yang diakses pada tanggal 3 november 2013 menunjukan adanya peningkatan penjualan kendaraan bermotor baik untuk jenis mobil ataupun motor. Dalam tabel II,1 memang terlihat adanya penurunan jumlah penjualan pada tahun 2009 dan 2012 namun apabila ditinjau lebih lanjut maka nilai penurunan tersebut tidak sebanding dengan peningkatan laju kendaraan bermotor, karena penurunan laju penjualan mobil pada tahun 2009 diikuti dengan kenaikan laju penjualan kendaraan bermotor pada tahun 2010 sebesar 26%. Penurunan yang terjadi pada tahun 2013 bukan disebabkan karena penurunan penjualan kendaraan namun disebabkan karena data yang didapatkan belum lengkap,

Peningkatan laju penjualan kendaraan bermotor maka akan menimbulkan adanya kenaikan angka kebutuhan ataupun angka penjualan bahan bakar minyak. peningkatan tersebut disebabkan karena kendaraan bermotor memerlukan bahan bakar minyak. hal

tersebut dibuktikan dari informasi yang diperoleh dari <http://datacenterukp.wordpress.com> yang diakses pada 13 November 2013.

**Tabel II.2 Tingkat konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia**

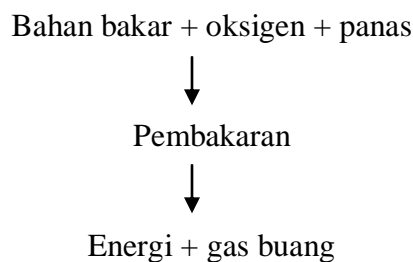


Diambil dari <http://datacenterukp.wordpress.com> (13 November 2013)

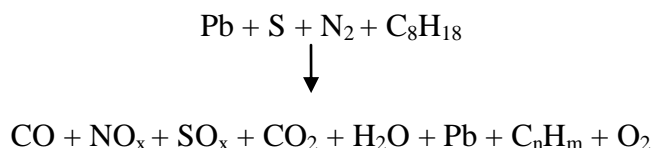
Dalam tabel II.2 terlihat bahwa adanya kenaikan jumlah konsumsi bahan bakar dengan jenis premium dan solar setiap tahunnya. Hal tersebut membuktikan bahwa setiap tahunnya terjadi kenaikan angka kebutuhan bahan bakar. Meningkatnya kebutuhan akan bahan bakar dapat dipastikan untuk digunakan sebagai bahan bakar kendaraan yang ada. Berbeda dengan tingkat penjualan kendaraan bermotor, pada tingkat konsumsi bahan bakar minyak tidak dijumpai adanya penurunan

## 2. Proses pembentukan timbal (Pb)

Timbal (Pb) adalah senyawa kimia yang digunakan sebagai campuran bensin. Penggunaan timbal tersebut bertujuan untuk mengontrol bilangan oktan pada bahan bakar, sehingga sistem pembakaran dalam kendaraan menjadi sempurna dan memberikan tenaga yang besar, secara sederhana proses yang terjadi pada kendaraan bermotor adalah sebagai berikut :



Sedangkan untuk reaksi kimia pada proses pembakaran adalah sebagai berikut :



Dalam reaksi tersebut diketahui bahwa timbal dalam proses pembakaran tidak ikut bereaksi, sehingga setelah proses pembakaran akan tetap menjadi timbal (Pb). (Razif dan Sukatma,2004)

### 3. Farmakokinetika

Saluran cerna dan saluran nafas merupakan jalur absorpsi utama bagi manusia. Absorpsi yang terjadi di dalam usus pada orang dewasa berkisar 10%. Absorpsi timbal melalui saluran pernafasan (dihirup) memiliki nilai yang tidak sama bergantung terhadap bentuk (uap atau partikel) dan kadar timbal yang terdapat di udara. 90% partikel timbal dalam udara diabsorpsi melalui saluran nafas yang kemudian akan mengalami proses destruksi pada timbal anorganik di dalam jaringan lemak, terutama di dalam ginjal dan hati, yang kemudian akan mengalami redistribusi ke dalam tulang (95%), gigi dan rambut. (Wiria,2009)

Penimbunan timbal di dalam tulang hampir memiliki proses dan cara yang sama dengan akumulasi kalsium, akan tetapi sebagai Pb fosfat tersier, garam Pb di tulang (fosfat, karbonat) tidak menyebabkan efek toksik. Pada paparan yang baru terjadi, akumulasi kadar timbal lebih tinggi di dalam tulang pipih dibandingkan pada tulang panjang, meskipun secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa tulang panjang mengandung lebih banyak Pb. Dalam masa awal deposisi kadar timbal paling tinggi terdapat di dalam epifisis tulang panjang. Hal tersebut terutama pada tulang dalam masa proses pertumbuhan. Factor yang mempengaruhi distribusi kalsium akan berpengaruh langsung terhadap distribusi timbal. Asupan fosfat tinggi mempermudah penimbunan Pb dalam tulang dan mengurangi kadar timbal dalam jaringan lunak. Asupan kalsium tinggi tanpa disertai dengan adanya peningkatan kadar fosfat akan menimbulkan efek yang sama pula, hal tersebut disebabkan karena adanya persaingan pengikatan fosfat antara Pb dengan calcium. Diketahui bahwa vitamin D akan mempermudah penimbunan Pb dalam tulang, apabila fosfat berkurang maka deposisi kalsium akan melebihi Pb. Hormon paratiroid dan dihidrotakisterol akan memobilisasi Pb dari tulang, meningkatkan kadar Pb dalam darah dan ekskresinya dalam urine. (Wiria,2009)

Ekskresi Pb pada manusia yang utama adalah melalui urine, diketahui bahwa kadar Pb dalam urine berbanding langsung dengan kadarnya dalam plasma. Tetapi sebagian besar Pb berada di dalam eritrosit sehingga sangat sedikit Pb yang ditemukan dalam urine. Pb juga dapat diekskresikan melalui ASI dan keringat. Ditimbun dalam rambut dan kuku. (Schmitz, 2009)

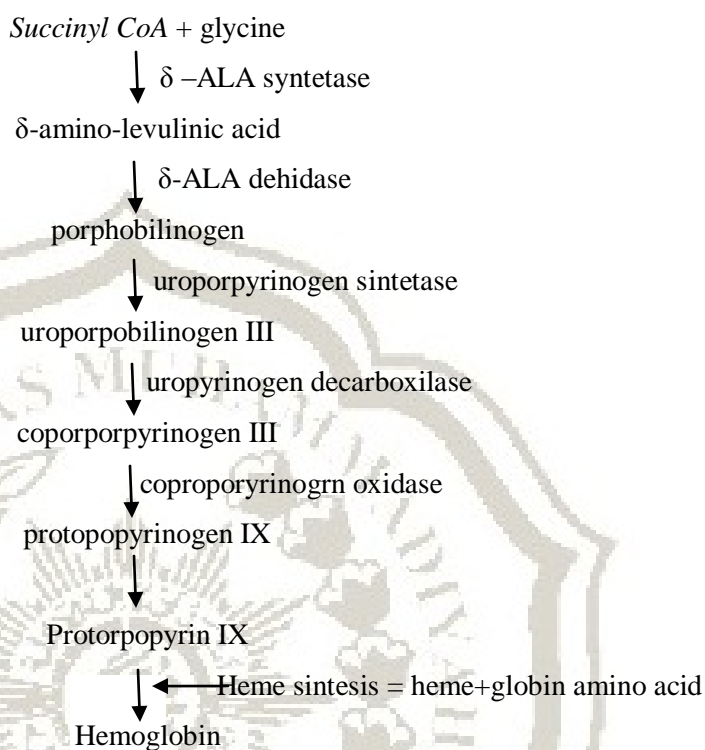
Waktu paruh Pb adalah 1-2bulan, kadar mantap diperoleh setelah 6 bulan. Setelah mencapai kadar mantap maka kadar Pb yang terabsorpsi ke dalam tubuh sama jumlahnya dengan Pb yang diekskresi, dan kadar Pb dalam jaringan lunak sedikit mengalami perubahan, namun perlu diketahui bahwa waktu paruh Pb di dalam tulang diperkirakan mencapai 20-30 tahun. Karena ekskresi Pb dari dalam tubuh sangat terbatas maka hal tersebut mengakibatkan sedikit saja peningkatan asupan Pb setiap hari akan menimbulkan akumulasi Pb. Asupan normal Pb per hari adalah sekitar 0,3mg sementara keseimbangan positif dimulai pada asupan 0,6mg perhari. Asupan Pb yang lebih besar berisiko menimbulkan efek toxic. (Schmitz, 2009)

#### **4. Toksisitas**

Sel-sel darah merah merupakan salah satu bentuk kompleks khelat yang dibentuk oleh logam Fe (besi) dengan gugus haemo dan globin sintesa dari kompleks tersebut melibatkan 2 jenis enzim, yaitu enzim ALAD (*amino levulinic acid dehidrase*) atau asam amino 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 berlangsung. sistem hematopoetik sangat peka terhadap efek Pb. efek hematotoksisitas Pb adalah dengan cara menghambat sebagian besar enzim yang berperan dalam biosintesa heme. Diantara enzim yang terlibat dalam heme, enzim *δ-aminolevulinik acid dehydrogenase* dan *ferrochelatase* merupakan enzim yang paling rentan terhadap efek penghambatan Pb.

Proses inhibisi terhadap kedua enzim tersebut sangat berhubungan dengan konsentrasi Pb dalam darah, dan sangat memungkinkan untuk mempermudah proses destruksi sel darah merah (eritrosit). Patogenesis yang diperkirakan terjadi pada proses destruksi tersebut adalah dengan adanya hubungan dengan proses inhibisi pada *pyrimidine-5' nukleotidase*. Defisiensi enzim ini secara herediter ditandai dengan *basophilic stippling* pada eritrosit, hemolisis kronik dan akumulasi nukleotida pirimidin di intraeritrosit. Nukleotida pirimidin inilah yang kemudian akan

berkompetisi dengan nukleotida adenine pada sisi aktif kinase pada *glycolitic pathway* yang kemudian akan mengubah stabilitas membrane sel darah merah.



- Pengaruh Pb :
1. meningkatkan ALA dalam urine
  2. meningkatkan coproporphyrin dalam urine
  3. meningkatkan protoporphyrin dalam urine

## B. Spektroskopi Serapan Atom

Spektrometri Serapan Atom (SSA) merupakan suatu alat yang digunakan pada metode analisis dengan tujuan untuk menentukan unsur-unsur logam dan metalloid yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas. Metode analisis dengan menggunakan spektroskopi serapan atom ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode spektroskopi emisi konvensional. Sebenarnya 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 SSA memiliki range ukur optimum pada panjang gelombang 200-300 nm. (Braun, 2007)

Untuk analisis kualitatif, metode fotometri nyala lebih disukai dari SSA, karena SSA memerlukan lampu katoda spesifik (hallow cathode). Kemonokromatisan dalam SSA merupakan syarat utama. Suatu perubahan temperature nyala akan mengganggu proses eksitasi sehingga analisis dari fotometri nyala berfilter. Dapat dikatakan bahwa metode fotometri nyala dan SSA merupakan komplementer satu sama lainnya (Braun, 2007)

### **1. Prinsip Kerja**

Metode SSA berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom, atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Cahaya pada gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat energi elektronik suatu atom. Dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi, suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi. Tingkat-tingkat eksitasinya pun bermacam-macam. Suatu elektron tertentu dapat tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi dengan energi 2,2 eV ataupun ke tingkat 4p dengan energy 3,6 eV, masing-masing sesuai dengan panjang gelombang sebesar 589 nm dan 330 nm. Kita dapat memilih diantara panjang gelombang ini yang menghasilkan garis spektrum yang tajam dan dengan intensitas maksimum, yang dikenal dengan garis resonansi. Garis-garis lain yang bukan garis resonansi dapat berupa pita-pita lebar ataupun garis tidak berasal dari eksitasi tingkat dasar yang disebabkan proses atomisasinya. (Braun, 2007)

Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada pada sel. (Braun,2007) Terdapat dua hukum yang menghubungkan intensitas cahaya yang mengenai sistem pengabsorpsi dengan intensitas cahaya yang diteruskan. Hukum Lambert menyatakan bahwa apabila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi. Sedangkan hukum Beer: Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut. Gabungan dari dua hukum tersebut dinamakan hukum *Lambert-beer* dan dapat dirumuskan sebagai berikut :



$$\text{Log} \frac{I_0}{I} = \epsilon bc$$

$\epsilon$  merupakan absorptivitas molar, yang didefinisikan sbagai absorban larutan 1 molar dalam sel (kuvet) 1cm lebarnya

b adalah lebar kuvet

c adalah konsentrasi (mol/L)

Berdasarkan dua hukum tersebut maka didapatkan suatu hukum lambert-beer yang menjadi prinsip dasar kerja SSA. Hukum lambert-beer untuk dapat digunakan memiliki syarat, antara lain :

1. Sinar monokromatik
2. Larutan tidak kental dan tidak terlalu encer
3. Luas penampang kuvet sama
4. Zat pengabsorpsi tidak boleh berdisosiasi dan bereaksi dengan pelarut
5. Larutan sampel harus jernih (Rivai, 2013)

Setiap alat SSA terdiri atas tiga komponen yaitu: Unit atomisasi (atomisasi dengan nyala dan tanpa nyala), Sumber radiasi, dan Sistem pengukur fotometri (Dewi, 2012)

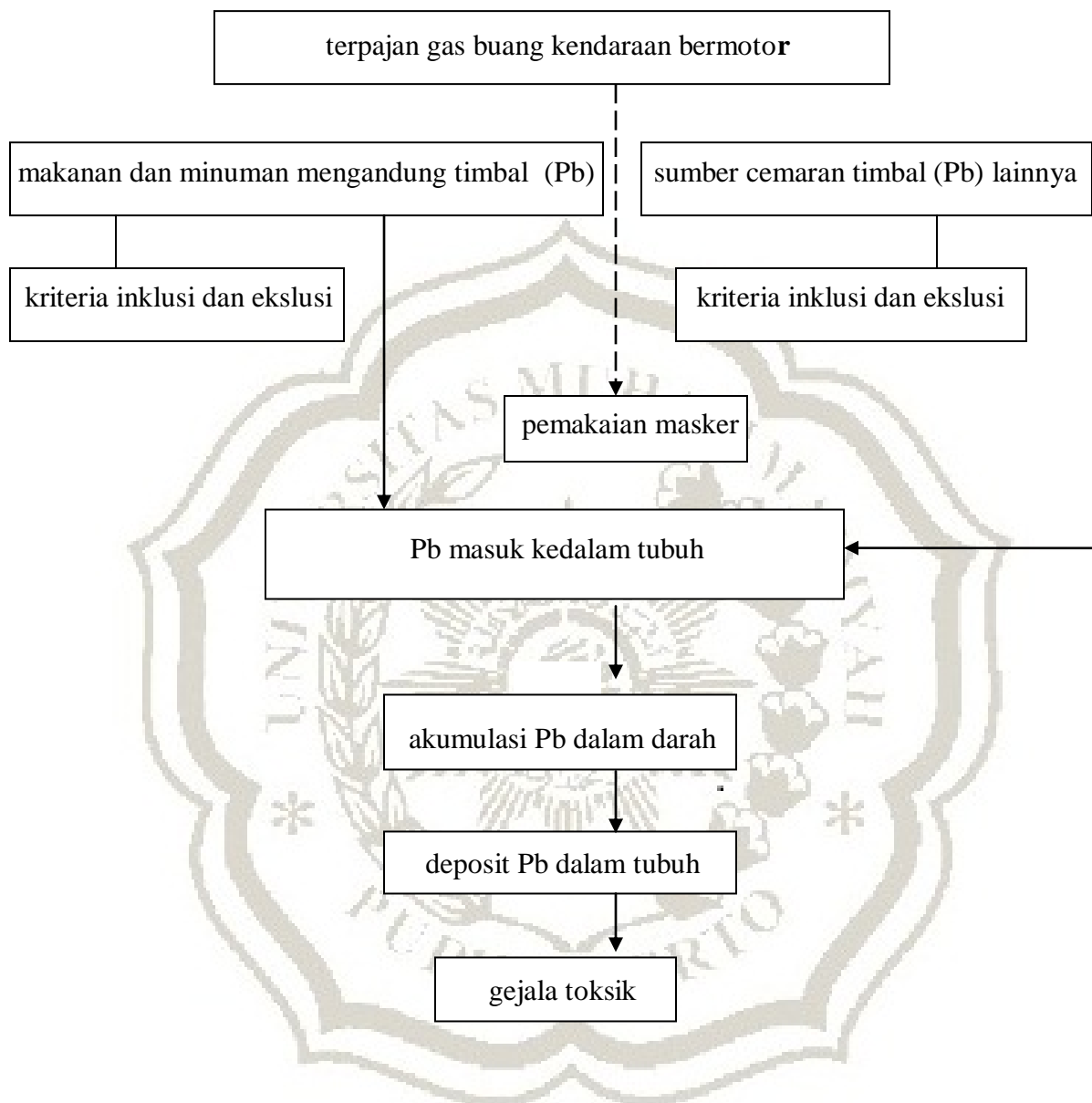
### C. Masker

Masker adalah merupakan salah satu contoh dari alat pelindung diri (APD). Alat pelindung diri adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang dalam pekerjaan yang fungsinya mengisolasi tubuh tenaga kerja dari bahaya tempat kerja. Pemakaian alat pelindung diri merupakan upaya untuk menciptakan kesehatan dan keselamatan kerja yang optimal (Tarwaka, 2008).

Penggunaan APD merupakan pilihan terakhir dalam melindungi keselamatan dan kesehatan pekerja dari potensi bahaya (Koesyanto,2005;47). dr.Agus,SpP (2012) selaku ketua divisi paru kerja dan lingkungan departemen pulmonologi dan ilmu kedokteran respirasi FKUI,RS.Persahabatan menyatakan bahwa Penggunaan masker tidak bisa memproteksi sepenuhnya terhadap paparan polusi, namun penggunaan masker dapat memperkecil risiko terjadinya gangguan saluran pernafasan.

Penggunaan masker diatur dalam undang-undang No1. Tahun 1970 tentang keselamatan kerja khususnya pasal 9, 12, dan 14 yang mengatur penyediaan dan penggunaan alat pelindung diri di tempat kerja baik bagi pengusaha maupun bagi tenaga kerja.

### D. Kerangka Konsep



**Gambar I.2**

### **Kerangka Konsep Penelitian**