

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan atau mempengaruhi kesehatan manusia (Kemenkes, 2002). Sedangkan suatu pencemar atau polutan adalah setiap benda, zat maupun organisme hidup yang masuk ke dalam suatu tatanan alami dan kemudian mendatangkan perubahan-perubahan yang bersifat negatif terhadap tatanan yang dimasukinya (Palar, 2008).

Polutan udara dapat menimbulkan beberapa efek yang perlu mendapatkan perhatian yaitu iritasi, bau yang mengganggu, dan efek kesehatan jangka panjang dan jangka pendek (termasuk efek karsinogenik). WHO mengembangkan *Air Quality Guidelines* (AQG) yang akan menjadi landasan untuk melindungi kesehatan masyarakat dari efek buruk yang ditimbulkan pencemaran udara. Contoh nilai acuan mutu udara terlihat dalam Tabel 1 (WHO, 2005).

**Tabel 1.** Angka Acuan Untuk Substansi Tunggal Di Dalam Udara Berdasarkan Efek Yang Ditimbulkan Selain Kanker Atau Bau/Gangguan

Substansi	Angka acuan	Durasi paparan yang diperbolehkan
Karbon	100 mg/m <sup>3</sup>	15 menit
Monoksida	60 mg/m <sup>3</sup>	30 menit
	30 mg/m <sup>3</sup>	1 jam
	10 mg/m <sup>3</sup>	8 jam
<b>Timbal</b>	<b>0,5 – 1,0 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>1 tahun</b>
Nitrat dioksida	400 µg/m <sup>3</sup>	1 jam
	150 µg/m <sup>3</sup>	24 jam
Ozon	150 – 200 µg/m <sup>3</sup>	1 jam
	100 – 120 µg/m <sup>3</sup>	8 jam
Sulfur dioksida	500 µg/m <sup>3</sup>	10 menit
	350 µg/m <sup>3</sup>	1 jam

Sumber: WHO (2005)

Paparan asap kendaraan bermotor mengandung berbagai senyawa kimia. Bahan pencemar yang terutama di dalam gas buang kendaraan bermotor adalah karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, berbagai oksida nitrogen (Nox) dan sulfur (SOx), dan partikulat debu termasuk timbal (Arifin, 2009).

a. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida dihasilkan oleh pembakaran yang tidak sempurna dari senyawa karbon. Karbon monoksida memiliki sifat gas yang tidak berwarna, tidak berbau, terbakar dalam nyala biru dan memiliki berat molekul (BM) 28.0. Karbon monoksida merupa hasil samping dari pertambangan, pengecoran, proses petrokimia, dan banyak proses menyangkut pembakaran (Arifin, 2009).

Akibat yang ditimbulkan diantaranya adalah akan bercampur dengan Hemoglobin yang terdapat dalam darah menjadi *Carbon Oxyda*

*Hemoglobin* (COHb). Dengan bertambahnya COHb, fungsi pengaliran oksigen dalam darah akan terhalang. Bila terdapat COHb 5% (dalam udara CO 40 ppm) akan menimbulkan keracunan dalam darah (Arifin, 2009).

Efek karbon monoksida terhadap kesehatan dapat bersifat akut dan kronik. Efek akut karbon monoksida antara lain onset perlahan-lahan rasa gamang, nyeri kepala, berat di dada, mual, hilang kesadaran terjadi cepat setelah konsentrasi mencapai lebih dari 3500 p.p.m dan tidak terjadi sianosis. Sedangkan efek kronik dari karbon monoksida adalah nyeri kepala dan merusak jaringan otak bila asfiksia berlarut-larut (Harrington, 2003).

b. Hidro karbon

Hidro karbon merupakan ikatan kimia dari karbon (C) dan Hidrogen (H). Bentuk kimianya dibagi menjadi *Parafine*, *Naftaline*, *Olefine* dan *Aromatic* N<sub>2</sub>O karena tidak aktif, tidak menjadi persoalan. Hidrokarbon yang dihasilkan manusia hanya sebesar 15%, yang termasuk sumber hidrokarbon hasil manusia adalah proses perindustrian, penguapan pelarut organik, dan pembakaran sampah (Arifin, 2009).

Akibat yang ditimbulkan bila kepekatan hidrokarbonnya bertambah tinggi akan merusak sistim pernapasan manusia (tenggorokan)

terutama yang beracun adalah *benzene* dan *Tourene*. Dari jenis Aromatic ada juga yang menyebabkan timbulnya kanker (Arifin, 2009).

c. Oksida Nitrogen (Nox)

Oksida nitrogen adalah gas iritan yaitu tidak dapat dihirup pada saat pernapasan tanpa mengganggu dan merupakan gas yang mempunyai kelarutan yang rendah. Terutama berbentuk NO, NO<sub>2</sub>, dan N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> merupakan zat gas yang tidak berwarna, tidak berbau, sukar larut dalam air, dan terdapat didalam udara. Sumber timbulnya adalah gas buang dari mobil, gas-gas yang timbul dari pabrik kimia serta gas las yang timbul dari bermacam-macam alat-alat pembakaran. Sumber pencemaran nitrogen oksida berasal dari kendaraan bermotor 39%, sedangkan dari pabrik, generator dan penyulingan minyak 61% (Arifin, 2009).

Efek oksida nitrogen berdasarkan onsetnya dapat dibedakan menjadi akut dan kronis. Secara akut oksida nitrogen perlahan-lahan tersembunyi, karena progresi iritasi lambat pada saluran pernapasan sekitar 8-24 jam setelah pemajanan. Pemajanan berat dapat menyebabkan kematian karena edema paru dalam waktu 48 jam. Sedangkan secara kronik dapat menyebabkan gigi berwarna coklat dan pada foto dada, akan terlihat bercak opak sementara (Harrington, 2003).

d. Sulfur (Sox)

Sulfur ialah gas iritan tidak berwarna dengan bau menyengat dan mempunyai kerapatan dua kali udara. Umumnya dihasilkan dari pemakaian industri kimia dan kertas, pemutih, fumigasi, pendingin, pengawet dan merupakan hasil sampingan dari peleburan biji sulfida. Polutan ini sangat korosif terhadap metal, karena menyebabkan hujan asam. Sumber penyebab diantaranya kendaraan bermotor (diesel) 1%, pabrik, generator, pemanas 99% (Harrington, 2003).

Secara akut sulfur oksida dapat menyebabkan iritan membran mukosa akut, iritasi saluran pernapasan sedemikian berat sehingga orang harus segera menjauh dari gas tersebut. Kegagalan menjauh dengan segera dapat menyebabkan edema paru dan kematian, selain itu dapat menyebabkan tukak dan parut kornea. Sedangkan secara kronis dapat menyebabkan penurunan daya sensasi kecap dan penghidu, bronkitis kronik dan katarak (Harrington, 2003).

e. Timbal (Pb)

Merupakan bahan kimia anorganik yang terutama ditemukan dalam bentuk sulfida (PbS), bersama-sama dengan logam sulfat lainnya. Timbal memiliki sifat antara lain, logam lunak, berwarna kelabu kebiruan, berat, mudah ditempa. Timbal dapat terkandung di dalam air, makanan, dan udara. Timbal di atmosfer berasal dari senyawa hasil pembakaran bensin reguler dan premium yang tidak sempurna.

(Harrington.2003). Kandungan timah hitam (Pb) dalam debu di udara umumnya merupakan hasil pembakaran bahan bakar minyak yang mengandung *Tetra Ethyl Lead* (TEL) yang ditambahkan guna meningkatkan nilai oktan bahan bakar (Arifin, 2009). Nilai ambang batas timbal yang diperkenankan di udara dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Standar Atau Rekomendasi Udara Ambien Dalam Mikrogram Timbal per Meter Kubik Udara ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Negara	Nilai ambang batas timbal dalam udara ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Canada	5,0
South Africa	4,0
Uni Eropa	2,0
Belgia, Perancis, Jerman, Irlandia, Italia, Belanda, Spanyol	
Australia, Nambia, Amerika	1,5
Selandia Baru, Swiss	1,0
Republik Ceko, Israel	0,5
Denmark	0,4
Federasi Rusia	0,3

Sumber: UNEP (2000)

Sebagian besar timbal yang terhirup pada saat bernafas akan masuk ke dalam pembuluh darah paru-paru yang kemudian akan terserap dan berikatan dengan darah paru-paru untuk kemudian diedarkan ke seluruh jaringan dan organ tubuh. Lebih dari 90% logam Pb yang terserap oleh darah akan berikatan dengan sel-sel darah merah. Meskipun jumlah timbal yang diserap oleh tubuh hanya sedikit, logam ini ternyata menjadi sangat berbahaya dengan sifatnya yang kumulatif di dalam tubuh. Hal itu disebabkan senyawa-senyawa Pb dapat memberikan efek racun terhadap banyak fungsi organ yang terdapat dalam tubuh (Palar, 2008).

## 2.2. Jalur Pemaparan Polutan

Polutan dapat menyebabkan kerusakan pada manusia dan makhluk hidup lainnya melalui berbagai jenis cara. Ada tiga jalur pokok pemaparan: penetrasi melalui kulit (absorpsi kulit/dermal), absorpsi melalui saluran pernapasan (inhalasi), absorpsi melalui saluran pencernaan (ingesti).

### a. Jalur Pemaparan Dermal

Kulit merupakan jalur pemaparan yang paling umum dari suatu zat, tetapi untungnya, kulit merupakan barier yang efektif terhadap berbagai jenis zat kimia. Jika zat kimia tidak dapat menembus kulit, toksisitasnya akan bergantung pada derajat absorpsi yang berlangsung. Semakin besar absorpsinya, semakin besar kemungkinan zat tersebut untuk mengeluarkan efek toksiknya, zat kimia lebih banyak diabsorpsi melalui kulit yang rusak atau tergores daripada melalui kulit yang utuh (WHO, 2005).

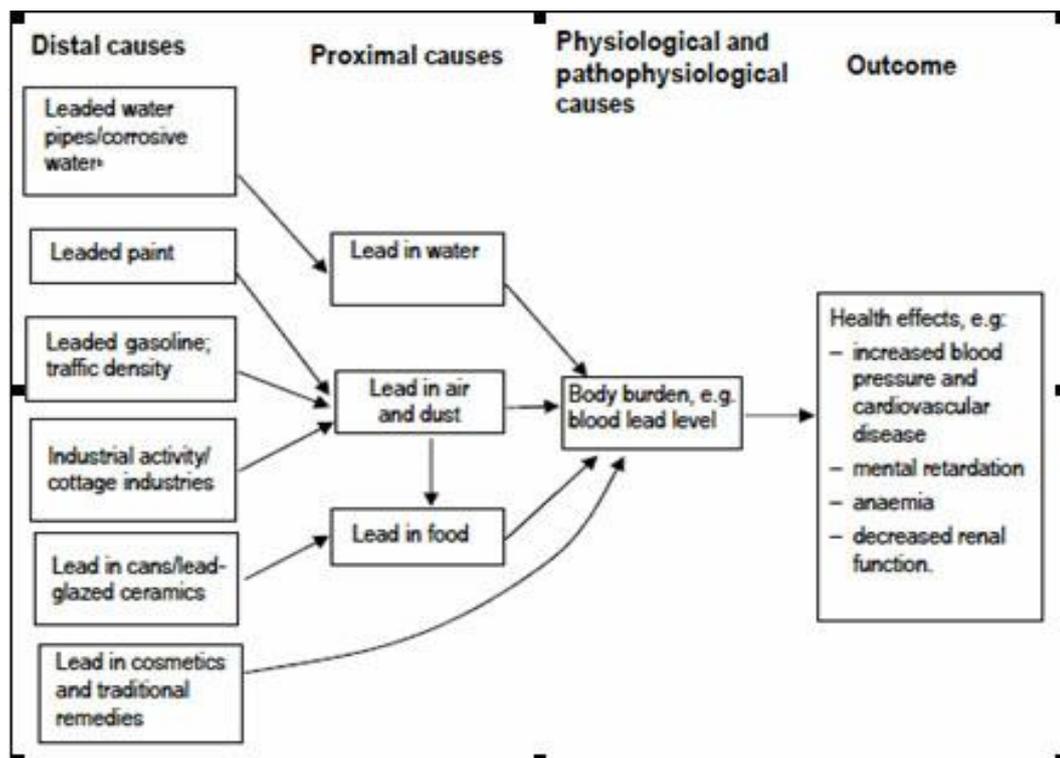
### b. Jalur Pemaparan Inhalasi

Paru merupakan sumber pemaparan yang umum, tetapi tidak seperti kulit, jaringan paru-buka merupakan barier yang sangat protektif terhadap paparan zat kimia. Fungsi utama paru adalah pertukaran udara ke dalam darah dengan karbon dioksida dari darah ke udara. Akibatnya, jaringan paru yang sangat tipis memungkinkan aliran langsung bukan saja oksigen tetapi berbagai jenis zat kimia lain ke dalam darah (WHO, 2005).

c. Jalur pemaparan Ingesti

Ingesti merupakan jalur utama masuknya senyawa yang terkandung dalam makanan dan minuman. Zat kimia yang ditelan masuk ke dalam tubuh melalui absorpsi di saluran gastrointestinal. Jika tidak diabsorpsi, zat kimia itu tidak dapat menimbulkan kerusakan sistemik (WHO, 2005).

Timbal memiliki 3 jalur pemaparan utama yang mempengaruhi kadarnya di dalam darah, yaitu melalui air, udara dan debu, serta makanan. Mekanisme jalur pemaparan timbal dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 3. Jalur Pemaparan Timbal (WHO, 2003)

### 2.3 Timbal (Plumbum/Pb)

Timbal (Pb) yang dikenal juga dengan timah hitam merupakan *neurotoxin* atau racun syaraf yang dapat mengakibatkan penurunan tingkat kecerdasan dan kemampuan otak pada anak-anak, sementara pada orang dewasa dapat menyebabkan tekanan darah tinggi, anemia, mengurangi fungsi reproduksi dan kematian (Palar, 2008). Diperkirakan bahwa paparan timbal bertanggung jawab, pada tahun 2004, untuk 143.000 kematian dan 0,6% dari penyakit global, dengan mempertimbangkan kejadian keterbelakangan mental ringan dan kardiovaskular yang disebabkan oleh paparan timbal. Timbal ini akan berakumulasi di dalam gigi dan tulang, dan terus menumpuk dari waktu ke waktu. Paparan timbal pada manusia dapat dinilai secara langsung melalui pengukuran timbal dalam darah, gigi atau tulang (WHO, 2010).

Emisi Pb ke dalam lapisan atmosfer bumi dapat berbentuk gas, terutama berasal dari buangan gas kendaraan bermotor. Emisi tersebut merupakan hasil samping dari pembakaran yang terjadi dalam mesin-mesin kendaraan. Bahan aditive yang biasa dimasukkan ke dalam bahan bakar kendaraan bermotor pada umumnya terdiri dari 62% tetraetil-Pb, 18% etilengklorida, 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 sempurna dalam proses pembakaran pada mesin menyebabkan jumlah Pb yang dibuang ke udara melalui asap buangan kendaraan menjadi sangat tinggi (Palar, 2008).

Karakteristik timbal (Pb):

a. Sifat fisik dan kimiawi Pb

Timbal atau lebih dikenal sebagai timah hitam dan dalam bahasa ilmiahnya dikenal dengan plumbum dan merupakan unsur golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia. Timbal memiliki nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207,2 merupakan suatu logam berat berwarna kelabu kebiru-biruan dan lunak dengan titik leleh  $327^{\circ}\text{C}$  dan titik didih  $1.620^{\circ}\text{C}$ . Pada suhu  $550^{\circ}\text{C} - 660^{\circ}\text{C}$  Pb menguap dan membentuk oksigen dalam udara yang kemudian membentuk timbal oksida. Walaupun bersifat lunak dan lentur, Pb sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam timah hitam dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat (Palar, 2008).

b. Pemakaian timbal

Penggunaan timbal dapat ditemukan pada pipa, lembaran logam, pembungkus, amunisi, pigmen, solder, aditif *anti-knock* dalam bahan bakar minyak (Harrington, 2003).

Timbal dapat digunakan sebagai logam murni, dikombinasikan dengan logam lain untuk membentuk campuran, atau dalam bentuk senyawa kimia. Penggunaan utama dari timbal di Amerika adalah untuk penyimpanan baterai timbal-asam pada mobil, jenis baterai listrik isi ulang yang menggunakan campuran timbal hampir murni. Campuran timbal

biasanya ditemukan dalam amunisi, pipa, pembungkus kabel, material, solder, perisai radiasi. Timbal juga digunakan dalam glasir keramik dan sebagai *stabilizer* dalam plastik. Timbal digunakan secara luas sebagai inhibitor korosi dan pigmen dalam cat. Sebelum pertengahan 1980-an, senyawa timbal organik tetrametil timbal dan tetraetil timbal digunakan sebagai aditif *antiknock* dan *octane booster* pada bensin (Burbank, 2014).

c. Metabolisme Pb dalam tubuh

Salah satu jalur pemaparan zat kimia yang paling sering terjadi adalah pemaparan secara inhalasi. Paru merupakan sumber pemaparan yang umum, tetapi tidak seperti kulit, jaringan paru bukan merupakan barier yang sangat protektif terhadap paparan zat kimia. Fungsi utama paru adalah pertukaran udara ke dalam darah dengan karbon dioksida dari darah ke udara. Akibatnya, jaringan paru yang sangat tipis memungkinkan aliran langsung bukan saja oksigen tetapi berbagai jenis zat kimia lain ke dalam darah (WHO, 2005).

Timbal masuk ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernafasan yang merupakan jalan pemajanan terbesar dan melalui saluran pencernaan, terutama pada anak-anak dan orang dewasa dengan kebersihan perorangan yang kurang baik. Absorpsi Pb udara pada saluran pernapasan  $\pm 40\%$  dan pada saluran pencernaan  $\pm 5-10\%$ , kemudian Pb didistribusikan ke dalam darah  $\pm 95\%$  terikat pada sel darah merah, dan sisanya terikat pada plasma. Sebagian Pb di simpan pada jaringan lunak dan tulang. Ekskresi terutama

melalui ginjal dan saluran pencernaan. Proses metabolisme Pb dalam tubuh meliputi 3 tahapan yaitu:

a. Absorpsi

Melalui inhalasi timbal dapat masuk ke dalam saluran pernapasan atas dimana pembersihan mukosiliar membawa partikel di saluran pernafasan bagian atas ke nasofaring kemudian di telan. Rata-rata 10-40% Pb yang terinhalasi diabsorpsi melalui paru-paru, dan sekitar 5-10% dari yang tertelan diabsorpsi melalui saluran cerna. Fungsi pembersihan alveolar adalah membawa partikel ke ekskulator mukosiliar, menembus lapisan jaringan paru kemudian menuju kelenjar limfe dan aliran darah. Sebanyak 30-40% Pb yang diabsorpsi melalui saluran pernapasan akan masuk ke aliran. Masuknya Pb ke aliran darah tergantung pada ukuran partikel daya larut, volume pernapasan dan variasi faal antar individu.

b. Distribusi

Timbal yang diabsorpsi diangkut oleh darah ke organ-organ tubuh sebanyak 95% Pb dalam darah diikat oleh eritrosit. Sebagian Pb plasma dalam bentuk yang dapat berdifusi dan diperkirakan dalam keseimbangan dengan *pool* Pb tubuh lainnya. Yang dibagi menjadi dua yaitu ke jaringan lunak (sumsum tulang, sistem saraf, ginjal, hati) dan ke jaringan keras (tulang, kuku, rambut dan gigi).

c. Ekskresi

Ekskresi Pb melalui beberapa cara, yang terpenting adalah melalui ginjal dan saluran cerna. Ekskresi Pb melalui urine sebanyak 75-80%, melalui feses 15% dan lainnya melalui empedu, keringat, rambut dan kuku (Palar, 2008).

## 2.4 Kadar Timbal Normal pada Tubuh Manusia

Pada umumnya, studi toksikologi mengandalkan kadar timbal dalam darah sebagai alat ukur terhadap paparan timbal. Hal ini menunjukkan bahwa kadar timbal dalam darah yang diukur pada suatu populasi dapat dibandingkan secara langsung dengan penelitian toksisitas. Standar kadar timbal dalam darah berdasarkan populasi terlihat pada tabel 3 (UNEP, 2000).

**Tabel 3.** Kadar Timbal Dalam Darah Dalam Mikrogram Timbal per Desiliter Darah ( $\mu\text{g/dL}$ )

World Health Organization (1980)	Populasi umum	40
	Wanita usia subur	30
WHO (sejak 1980)	Populasi umum	20
	Jerman	15
Swiss	Anak, wanita usia subur	10
	Fetus	10-15
Australia, Kanada	Anak-anak	10
	Populasi umum	10
Amerika	Anak-anak	10

Sumber: UNEP (2000)

Umur dan jenis kelamin 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 dikandung tubuh. Nilai ambang batas kadar timbal pada 9 jaringan tubuh tertera pada tabel 4 (Palar, 2008).

**Tabel 4.** Kadar Pb dalam 9 Jaringan Tubuh Orang yang Tidak Terpapar Pb  
**Nilai Ambang Batas**

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

Sumber: Palar (2008)

## 2.5 Efek Timbal terhadap Kesehatan

Timbal merupakan toksin yang bersifat kronik dan akumulatif; oleh karena itu, efek samping akut biasanya diamati hanya mengikuti paparan jangka pendek dengan konsentrasi tinggi. Paparan akut timbal dapat menyebabkan gangguan saluran cerna (anoreksia, mual, muntah, sakit perut), kerusakan hati dan ginjal, hipertensi dan efek neurologis (malaise, mengantuk, ensefalopati) yang dapat menyebabkan kejang-kejang dan kematian (WHO, 2010).

Paparan timbal kronis sering menyebabkan efek hematologis, seperti anemia, atau gangguan neurologis, termasuk sakit kepala, lekas marah, lesu, kejang, kelemahan otot, ataksia, tremor dan paralysis. Ada beberapa bukti bahwa jangka panjang pajanan timbal dapat berkontribusi pada perkembangan kanker. *International Agency for Research on Cancer* (IARC) telah

mengklasifikasikan senyawa timbal anorganik mungkin karsinogenik bagi manusia (Grup 2A), yang berarti bahwa ada bukti terbatas untuk karsinogenisitas pada manusia dan bukti yang cukup dari karsinogenisitas pada hewan percobaan. Menurut IARC, senyawa timbal organik tidak diklasifikasikan sebagai karsinogen kepada manusia (Group 3), yang berarti bahwa bukti tidak memadai untuk karsinogenisitas terhadap manusia. Pada pria, timbal dapat memberikan efek reproduksi, termasuk penurunan jumlah sperma dan meningkatnya jumlah sperma yang abnormal (WHO, 2010).

Epidemiologi dan studi eksperimental menunjukkan bahwa paparan kronis mengakibatkan kadar timbal dalam darah (BLL) serendah 10  $\mu\text{g} / \text{dL}$  pada orang dewasa berhubungan dengan gangguan fungsi ginjal, tekanan darah tinggi, sistem saraf dan efek neurobehavioral, dan gangguan kognitif di kemudian hari. Wanita hamil harus sangat diperhatikan dengan mengurangi kadar timbal dalam darah karena hal ini dapat memiliki dampak serius pada janin yang sedang berkembang (Burbank, 2014).

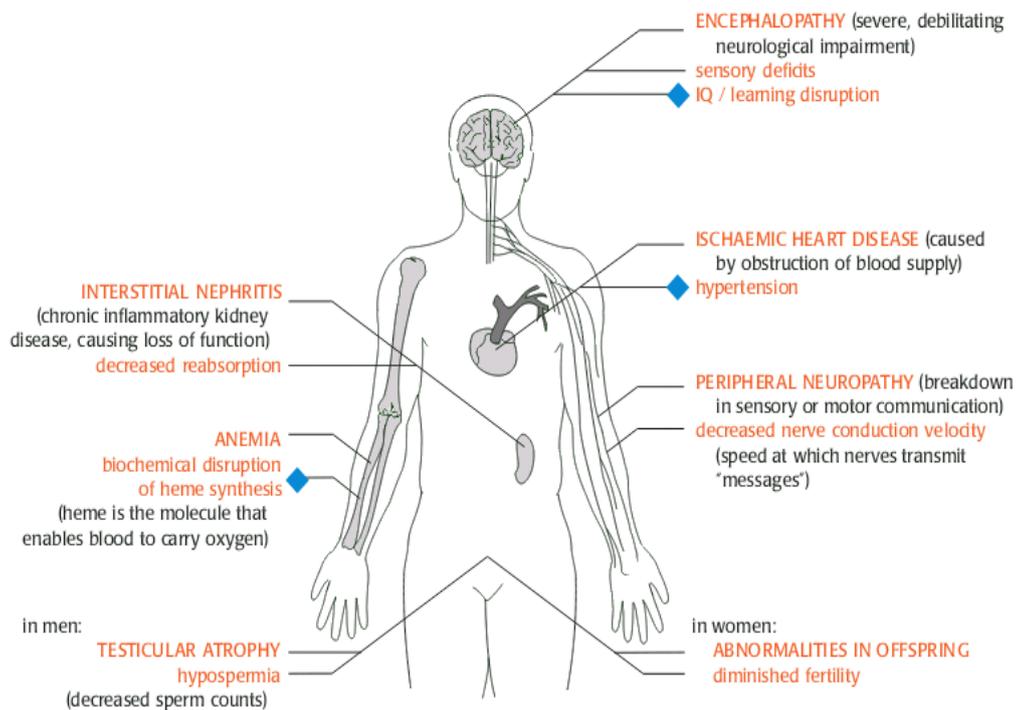
Bila manusia terpapar oleh Pb dalam kadar normal atau dalam batasan toleransi, maka daya racun yang dimiliki oleh Pb tetap akan bekerja dan bila jumlah yang diserap telah mencapai ambang atau bahkan melebihi batas ambang maka individu yang terpapar akan memperlihatkan gejala keracunan Pb yang lebih banyak menyerang bagian tubuh. Efek timbal berdasarkan kadarnya dalam darah dapat dilihat pada tabel 5 (WHO, 2005).

**Tabel 5.** Dampak Pb Terhadap Kesehatan Manusia

Kadar Pb ( $\mu\text{g/dl}$ )	Dampak Kesehatan	
	Anak	Dewasa
0 s.d 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penurunan tingkat kecerdasan</li> <li>• Gangguan pertumbuhan tulang</li> </ul>	-
10 s.d 30	Gangguan metabolisme vitamin D	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gangguan sistolik tekanan darah</li> <li>• Gangguan Prothoporphyrin eritrosit</li> </ul>
30 s.d 50	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gangguan sintesis hemoglobin</li> <li>• Anemia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gangguan system saraf pusat</li> <li>• Gangguan ginjal</li> <li>• Infertilitas (pada pria)</li> <li>• Anemia</li> </ul>
50 s.d 100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gangguan ginjal</li> <li>• Gangguan otak dan system saraf pusat</li> </ul>	Gangguan sintesis hemoglobin
>100	Kematian	Kematian

Sumber: Tong (2000)

Gejala maupun tanda-tanda secara klinis akibat terpapar Pb akan timbul berbeda-beda. Plumbum akan beracun baik dalam bentuk logam maupun dalam bentuk garamnya seperti Pb karbonat, Pb tetra oksida, Pb monoksida, Pb sulfida dan Pb asetat merupakan keracunan Pb yang paling sering terjadi. Pb dapat masuk kedalam tubuh melalui pernafasan 85%, pencernaan 14% dan kulit 1%, setelah seseorang disebut berada dalam udara yang tercemar Pb. Efek yang timbul akibat paparan Pb adalah beberapa gejala berbagai sakit dan penyakit, serta mengganggu fungsi ginjal, saluran pencernaan, sistem saraf, menurunkan fertilitas, menurunkan jumlah spermatozoa, dan meningkatkan spermatozoa abnormal serta dapat menyebabkan aborsi spontan. Efek timbal terhadap sistem organ tubuh tertera pada gambar 2 (WHO, 2005).



HIGHER DOSE – MORE SEVERE EFFECT

lower dose – less severe effect

◆ Extensive study shows NO evidence of "threshold" or safe exposure

**Gambar 4.** Pengaruh Timbal pada Sistem Organ Tubuh (UNEP, 2000)

Adanya timbal dalam darah dapat menyebabkan hipertensi. Polisi lalu lintas yang mempunyai kadar Pb dalam darah = 6,27  $\mu\text{g/dL}$  mempunyai risiko untuk menderita hipertensi 6,5 kali lebih besar dibandingkan dengan polisi dengan kadar Pb dalam darah <6,27  $\mu\text{g/dL}$  (Pasorong, 2007). Pada pria, kenaikan tekanan darah 1,25 mmHg berhubungan dengan setiap 5  $\mu\text{g/dL}$  kenaikan kadar timbal dalam darah antara 5 – 20  $\mu\text{g/dL}$ , dan dengan kenaikan tekanan darah 3,75 mmHg pada kadar timbal dalam darah lebih dari 20  $\mu\text{g/dL}$ . Sedangkan pada wanita peningkatan 0,8 mmHg tekanan darah sistolik berhubungan dengan setiap 5  $\mu\text{g/dL}$  peningkatan kadar timbal antara 5-20  $\mu\text{g/dL}$ , serta dengan peningkatan tekanan 2,4 mmHg pada kadar timbal lebih dari 20  $\mu\text{g/dL}$  dalam darah (WHO, 2003).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada hewan coba yaitu mencit Balb/c ditemukan adanya perubahan stuktur histopatologi hepar. Perubahan struktur histopatologi hepar semakin meningkat sesuai dengan lama paparan timbal yang diberikan yaitu dengan lama paparan 4 jam, 8 jam, dan 12 jam. Namun, kadar timbal dalam darah mencit tersebut tidak menunjukkan hal yang bermakna. Hal ini disebabkan oleh paparan yang diberikan kepada mencit tersebut hanya berlangsung selama 1 bulan, sedangkan timbal memiliki sifat akumulatif dalam darah (Trijayanti, 2010).

Terdapat beberapa gejala non-spesifik dari paparan timbal, diantaranya adalah kelumpuhan nervus radialis (*wrist drop*), rasa kesemutan dan mati rasa pada jari dan tangan, mual, dan penurunan libido pada pekerja garasi mobil. Diantara gejala yang dinilai, depresi, kelumpuhan nervus radialis (*wrist drop*), dan penurunan libido umumnya dirasakan individu dengan kadar timbal dalam darah  $\geq 20 \mu\text{g/dL}$ . Selain itu beberapa pekerja juga mengeluhkan adanya rasa metalik (*metallic taste*) pada mulut, penglihatan kabur serta bekas luka berwarna putih pada satu atau dua area di kepala pekerja-pekerja tersebut (Adela, 2012).

Pada pekerja pembuatan baterai menunjukkan bahwa penyerapan timbal yang lebih pada pekerja ini memberikan efek samping yang mempengaruhi tekanan darah, mengganggu metabolisme kalsium dan fosfor yang selanjutnya menyebabkan gangguan pada proses mineralisasi tulang sehingga terjadi penurunan kepadatan tulang (Dongre, 2012).