

**KADAR TIMBAL DALAM DARAH POLISI
LALU LINTAS DAN HUBUNGANNYA DENGAN
KADAR HEMOGLOBIN**

**(Studi pada Polisi Lalu Lintas yang Bertugas
di Jalan Raya Kota Semarang)**

***THE BLOOD LEAD LEVEL OF TRAFFIC POLICE
AND ITS CORRELATION TO THE HEMOGLOBIN LEVEL***

(Studi on Traffic Police in Semarang)



**Tesis
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat S2**

Magister Gizi Masyarakat

**Sri Suciani
E4E 003 066**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

**Juni
2007**

PENGESAHAN TESIS

Judul Penelitian	:	Kadar Timbal Dalam Darah Polisi Lalu Lintas dan Hubungannya dengan Kadar Hemoglobin (Studi pada Polisi Lalu Lintas yang Bertugas di Jalan Raya Kota Semarang)
Nama Mahasiswa	:	Sri Suciani
Nomor Induk Mahasiswa	:	E4E 003 066

telah diseminarkan pada tanggal 3 April 2007
dan telah dipertahankan di depan Tim Penguji
pada tanggal 15 Mei 2007
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Semarang, 18 Juni 2007

Menyetujui
Komisi Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
<u>Prof. Dr.dr. Endang Purwaningsih, MPH, SpGK</u>	<u>dr. Apoina Kartini, M.Kes</u>
NIP. 131 964 518	NIP. 131 964 518

Mengetahui
Program Studi Magister Gizi Masyarakat
Program Pascasarjana Universitas Diponegoro

Ketua

Prof. dr. S. Fatimah Muis, MSc, SpGK
NIP. 130 368 067

Tesis ini telah Diuji dan Dinilai
Oleh Panitia Penguji pada
Program Studi Magister Gizi Masyarakat
Program Pascasarjana Universitas Diponegoro
Pada tanggal 15 Mei 2007

Moderator : dr. Martha I. Kartasurya, MSc, PhD

Notulis : Kris Diyah K, SE

Penguji : I. Prof. Dr. dr. Endang Purwaningsih, MPH, SpGK
II. dr. Apoina Kartini, MKes
III. Prof. Dr.dr. Hertanto WS, MS, SpGK
IV. dr. Suhartono, MKes

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan di dalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penerbitan maupun yang belum/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan di dalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, Juni 2007

Sri Suci

ABSTRAK

KADAR TIMBAL DALAM DARAH POLISI LALU LINTAS DAN HUBUNGANNYA DENGAN KADAR HEMOGLOBIN

(Studi Pada Polisi Lalu Lintas yang Bertugas di Jalan Raya Kota Semarang)

Sri Suciani

Latar Belakang : Timbal merupakan racun yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia dan bersifat akumulatif. Efek pertama keracunan timbal kronis adalah gangguan pada biosintesis hem.

Tujuan : Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui profil kadar timbal dalam darah polisi lalu lintas dan hubungannya dengan kadar hemoglobin.

Metode : Penelitian observasional dengan pendekatan *cross-sectional*, dengan subyek 90 polisi lalu lintas yang bertugas di jalan raya kota Semarang. Data dikumpulkan dengan wawancara, kadar timbal darah diperiksa dengan FAAS (*Flame Emission Atomic Absorption Spectrophotometer*), kadar hemoglobin diperiksa dengan metode *cyanmethemoglobin*. Uji hipotesis yang dilakukan adalah uji korelasi Rank Spearman.

Hasil : Hasil penelitian menunjukkan bahwa 6,7% responden mempunyai kadar timbal melebihi nilai normal ($>25 \mu\text{g/dL}$) dengan rerata kadar timbal dalam darah polisi lalu lintas $13,03 \pm 6,24 \mu\text{g/dL}$ yang masih termasuk dalam kategori normal. Rerata kadar hemoglobin darah adalah $15,40 \pm 1,03 \text{ g/dL}$ dan angka kejadian anemia pada polisi lalu lintas adalah 1,1%. Tidak ada hubungan antara lama kerja, dan kebiasaan merokok dengan kadar timbal dalam darah ($p > 0,05$) tetapi ada kecenderungan bahwa semakin lama bekerja, makin tinggi kadar timbal darah. Tidak ada hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin ($p > 0,05$). Ada kecenderungan bahwa semakin tinggi kadar timbal dalam darah, semakin rendah kadar hemoglobin darah.

Simpulan : Tidak ada hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin pada polisi lalulintas di kota Semarang.

Kata kunci : kadar timbal dalam darah, kadar hemoglobin, lama kerja dan kebiasaan merokok, polisi lalu lintas

ABSTRACT

THE BLOOD LEAD LEVEL OF TRAFFIC POLICE AND ITS CORRELATION TO THE HEMOGLOBIN LEVEL (Study on Traffic Police in Semarang)

Sri Suciani

Background: Lead is one of poisonous substances that can affect human's health. This health effect is accumulative. The first effect of chronic lead poisoning is heme biosynthetic disorder.

Aim: The aim of the research is to investigate the blood lead profile of traffic police and its relation to the hemoglobin level.

Method: This observational research with a cross sectional approach included 90 traffic polices who had duty at the streets throughout Semarang. Data collection was conducted by interview, the blood lead level was analyzed by FAAS (Flame Emission Atomic Absorption Spectrophotometer) and the hemoglobin level was analyzed by cyanmethemoglobin method. Hypothesis testing was conducted by Rank Spearman correlation tests.

Results: The results showed that 6.7% subjects had higher than normal blood lead level ($>25 \mu\text{g/dL}$). The mean blood lead level of the subjects was $13,03 \pm 6,24 \mu\text{g/dL}$, which was categorized as normal. The mean hemoglobin level was $15,40 \pm 1,03 \text{ g/dL}$. Only 1.1% of the subjects suffered from anemia. There was no correlation between the work span, smoking habit and the blood lead level ($p >0,05$). However, there was a trend, which showed that the longer the work span, the higher the blood lead level. There was no correlation between the blood lead level and the hemoglobin level ($p >0,05$). There was a trend, which showed that the higher blood lead level, the lower the hemoglobin level.

Conclusion : There is no correlation between the blood lead level and the hemoglobin level on traffic police in Semarang.

Keyword : Blood lead level, hemoglobin level, the length of work, smoking habit, traffic police.

RINGKASAN

Timbal, timah hitam atau plumbum (Pb) merupakan salah satu polutan yang dihasilkan oleh aktivitas pembakaran bahan bakar minyak kendaraan bermotor. Sumber inilah yang saat ini memberi kontribusi kadar timbal dalam udara, selain dari buangan industri dan pembakaran batubara. Timbal merupakan ancaman yang serius karena menebarkan racun di udara, dan menyusup ke paru-paru, beredar dalam darah dan menyebarkan efek buruk jangka panjang. Timbal dalam tubuh bersifat toksik dan akumulatif,

Timbal merupakan logam berat, yang tidak pernah ditemukan dalam bentuk murni tetapi selalu bergabung dengan logam lain. Timbal terdapat dalam 2 bentuk yaitu bentuk inorganik dan organik. Dalam bentuk inorganik timbal dipakai dalam industri baterai, cat, kabel telepon, kabel listrik, percetakan, gelas polivinil, plastik, pengkilap keramik, insektisida, detonator, pembangkit tenaga listrik dan mainan anak-anak. Sedangkan dalam bentuk organik timbal dipakai dalam industri perminyakan. Alkil timbal (timbal tetraetil/TEL dan timbal tetrametil/TML) digunakan sebagai campuran bahan bakar bensin. Fungsinya selain meningkatkan daya pelumasan, meningkatkan efisiensi pembakaran juga sebagai bahan aditif anti ketuk (*anti-knock*) pada bahan bakar yaitu untuk mengurangi hentakan oleh kerja mesin sehingga dapat menurunkan kebisingan suara ketika

terjadi pembakaran pada mesin-mesin kendaraan bermotor. Sumber inilah yang saat ini paling banyak memberi kontribusi kadar timbal dalam udara. Menurut Soekardi (1990) Semarang merupakan kota tercemar ketiga se Indonesia, setelah Jakarta dan Bandung.

Proses masuknya timbal ke dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur, yaitu melalui makanan dan minuman, udara (pernafasan/inhalasi) serta perembesan atau penetrasi pada selaput atau lapisan kulit. Tetapi hanya sekitar 5 – 10% dari jumlah timbal yang masuk melalui makanan dan atau sebesar 30% dari jumlah timbal yang terhirup yang akan diserap oleh tubuh. Dari jumlah yang terserap itu hanya 15% yang akan mengendap pada jaringan tubuh, dan sisanya akan turut terbang bersama bahan sisa metabolisme seperti urin dan feses.

Sebagian besar dari timbal yang terhirup pada saat bernafas akan masuk ke dalam pembuluh darah paru-paru. Tingkat penyerapan itu sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel senyawa timbal, volume udara yang mampu dihirup pada saat peristiwa bernafas berlangsung dan daya larut. Logam timbal yang masuk ke paru-paru melalui peristiwa pernafasan akan terserap dan berikatan dengan darah paru-paru untuk kemudian diedarkan ke seluruh jaringan dan organ tubuh.

Absorpsi melalui saluran cerna dipengaruhi oleh daya larut, bentuk dan ukuran partikel, kebiasaan merokok, penyakit saluran nafas menahun, status gizi dan tipe diet. Pada orang dewasa sekitar 10% dari cemaran

timbal yang masuk melalui saluran cerna akan diabsorpsi oleh tubuh. Pada keadaan puasa, diet yang rendah kalsium, Fe dan protein akan meningkatkan absorpsi timbal. Rata-rata 10-30% timbal yang terinhalasi diabsorpsi melalui paru-paru, dan sekitar 5 - 10% dari yang tertelan diabsorpsi melalui saluran cerna.

Timbal yang diabsorpsi dari saluran pernapasan, pencernaan atau kulit akan diangkut oleh darah ke organ-organ lain. Sekitar 95% timbal dalam darah diikat oleh sel darah merah, 5% dalam plasma darah. Timbal diekskresi melalui beberapa cara, yaitu melalui urin (75-80%), feses (sekitar 15%), keringat dan air susu ibu. Waktu paruh timbal dalam darah kurang lebih 36 hari, pada jaringan lunak 40 hari, sedangkan pada tulang lebih dari 25 tahun. Ekskresi timbal berjalan lambat, hal ini menyebabkan timbal mudah terakumulasi dalam tubuh.

Efek pertama pada keracunan timbal kronis sebelum mencapai target organ adalah adanya gangguan pada biosintesis hem, apabila hal ini tidak segera diatasi akan terus berlanjut mengenai target organ lainnya. Pada gangguan awal dari biosintesis hem, belum terlihat adanya gangguan klinis, gangguan hanya dapat terdeteksi melalui pemeriksaan laboratorium. Pada kadar 10 µg/dL timbal menghambat aktivitas enzim δ-aminolevulinat dehidratase (ALAD) dalam eritroblas sumsum tulang dan eritrosit, sehingga terjadi peningkatan kadar δ-aminolevulinat (δ-ALA) dalam serum dan kemih serta tampak sel berbintik basofilik. Timbal

menyebabkan 2 macam anemia yaitu anemia hemolitik dalam keadaan keracunan timbal akut dan pada keracunan timbal yang kronis terjadi anemia makrositik hipokromik dan peningkatan *corproporphirin* dalam urin. Kadar timbal dalam darah 70 µg/dL menyebabkan anemia klinis. Pada sistim saluran pencernaan, akan terjadi kolik usus (spasme usus halus) dan pigmentasi kelabu pada gusi (“garis-garis timbal”). Sistem saraf merupakan sistem yang paling sensitif terhadap daya racun timbal. Akibat dari keracunan timbal adalah epilepsi, halusinasi, delirium, penurunan intelektual dan gangguan kejiwaan, kejang, koma dan kematian dapat segera terjadi bila fungsi otak terganggu. Pada sistim ginjal menyebabkan nefropati yang sering disertai hipertensi. Pada laki-laki terjadi penurunan kualitas semen.

Toksisitas timbal dipengaruhi oleh dosis dan lama pemaparan, kelangsungan pemaparan (terus-menerus atau terputus-putus), cara kontak, umur, status kesehatan, status gizi, tingkat kekebalan, jenis kelamin dan jenis jaringan yang terpapar timbal. Konsentrasi normal kadar timbal dalam darah menurut WHO adalah 10 – 25 µg/dL.

Hemoglobin selain mengangkut O₂, juga dapat berikatan dengan karbondioksida (CO₂), karbonmonoksida (CO) dan lain-lain. Kadar hemoglobin dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu umur, jenis kelamin, kehamilan, menstruasi, asupan makanan, kebiasaan minum teh atau kopi (dapat menurunkan penyerapan besi), kebiasaan merokok dan

penyakit infeksi. Ada beberapa masalah klinis yang menyebabkan penurunan kadar hemoglobin seperti anemia, kanker, penyakit ginjal, pemberian cairan intravena berlebihan dan penyakit atau infeksi kronis; juga pemberian obat-obatan dalam waktu yang lama seperti antibiotika, aspirin, sulfonamide, primaquin, kloroquin. Kadar normal hemoglobin pada laki-laki 13 – 16 g/dL dan pada perempuan 12 – 14 g/dL.

Penelitian ini bertujuan mengetahui profil kadar timbal dalam darah polisi lalu lintas dan hubungannya dengan kadar hemoglobin, dengan hipotesis ada hubungan kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin. Digunakan pendekatan *cross-sectional*, dengan lokasi penelitian di wilayah kota Semarang dan dilakukan pada bulan Agustus 2006 sampai Mei 2007 dengan subyek 90 polisi lalu lintas kota Semarang yang bertugas mengatur jalan raya. Sampel diambil secara acak sederhana, dengan kriteria inklusi polisi lalu lintas laki-laki, tidak sedang sakit atau memiliki kelainan fisik dan minum obat-obatan, Indeks Massa Tubuh antara 18,5 – 25 dan usia antara 25 – 45 tahun. Adapun kriteria eksklusi adalah menolak menjadi sampel penelitian. Variabel penelitian ini adalah kadar timbal dalam darah sebagai variabel bebas, variabel terikat kadar hemoglobin dan variabel perancu lama kerja dan kebiasaan merokok.

Tinggi badan diukur menggunakan alat *microtoise somatometer*, dengan ketelitian 0,1 cm dan berat badan menggunakan timbangan injak

seca dengan ketelitian 0,1 kg. Sampel darah diperiksa di laboratorium GAKI Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro. Kadar timbal dalam darah diukur dengan metode pengabuan, menggunakan alat FAAS (*Flame Emission Atomic Absorption Spectrophotometer*) dengan no. kode AA-6401F merk Shimadzu, dengan ketelitian 0,01 µg/dL. Kadar hemoglobin diukur dengan metode *Cyanmethemoglobin* menggunakan alat *Photometer 4010* dengan ketelitian 0,01 g/dL.

Pengolahan Data menggunakan komputer dengan *software* SPSS / PC versi 13.0. Dilakukan analisis univariat dan bivariat.

Rerata usia responden $33,4 \pm 6,6$ tahun dan rerata IMT $24,0 \pm 1,2$. Tempat tugas responden 65,6% di pos lalu lintas dan 34,4% bertugas di satlantas. Responden yang bertugas di satlantas hanya bertugas di jalan raya pada pagi hari saja kemudian masuk kantor, sedangkan responden di pos lalu lintas sepanjang hari bertugas di pos dan 8,5% responden yang tugas di pos mempunyai kadar timbal yang tinggi. Dalam menjalankan tugas mengatur di jalan raya 80% responden tidak menggunakan masker, hanya 16,7 % yang menggunakan masker dan sisanya (3,3%) hanya kadang-kadang saja menggunakan masker. Lima koma enam persen responden yang tidak menggunakan masker mempunyai kadar timbal yang tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah masker yang dibagikan dari dinas sangat terbatas sehingga tidak semua polisi lalu lintas memperolehnya. Walaupun demikian, responden yang mempunyai masker

pun tidak sepanjang bertugas menggunakan masker, karena alasan susah untuk meniup peluit, mengganggu dan panas.

Rerata kadar timbal $13,03 \pm 6,24$ $\mu\text{g/dL}$ dengan kisaran antara 4,06 dan 32,32 $\mu\text{g/dL}$. Responden yang mempunyai kadar timbal darah sedang (10 - 25 $\mu\text{g/dL}$) 57,8%, kadar timbal rendah (< 10 $\mu\text{g/dL}$) 35,6% dan kadar timbal tinggi (>25 $\mu\text{g/dL}$) 6,7%. Hal ini mungkin karena paparannya belum terlalu tinggi sehingga kadar timbal dalam darah sebagian besar masih dalam batas normal. Dari 6 responden (6,7%) yang mempunyai kadar timbal dalam darah yang tinggi, kadar timbal rata-rata $27,98 \pm 2,57$ $\mu\text{g/dL}$. Menurut Joko Suyono (1995) lama pemaparan, dosis pemaparan dan cara masuk timbal ke dalam tubuh mempengaruhi kadar timbal dalam darah.

Kebiasaan makan responden dalam menggunakan alas makan, sebagian besar (42,2%) menggunakan piring keramik yang ada catnya (gambar) dan 13,2% responden yang menggunakan piring keramik bercat mempunyai kadar timbal yang tinggi. Pada kebiasaan menggunakan tempat minum, sebagian besar responden (51,1%) menggunakan gelas keramik (mug) dan 48,9% menggunakan gelas kaca. Sepuluh koma sembilan persen responden yang mempunyai kebiasaan minum menggunakan gelas keramik (mug) mempunyai kadar timbal yang tinggi. Robert Malkin dalam Environmental Research (1995) mengatakan bahwa kondisi rumah mempengaruhi kadar timbal dalam darah, misalnya pemakaian cat tembok yang mengandung timbal dan juga kebiasaan

menggunakan alat makan dan minum dari keramik yang dicat (seperti mug). Selain itu, letak rumah juga sangat mempengaruhi paparan timbal. Pada rumah yang terletak dekat jalan raya yang padat lalu lintasnya akan lebih banyak paparan timbalnya bila dibandingkan dengan rumah yang jauh dari jalan raya yang padat lalu lintasnya. Matte dkk (1994) mengatakan bahwa pemakaian alat makan dan alat minum dari keramik terutama pada pemakaian yang lama merupakan sumber paparan timbal yang dapat meningkatkan kadar timbal dalam darah.

Lama kerja polisi di satuan lalu lintas terbanyak adalah antara 13–36 bulan (44,4%) dengan rerata lama kerja $40 \pm 28,8$ bulan. Lama kerja di satuan lalu lintas tercepat adalah 2 bulan dan yang terlama 192 bulan. Dari responden yang bekerja lebih dari 36 bulan terdapat 11,1% yang mempunyai kadar timbal yang tinggi.

Sebagian besar responden (80%) mempunyai kebiasaan merokok dan 20% responden tidak mempunyai kebiasaan merokok yang dinyatakan dengan nilai konsumsi 0 batang. Empat puluh lima koma enam persen responden mempunyai kebiasaan merokok ringan yaitu merokok kurang dari 10 batang rokok per hari. Dari 21 responden perokok sedang, 14,3% mempunyai kadar timbal tinggi ($> 25 \mu\text{g/dL}$), dan dari 10 responden yang merupakan perokok berat tidak ada yang mempunyai kadar timbal tinggi. Rerata lama merokok $84,7 \pm 57,6$ bulan dengan

merokok terlalu lama 196 bulan. Rerata jumlah rokok yang dihisap per hari $7,8 \pm 7,3$ batang.

Dari 90 responden hanya 1 responden (1,1%) mempunyai kadar hemoglobin < 13 g/dL (anemia) dan sebagian besar responden (98,9%) mempunyai kadar hemoglobin normal. Rerata kadar hemoglobin $15,40 \pm 1,03$ g/dL, kadar hemoglobin tertinggi 16,95 g/dL dan kadar terendah 12,08 g/dL.

Penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara lama kerja, kebiasaan merokok dengan kadar timbal dalam darah. Hal ini terjadi karena dalam bekerja sehari-hari tidak selalu responden berada di pinggir jalan untuk mengatur lalu lintas, tetapi hanya dalam jam-jam sibuk saja berada di daerah yang terpapar timbal, yaitu pada waktu jam berangkat sekolah dan berangkat kantor di pagi hari dan sore hari ketika jam pulang kantor. Selain jam-jam tersebut responden berada di pos lalu lintas. Hal ini berbeda dengan penelitian Nurjazuli dkk (2003) pada operator SPBU di Samarinda yang membuktikan bahwa lama kerja merupakan faktor yang dominan terhadap tingginya kadar timbal dalam darah. Tetapi apabila dilihat dari rerata lama kerja terdapat kecenderungan bahwa semakin lama bekerja sebagai polisi lalu lintas maka kadar timbal darah akan makin tinggi juga.

Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian terdahulu. Penelitian dari Hense HW et al (1992) yang menyimpulkan bahwa kebiasaan

merokok mempunyai hubungan kuat dengan peningkatan kadar timbal dalam darah dan lebih lanjut akan menambah risiko kesehatan. Penelitian Einbensteiner L (2005) juga menyimpulkan ada hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kebiasaan merokok. Effendi (1980) menjelaskan bahwa kebiasaan merokok juga membantu absorpsi timbal melalui saluran pernapasan. Substansi-substansi dalam rokok menyebabkan kelainan pada silia saluran pernapasan dan terjadi iritasi pada saluran pernapasan sehingga fungsi paru akan terganggu terutama pada perokok yang berat.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin ($p > 0,05$). Hal ini sama seperti penelitian Suhartono dkk (2002) yang juga menyatakan bahwa tidak ada hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin Tetapi apabila dilihat dari rerata kadar hemoglobin terdapat kecenderungan bahwa semakin tinggi kadar timbal dalam darah maka rerata kadar hemoglobin semakin rendah.

WHO menyatakan bahwa kadar timbal dalam darah yang dapat menyebabkan anemi klinis yaitu sebesar $70 \mu\text{g/dL}$, sedangkan menurut *US Department of Health and Human Services* dalam ATSDR (2003) kadar timbal dalam darah yang mencapai $50 \mu\text{g/dL}$ menyebabkan gangguan terhadap sintesis hemoglobin. Penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh sampel memiliki kadar timbal dalam darah di bawah $50 \mu\text{g/dL}$ (nilai

tertinggi 32,32 µg/dL), sehingga tidak ada hubungan kadar hemoglobin dengan kadar timbal darah. Penelitian Gawarammana (2006) dan Hsien-Wen Kuo (2006) mengemukakan bahwa antara hemoglobin dan kadar timbal dalam darah mempunyai hubungan yang lemah.

Dalam penelitian ini hanya 6 responden yang mempunyai kadar timbal dalam darah tinggi (> 25 µg/dL) dan semuanya mempunyai kadar hemoglobin normal. Banyak faktor yang mempengaruhi paparan timbal dalam tubuh manusia terutama terhadap sintesis hemoglobin antara lain usia, status gizi, status kesehatan, jenis kelamin. Dalam penelitian ini variabel- variabel tersebut sudah dikendalikan. Dengan bertambahnya umur dan penurunan status kesehatan, maka terjadi penurunan fungsi dari berbagai organ tubuh termasuk fungsi paru-paru. Penurunan fungsi paru-paru mempermudah timbal yang masuk melalui sistim saluran pernapasan untuk masuk ke dalam jaringan paru-paru selanjutnya masuk ke dalam pembuluh darah. Pengendalian variabel status gizi dilakukan karena status gizi merupakan faktor yang mempengaruhi absorpsi timbal oleh tubuh. Keadaan kurang gizi akan meningkatkan kadar timbal dalam darah. Keseluruhan responden penelitian ini mempunyai indek massa tubuh normal yaitu 18,5 – 25 (Supariasa, 2002) Kadar hemoglobin juga dipengaruhi oleh asupan gizi dalam tubuh seperti besi, tembaga, piridoksin. Hans Werner Hense (1992) mengatakan bahwa variabel umur,

indek masa tubuh, pendidikan dan pekerjaan merupakan pengaruh minoritas pada kadar timbal darah.

Pengaruh timbal sebenarnya dapat dilihat pada proses sintesis hemoglobin. Adnan S (2001) menyatakan bahwa kadar timbal dalam darah 10 µg/dL sudah dapat menyebabkan gangguan pada sintesis hemoglobin dengan penghambatan pada aktivitas enzim δ-aminolevulinat dehidratase (ALAD). Hal ini mengakibatkan peningkatan kadar δ-aminolevulinat (δ-ALA) dalam serum dan kemih. Kadar timbal darah 15 µg/dL mengakibatkan peningkatan protoporfirin. Kadar timbal darah 40 µg/dL mengakibatkan peningkatan koproporfirin. Dalam penelitian ini tidak diperiksa kadar protoporfirin tetapi diperiksa kadar hemoglobin, sehingga tidak dapat dilihat pengaruh kadar timbal darah pada sintesis hemoglobin.

Menurut Darmono (2001), untuk mengkompensasi penurunan sintesis hemoglobin karena hambatan oleh timbal, sumsum tulang akan meningkatkan produksi sel darah merah sehingga akan banyak didapatkan sel darah merah yang masih muda (retikulosit) dan sel basofilik. Sel basofilik terbentuk sebagai bagian dari gangguan metabolik dari pembentukan hemoglobin yang merupakan tanda-tanda keracunan timbal. Adnan (2001) juga menyatakan bahwa kerusakan sintesis hem dapat menimbulkan anemia yang bersifat hipokromik dan mikrositik. Pada penelitian ini tidak dilakukan pemeriksaan darah tepi yang dapat menunjukkan adanya keracunan timbal di tingkat sintesis hemoglobin.

HALAMAN MOTO DAN PERSEMBAHAN

..... Dan barang siapa berbuat amal saleh maka mereka telah membuka jalan bagi mereka sendiri

QS Ar Rum (30) : 44

Kupersembahkan hasil karyaku teruntuk :

Bapak dan ibuku

Suamiku dan Alfa anakku tercinta

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Strata 2 Program Studi Magister Gizi Masyarakat Universitas Diponegoro.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna, namun karena dorongan keluarga, teman-teman dan bimbingan dari para dosen sehingga tesis ini dapat terwujud. Atas terselesainya penulisan tesis ini perkenankanlah penulis mengahaturkan rasa hormat dan terima kasih yang tulus kepada :

1. Prof. dr. S. Fatimah Muis, MSc, SpGK, selaku Ketua Program Studi Magister Gizi Masyarakat Universitas Diponegoro, terima kasih atas petunjuk yang diberikan kepada penulis.
2. Prof. Dr. dr. Satoto, SpGK (almarhum), mantan Ketua Program Studi Magister Gizi Masyarakat Universitas Diponegoro, terima kasih atas petunjuk, arahan dan dorongan yang beliau berikan.
3. dr. Martha I. Kartasurya, MSc, PhD, selaku Wakil Ketua Program Studi Magister Gizi Masyarakat Universitas Diponegoro, yang telah memberikan bimbingan dan dorongan selama pembuatan tesis.
4. Prof. Dr. dr. Endang Purwaningsih, MPH, SpGK selaku pembimbing I, dan dr. Apoina Kartini, M.Kes, selaku pembimbing II,

yang meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan dengan penuh kesabaran memberi bimbingan, dorongan dan arahan selama pembuatan tesis.

5. Prof. Dr. dr. Hertanto W. Subagio, MS, SpGK dan dr. Suhartono, M.Kes, yang telah memberikan ilmu, nasihat, bimbingan, masukan dan wawasan kepada penulis.
6. Kapolwiltabes Semarang, Kapolres Semarang Barat, Kapolres Semarang Timur dan Kapolres Semarang Selatan, yang telah memberi ijin untuk melakukan penelitian pada polisi lalu lintas di kota Semarang.
7. Kasatlantas Polwiltabes Semarang, Kasatlantas Polres Semarang Barat, Kasatlantas Polres Semarang Timur dan Kasatlantas Polres Semarang Selatan, beserta anggota yang dengan legawa dan ikhlas membantu penulis dalam penelitian ini.
8. Bapak dan ibu dosen Program Studi Magister Gizi Masyarakat Universitas Diponegoro yang penulis hormati, terima kasih atas semua ilmu yang telah diberikan selama penulis menjalani pendidikan.
9. Rekan-rekan S-2 angkatan 2003, yang bersama-sama mengisi hari-hari kuliah dengan rasa persaudaraan dan memberi dorongan dalam menyelesaikan tesis.

10. Mbak Fifi, mbak Kris, mas Sam, yang selalu membantu penulis selama pendidikan.
11. Ayahanda almarhum dan ibu tercinta, yang dengan penuh perhatian dan kasih sayang, memberikan dorongan, semangat dan yang telah mengasuh, membesarkan serta mendidik penulis.
12. Suami penulis Ir. Djoko Indrosaptono, MT dan ananda Alfanadi Agung Setiyawan tercinta, yang selalu memberi dorongan, semangat dan pengorbanan yang sangat berarti dalam keberhasilan studi ini.
13. Teman Sejawat di Rumah Sakit Bhayangkara yang telah dengan penuh pengertian memberi kesempatan dan memberi dorongan penulis untuk menempuh pendidikan ini.
14. Semua pihak yang telah membantu penulis selama menempuh studi, yang tidak mungkin penulis sebutkan satu persatu.

Sekali lagi terima kasih yang terhingga atas bantuan semua pihak, semoga Allah SWT senantiasa memberikan petunjuk, rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amiin

Semarang, Juni 2007

Penulis

SRI SUCIANI

E4E 003 066

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
TESIS DIUJI	iii
PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
RINGKASAN	vii
HALAMAN MOTO DAN PERSEMBAHAN	xix
KATA PENGANTAR	xx
DAFTAR ISI	xxiii
DAFTAR TABEL	xxvi
DAFTAR GAMBAR	xxvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxviii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Masalah Penelitian	4
C. Tujuan Penelitian	5
1. Tujuan Umum	5
2. Tujuan Khusus	5

D. Manfaat Penelitian	5
E. Keaslian Penelitian	5

BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	8
A.	Timbal	8
A.1.	Sifat	8
A.2.	Sumber dan Kegunaan	8
A.3.	Absorpsi	12
A.4.	Disribusi dalam tubuh	15
A.5.	Ekskresi	17
A.6.	Efek-efek Klinis	17
A.7.	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Toksisitas Timbal ..	25
A.8.	Batas Paparan Kerja Timbal	29
B.	Hemoglobin	29
B.1.	Sel Darah Merah	29
B.2.	Hemoglobin Darah	31
B.3.	Sintesis Hemoglobin	34
B.4.	Zat-zat pada Pembentukan Hemoglobin	36
B.3.	Karbonmonoksida	38
C.	Pengaruh Timbal dalam Sintesis Hemoglobin	40
D.	Kerangka Teori	44
E.	Kerangka Konsep	45

	F. Hipotesis	45
BAB III	METODE PENELITIAN	46
	A. Metode Penelitian	46
	B. Lokasi Penelitian	46
	C. Waktu Penelitian	46
	D. Populasi dan Sampel Penelitian	46
	E. Perhitungan Besar Sampel	47
	F. Variabel Penelitian	48
	G. Definisi Operasional	48
	H. Proses Pengumpulan Data	49
	I. Tahap Penelitian	51
	J. Pengolahan Data	51
BAB IV.	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	55
	A. Gambaran Umum Polisi Lalu Lintas Kota Semarang	55
	B. Karakteristik Responden	56
	C. Kadar Timbal dalam Darah	57
	D. Lama Kerja Polisi Lalu Lintas	59
	E. Kebiasaan Merokok	60
	F. Kadar Hemoglobin	61
	G. Pembahasan	62
	J. Keterbatasan Penelitian	67

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	69
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN-LAMPIRAN	75

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Tabel Keaslian Penelitian dari Beberapa Peneliti	6
2. Tabel Kandungan Senyawa Timbal dalam Gas Buangan Kendaraan Bermotor	11
3. Tabel Kadar Timbal dalam jaringan Tubuh Orang-orang yang Tidak Terpapar oleh Timbal	27
4. Tabel Empat kategori Timbal dalam Darah Orang Dewasa ...	28
5. Tabel Hasil Laboratorium pada Keracunan Logam Berat	43
6. Tabel Distribusi Frekuensi Responden Menurut Kadar Timbal Dalam Darah	57
7. Tabel Distribusi Kadar Timbal dalam Darah menurut Tempat Tugas, Pemakaian Masker, Jenis Alat makan dan Minum yang Dupergunakan	58
8. Tabel Distribusi Frekuensi responden Menurut Lama Kerja ...	59
9. Tabel Distribusi Kadar Timbal Darah menurut Lama Kerja	59
10. Tabel Kadar Timbal Darah menurut Kategori Lama Kerja	60
11. Tabel Distribusi Frekuensi Responden menurut Jumlah Rokok yang Dihisap Tiap hari	60
12. Tabel Kadar Timbal Dalam Darah menurut Kategori Perokok ..	61
13. Tabel Rerata Kadar Hemoglobin menurut kategori Kadar Timbal Dalam Darah	62

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Metabolisme dan Absorpsi Timbal dalam Tubuh	16
2. Sintesis Hemoglobin	36
3. Skema Sintesis Hemoglobin dan Intervensi Timbal	42
4. Kerangka Teori	44
5. Kerangka Konsep	45

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Formulir Pernyataan Kesiediaan Menjadi Responden	75
2. Kuesioner Penyaringan (Screening)	76
3. Kuesioner Penelitian	78
4. Prosedur Pengambilan Sampel Darah	80
5. Prosedur Pemeriksaan Kadar Timbal dalam Darah	81
6. Prosedur Pemeriksaan Kadar Hemoglobin	83
7. Data	85
8. Hasil Analisis Statistik	91
9. Foto – foto	99
10. Ethical Clearance	100
11. Hasil Pemeriksaan Timbal dan Hemoglobin	101

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kendaraan bermotor sebagai produk teknologi dalam operasinya memerlukan bahan bakar minyak, timah hitam atau timbal, yang juga dikenal dengan nama *Plumbum* (Pb) merupakan salah satu polutan utama yang dihasilkan oleh aktivitas pembakaran bahan bakar minyak kendaraan bermotor. Timah hitam ditambahkan ke dalam bensin untuk meningkatkan nilai oktan dan sebagai bahan aditif anti-ketuk, dalam bentuk *Tetra Ethyl Lead* (TEL) atau *Tetra Methyl Lead* (TML). Timbal yang ditambahkan ke dalam bahan bakar minyak ini merupakan sumber utama pencemaran timbal di udara perkotaan. Selain itu sumber timbal yang lain yaitu dari buangan industri, pembakaran batubara yang mengandung timbal. Sumber alamiah timbal berasal dari penguapan lava, batu-batuan, tanah dan tumbuhan, namun kadar timbal dari sumber alamiah ini sangat rendah dibandingkan dengan timbal yang berasal dari pembuangan gas kendaraan bermotor. Dari sekian banyak sumber pencemaran udara yang ada, kendaraan bermotor (transportasi) merupakan sumber pencemaran udara terbesar (60%), sektor industri 20% dan lain-lain 20%. Timbal dalam jaringan tubuh mula-mula dianggap sebagai kontaminasi lingkungan. Belakangan terbukti bahwa timbal pada tikus meningkatkan pertumbuhan dan termasuk dalam golongan zat gizi mineral mikro (Almatsier, 2003).

Timbal kini dianggap sebagai ancaman serius karena diketahui menebarkan racun di udara, dan menyusup ke paru-paru, beredar dalam darah warga kota dan menyebabkan efek buruk jangka panjang. Logam pencemar dari kendaraan dengan bahan bakar bensin bertimbal itu bisa terakumulasi dalam tubuh, menyerang organ-organ penting, bahkan merusak kualitas keturunan. Keracunan timbal yang berasal dari udara bebas terdapat pada penduduk yang mendapat paparan dalam jumlah besar dan waktu lama. Efek paparan ini terhadap kesehatan dapat terjadi akut maupun kronik (Palar, 2004).

Timbal dan senyawanya masuk ke dalam tubuh manusia selain melalui sistem pernapasan, juga dapat melalui pencernaan dan kontak dermal. Bahaya kesehatan yang ditimbulkan oleh timbal dalam udara berkaitan dengan ukuran partikel. Efek pertama pada keracunan timbal kronis sebelum mencapai target organ adalah adanya gangguan dalam biosintesis hem, dan apabila gangguan ini tidak segera teratasi akan dapat mengakibatkan gangguan terhadap berbagai sistem organ tubuh seperti sistem saraf, ginjal, sistem reproduksi, saluran cerna dan anemi (Goyer, 1993).

Timbal yang terhirup dan masuk sistem pernapasan akan ikut beredar ke seluruh jaringan dan organ tubuh. Lebih dari 90% logam timbal yang terserap oleh darah berikatan dengan sel darah merah dan mengakibatkan gangguan pada proses sintesis hemoglobin. Dipihak lain

kadar hemoglobin juga dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu umur, jenis kelamin, kehamilan, menstruasi, asupan makanan, kebiasaan minum teh atau kopi (dapat menurunkan penyerapan besi), penyakit infeksi dan sebab-sebab lainnya. Timbal dalam darah akan menyebabkan toksik dan bersifat akumulatif. Meskipun jumlah timbal yang diserap oleh tubuh sangat sedikit namun dampaknya sangat berbahaya (De Maeyer, 1993)

Menurut Soekardi (1990) Semarang merupakan kota tercemar ketiga se Indonesia, setelah Jakarta dan Bandung. Sedangkan Jakarta merupakan kota dengan kualitas udara yang paling tercemar urutan ketiga setelah Kota Mexico dan Kota Bangkok. Survei ekologi kesehatan di Bandung pada tahun 2001 yang dilakukan oleh Otto Soemarwoto, ditemukan bahwa pada sampel darah anggota polisi lalu lintas rata-rata ditemukan kadar timbal $30,66 \mu\text{g/dL}$, pada sopir angkutan kota $25,53 \mu\text{g/dL}$, sedangkan pada warga biasa $12,28 \mu\text{g/dL}$. Juga disimpulkan bahwa semua warga Bandung sudah tercemari timbal. Hal ini disebabkan karena Bandung terletak dalam cekungan, sehingga pencemaran udara dengan tingkat yang sama dengan kota-kota besar lainnya berdampak lebih buruk.

Dalam penelitian ini akan diteliti pengaruh pajanan timbal terhadap kesehatan khususnya kadar hemoglobin pada polisi lalu lintas sebagai salah satu populasi yang berisiko tinggi terpajan timbal. Dalam melaksanakan tugas sehari-hari polisi lalu lintas bekerja di jalan raya dengan tingkat kepadatan lalu lintas kota Semarang yang sangat tinggi,

terutama pada jalan yang macet. Timbal akan memperburuk kualitas udara yang terpapar asap kendaraan bermotor sehingga terjadi akumulasi timbal dalam tubuh yang mungkin dapat mempengaruhi aktifitas fisik dan kinerja polisi lalu lintas.

Berdasarkan hal tersebut diatas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian untuk mengetahui profil kadar timbal (Pb) dalam darah polisi lalu lintas di Semarang yang kemudian dihubungkan dengan kadar hemoglobin darah.

B. Masalah Penelitian

Dari uraian latar belakang masalah tersebut diatas, dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut : bagaimanakah profil kadar timbal dalam darah polisi lalu lintas di Semarang dan bagaimana hubungannya dengan kadar hemoglobin darah ?

C. Tujuan

1. Tujuan umum

Mengetahui profil kadar timbal dalam darah polisi lalu lintas di Semarang dan hubungannya dengan kadar hemoglobin darah.

2. Tujuan khusus

- a. Mendiskripsikan kadar timbal dalam darah polisi lalu lintas di Semarang.
- b. Menganalisis kebiasaan merokok dan lama bekerja di lalu lintas dengan kadar timbal dalam darah.
- c. Mendiskripsikan kadar hemoglobin dalam darah polisi lalu lintas.
- d. Menganalisis hubungan kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin polisi lalu lintas.

D. Manfaat Penelitian

Diharapkan tesis ini dapat menggambarkan dan memberi informasi tentang profil kadar timbal dalam darah polisi lalu lintas di kota Semarang sehingga dapat dilakukan tindakan preventif terhadap kesehatan untuk perorangan maupun untuk instansi yang terkait.

E. Keaslian Penelitian

Penelitian ini merupakan studi terhadap profil kadar timbal dalam darah polisi lalu lintas se kota Semarang yang dihubungkan dengan kadar hemoglobin. Hasil telaah literatur yang berkaitan dengan rencana penelitian :

Tabel 1
Keaslian Penelitian dari Beberapa Peneliti

Nama Peneliti	Judul Penelitian/ Tahun	Desain Penelitian	Variabel Bebas	Variabel Terikat	Kesimpulan Penelitian
Hans Werner Hense, et al.	Nonoccupational Determinants of Blood Lead Concentration in a General Population. 1992.	Studi Kohort	Kadar Pb dalam darah	Kadar hematokrit, alkohol, merokok,	Ada hubungan kadar hematokrit dengan kadar timbal darah. Konsumsi alkohol yang tinggi dan merokok erat hubungannya meningkatkan kadar timbal darah. Rerata kadar Pb $9 \pm 3,59 \mu\text{g/dL}$
Suharto-no,dkk.	Pengaruh Pencemaran Udara terhadap Kesehatan Reproduksi Wanita (Studi pada Tenaga Kerja Wanita di Kota Semarang). 2002	<i>Cross Sectional</i>	Kadar Pb dalam darah	Kadar Hb dan kadar FSH (Follicle Stimulating Hormone)	Tidak ada hubungan yang bermakna antara kadar Pb dalam darah dengan kadar Hb dan kadar FSH. Rerata kadar Pb dalam darah subyek penelitian $7,3 \pm 8,44 \mu\text{g/dL}$, rerata kadar Hb $12,9 \pm 0,66 \text{ g/dL}$, dan rerata kadar FSH adalah $4,34 \pm 1,981 \text{ mIU/ml}$
Indro Darmaji.	Hubungan antara kadar Pb dalam darah dengan Kadar Hb (Studi pada petugas parkir ruang bawah tanah di Plaza Simpang Lima Semarang. 2003	<i>Cross Sectional</i>	Kadar Pb dalam darah	Kadar Hb	Tidak ada hubungan yang signifikan antara Pb darah dengan Hb. Rerata kadar Pb darah $4,1 \pm 6 \mu\text{g/dL}$ dan rerata kadar Hb $16,01 \pm 1,03 \text{ g/dL}$
Laila Faizah.	Hubungan Pemaparan Partikel Ti-	<i>Cross-Sectional</i>	Kadar Pb Udara	Kadar Pb darah, Ka-	Ada hubungan yang bermakna antara kadar Pb udara

	<p>mah Hitam (Pb) dengan PbDarah dan Kadar Hb pada Pekerja Industri Peleburan Timah Hitam. 2002</p>		<p>dan Lama pemaparan</p>	<p>dar Hb darah, Gambaran darah tepi</p>	<p>sebelum dan saat proses dengan kadar Pb dalam darah, juga kadar Pb udara dengan penurunan kadar Hb darah. Rerata kadar Pb darah $34,1 \pm 22,01 \mu\text{g/dL}$ dan rerata kadar Hb $14,41 \pm 1,78 \text{g/dL}$. Gambaran darah tepi normokromik an isositik ringan</p>
Retno Adriyani	<p>Kadar Pb Udara, Kadar Pb Darah dan Efeknya terhadap Kesehatan Pedagang Kaki Lima Jalan Dharmawangsa di Kota Surabaya. 2005</p>	<p><i>Cross-Sectional</i></p>	<p>Kadar Pb udara</p>	<p>Kadar Pb darah dan gangguan kesehatan</p>	<p>Pb udara mempengaruhi kadar Pb darah dan kadar Pb darah tidak berpengaruh terhadap gangguan kesehatan. Gangguan kesehatan berupa kenaikan tekanan darah</p>
Nurjazuli, dkk.	<p>Hubungan Lama Kerja Dengan Kadar Timah Hitam (Pb) Dalam Darah Operator SPBU di Samarinda Kalimantan Timur. 2003</p>	<p><i>Cross-Sectional</i></p>	<p>Lama kerja</p>	<p>Kadar Pb dalam darah.</p>	<p>Ada hubungan antara lama kerja dengan kadar Pb dalam darah operator SPBU di Samarinda dengan nilai $p < 0,05$. Rerata kadar Pb $11,53 \mu\text{g/dL}$.</p>

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Timbal

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya adalah *plumbum* (Pb).

A.1. Sifat :

Timbal merupakan suatu logam berat yang lunak berwarna kelabu kebiruan dengan titik leleh 327 °C dan titik didih 1.620 °C. Pada suhu 550 – 600 °C timbal menguap dan bereaksi dengan oksigen dalam udara membentuk timbal oksida. Walaupun bersifat lentur, timbal sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas dan air asam. Timbal dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan asam sulfat pekat. Bentuk oksidasi yang paling umum adalah timbal (II) dan senyawa organometalik yang terpenting adalah timbal tetra etil (TEL: *tetra ethyl lead*), timbal tetra metil (TML : *tetra methyl lead*) dan timbal stearat. Merupakan logam yang tahan terhadap korosi atau karat, sehingga sering digunakan sebagai bahan *coating* (Saryan, 1994. Palar, 2004).

A.2. Sumber dan Kegunaan

Timbal secara alamiah terdapat dalam jumlah kecil pada batubatuan, penguapan lava, tanah dan tumbuhan. Timbal komersial

dihasilkan melalui penambangan, peleburan, pengilangan dan pengolahan ulang sekunder (Joko S,1995).

Sumber-sumber lain yang menyebabkan timbal terdapat dalam udara ada bermacam-macam. Di antara sumber alternatif ini yang tergolong besar adalah pembakaran batu bara, asap dari pabrik-pabrik yang mengolah senyawa timbal alkil, timbal oksida, peleburan biji timbal dan transfer bahan bakar kendaraan bermotor, karena senyawa timbal alkil yang terdapat dalam bahan bakar tersebut dengan sangat mudah menguap. Kadar timbal dari sumber alamiah sangat rendah dibandingkan dengan timbal yang berasal dari pembuangan gas kendaraan bermotor (Palar, 2004).

Timbal tidak pernah ditemukan dalam bentuk murninya, selalu bergabung dengan logam lain (Anies, 2005). Timbal terdapat dalam 2 bentuk yaitu bentuk inorganik dan organik. Dalam bentuk inorganik timbal dipakai dalam industri baterai (digunakan persenyawaan Pb-Bi); untuk kabel telepon digunakan persenyawaan timbal yang mengandung 1% stibium (Sb); untuk kabel listrik digunakan persenyawaan timbal dengan As, Sn dan Bi: percetakan, gelas, polivinil, plastik dan mainan anak-anak. Disamping itu bentuk-bentuk lain dari persenyawaan timbal juga banyak digunakan dalam konstruksi pabrik-pabrik kimia, kontainer dan alat-alat lainnya. Persenyawaan timbal dengan atom N (nitrogen) digunakan sebagai detonator (bahan peledak). Selain itu timbal juga digunakan untuk

industri cat (PbCrO_4), pengkilap keramik (Pb-Silikat), insektisida (Pb arsenat), pembangkit tenaga listrik (Pb-telurium). Penggunaan persenyawaan timbal ini karena kemampuannya yang sangat tinggi untuk tidak mengalami korosi (Palar, 2004)

Dalam bentuk organik timbal dipakai dalam industri perminyakan. Alkil timbal (TEL/timbal tetraetil dan TML/timbal tetrametil) digunakan sebagai campuran bahan bakar bensin. Fungsinya selain meningkatkan daya pelumasan, meningkatkan efisiensi pembakaran juga sebagai bahan aditif anti ketuk (*anti-knock*) pada bahan bakar yaitu untuk mengurangi hentakan akibat kerja mesin sehingga dapat menurunkan kebisingan suara ketika terjadi pembakaran pada mesin-mesin kendaraan bermotor. Sumber inilah yang saat ini paling banyak memberi kontribusi kadar timbal dalam udara (Palar, 2004).

Bahan aditif yang biasa dimasukkan ke dalam bahan bakar kendaraan bermotor pada umumnya terdiri dari 62% timbal tetra etil, dan bahan *scavenger* yaitu 18% etilendiklorida ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$), 18% etilendibromida ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$) dan sekitar 2% campuran tambahan dari bahan-bahan yang lain. Senyawa *scavenger* dapat mengikat residu timbal yang dihasilkan setelah pembakaran, sehingga di dalam gas buangan terdapat senyawa timbal dengan halogen. Jumlah senyawa timbal yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa-senyawa lain dan tidak terbakar musnahnya timbal dalam peristiwa pembakaran pada mesin

menyebabkan jumlah timbal yang dibuang ke udara melalui asap buangan kendaraan menjadi sangat tinggi. Berdasarkan pada analisis yang pernah dilakukan dapat diketahui kandungan brmacam-macam senyawa timbal yang ada dalam asap kendaraan bermotor, seperti pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2
Kandungan Senyawa Timbal
dalam Gas Buangan Kendaraan Bermotor

Senyawa Pb (%)	0 jam	18 jam
PbBrCl	32,0	12,0
PbBrCl ₂ PbO	31,4	1,6
PbCl ₂	10,7	8,3
Pb(OH)Cl	7,7	7,2
PbBr ₂	5,5	0,5
PbCl ₂ ² PbO	5,2	5,6
Pb(OH)Br	2,2	0,1
PbO _x	2,2	21,2
PbCO ³	1,2	13,8
PbBr ₂ ² PbO	1,1	0,1
PbCO ₃ ² PbO	1,0	29,6

Sumber : Palar, 2004

Kandungan PbBrCL dan PbBrCL₂PbO merupakan kandungan senyawa timbal yang utama. Ke dua senyawa tersebut telah dihasilkan pada saat pembakaran pada mesin kendaraan dimulai, yaitu saat waktu 0 jam. Selanjutnya jumlah dari ke dua senyawa tersebut akan berkurang

setelah waktu pembakaran berjalan 18 jam dimana jumlah buangan atas ke dua senyawa tersebut menjadi berkurang jauh (50% untuk $PbBrCl$) dan menjadi sangat sedikit untuk $PbBrCl_2PbO$. Sedangkan kandungan oksida-oksida timbal (PbO_x) dan $PbCO_3 \cdot 2PbO$ mengalami peningkatan yang sangat tinggi dan menggantikan posisi dua kandungan pertama setelah masa pembakaran sampai 18 jam.

A.3. Absorpsi

Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam timbal dapat terjadi karena masuknya persenyawaan logam tersebut ke dalam tubuh. Proses masuknya timbal ke dalam tubuh dapat melalui beberapa jalur, yaitu melalui makanan dan minuman, udara (pernafasan/inhalasi) serta perembesan atau penetrasi pada selaput atau lapisan kulit.

Bentuk-bentuk kimia dari senyawa-senyawa timbal, merupakan faktor penting yang mempengaruhi tingkah laku timbal dalam tubuh manusia. Senyawa-senyawa timbal organik (alkil timbal dan naftenat timbal) relatif lebih mudah untuk diserap tubuh melalui selaput lendir atau melalui lapisan kulit bila dibandingkan dengan senyawa-senyawa timbal anorganik. Namun hal itu bukan berarti semua senyawa timbal dapat diserap oleh tubuh, melainkan hanya sekitar 5 – 10% dari jumlah timbal yang masuk melalui makanan dan atau sebesar 30% dari jumlah timbal yang terhirup yang akan diserap oleh tubuh. Dari jumlah yang terserap itu

hanya 15% yang akan mengendap pada jaringan tubuh, dan sisanya akan turut terbuang bersama bahan sisa metabolisme seperti urin dan feses (Joko S, 1995. Palar, 2004).

Senyawa timbal tetrametil dan timbal tetra-etil dapat diserap oleh kulit. Hal ini disebabkan kedua senyawa tersebut dapat larut dalam minyak dan lemak. Sedangkan dalam lapisan udara timbal tetraetil terurai dengan cepat karena adanya sinar matahari. Timbal tetraetil akan terurai membentuk timbal trietil, timbal dietil dan timbal monoetil. Semua senyawa uraian dari timbal tetraetil tersebut memiliki bau yang spesifik seperti bau bawang putih, sulit larut dalam minyak akan tetapi semua senyawa turunan ini dapat larut dengan baik dalam air.

Sebagian besar dari timbal yang terhirup pada saat bernafas akan masuk ke dalam pembuluh darah paru-paru. Absorpsi timbal melalui saluran napas dipengaruhi oleh tiga proses yaitu deposisi, pembersihan mukosiliar dan pembersihan alveolar. Deposisi terjadi di nasofaring, saluran trankeobronkhial dan alveolus. Deposisi sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel dari senyawa timbal yang ada, volume udara yang mampu dihirup pada saat peristiwa bernafas berlangsung dan daya larut. Makin kecil ukuran partikel debu, serta makin besarnya volume udara yang mampu terhirup, maka akan semakin besar pula konsentrasi timbal yang diserap oleh tubuh. Partikel yang lebih kecil dari 10 μm dapat tertahan di paru-paru, sedangkan partikel yang lebih besar mengendap di saluran

napas bagian atas. Pembersihan mukosiliar membawa partikel ke faring kemudian ditelan. Partikel besar lebih cepat dibersihkan dibandingkan partikel yang kecil. Fungsi pembersihan alveolar yaitu membawa partikel ke eskalator mukosiliar, menembus lapisan jaringan paru, dan menembus jaringan paru menuju kelenjar limfe dan aliran darah. Sebanyak 30-40% timbal yang diabsorpsi melalui saluran napas akan masuk ke dalam aliran darah, tergantung pada ukuran partikel, daya larut, volume napas dan variasi faal antar individu; dan berikatan dengan darah paru-paru untuk kemudian diedarkan ke seluruh jaringan dan organ tubuh (Saryan, 1994. Joko S, 1995. Palar, 2004).

Absorpsi melalui saluran cerna dipengaruhi oleh daya larut, bentuk dan ukuran partikel, status gizi dan tipe diet. Pada orang dewasa sekitar 10% dari cemaran timbal yang masuk melalui saluran cerna akan diabsorpsi oleh tubuh, pada bayi dan anak absorpsi dapat mencapai 50%. Pada keadaan puasa absorpsi juga akan meningkat. Demikian juga pada diet yang rendah kalsium, Fe dan protein meningkatkan absorpsi timbal (Correia, S. 1998).

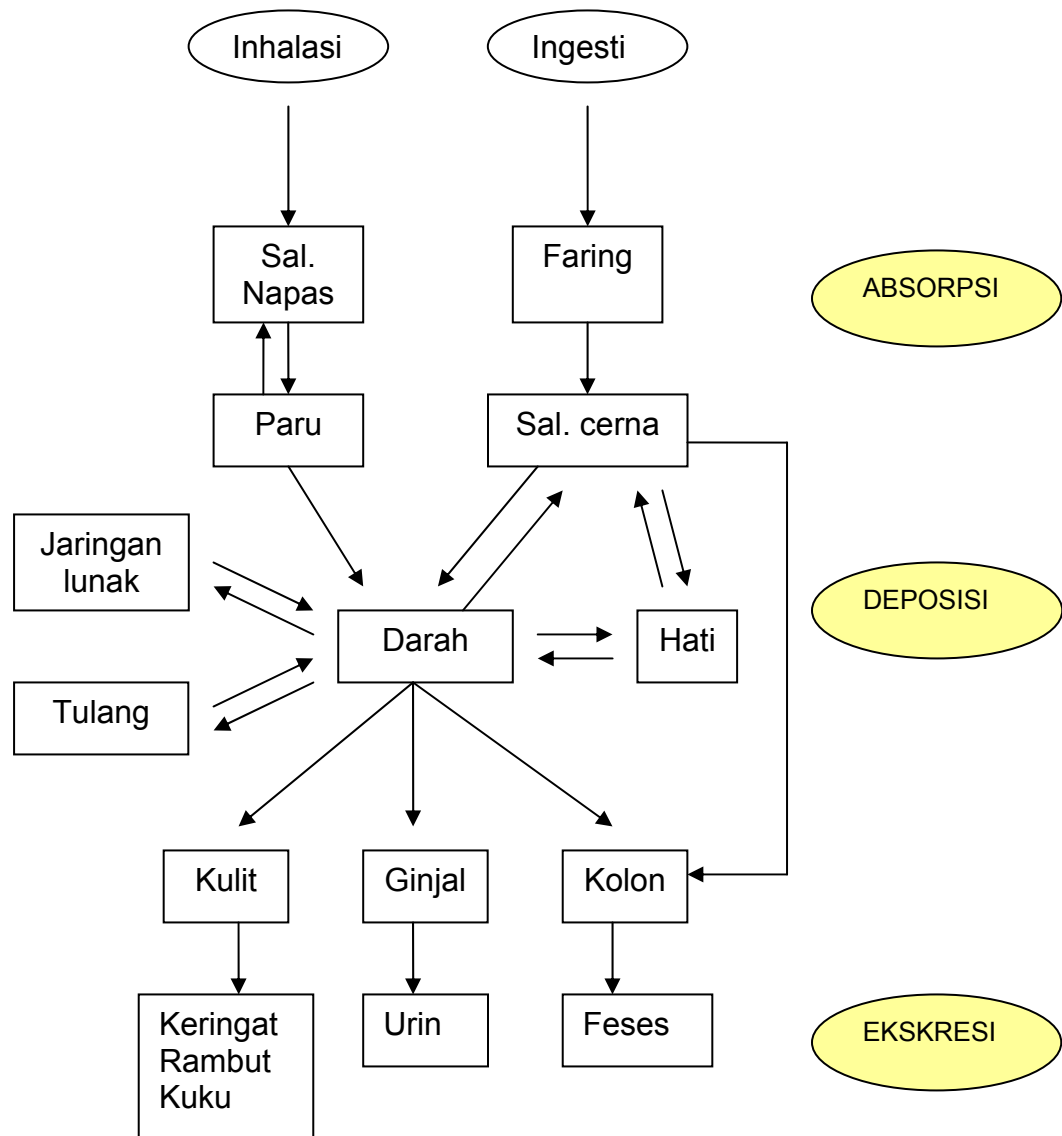
Timbal yang bersirkulasi dalam darah akan didistribusikan ke dalam jaringan lunak seperti tubulus ginjal dan sel hati, tetapi berinkorporasi dalam tulang, rambut dan gigi untuk disimpan. 90% timbal akan disimpan dalam tulang dan hanya sebagian kecil tersimpan dalam otak.

Rata-rata 10-30% timbal yang terinhalasi diabsorpsi melalui paru-paru, dan sekitar 5 - 10% dari yang tertelan diabsorpsi melalui saluran cerna. Uap timbal tetra etil diabsorpsi dengan baik melalui paru-paru. Absorpsi timbal yang meningkat menyebabkan : (a) penurunan kandungan hemoglobin; (b) penurunan jumlah dan pemendekan masa hidup eritrosit; (c) peningkatan jumlah retikulosit (eritrosit muda); (d) peningkatan jumlah eritrosit berbintik basofilik. Jadi, pemeriksaan darah untuk mendeteksi efek-efek ini dapat digunakan sebagai pengukur paparan timbal. Sementara pengukuran timbal dalam air kencing dan darah memberi petunjuk terhadap paparan timbal dalam tubuh (Joko S, 1995).

A.4. Distribusi dalam tubuh

Timbal yang diabsorpsi dari saluran pernapasan, pencernaan atau kulit akan diangkut oleh darah ke organ-organ lain. Sekitar 95% timbal dalam darah diikat oleh sel darah merah, 5% dalam plasma darah. Sebagian timbal plasma dalam bentuk yang dapat berdifusi, diperkirakan dalam keseimbangan dengan *pool* timbal tubuh lainnya, yang dapat dibagi menjadi dua yaitu : jaringan keras (tulang, rambut, kuku dan gigi); dan jaringan lunak (sumsum tulang, sistem saraf, paru-paru, otak, otot jantung, limpa, ginjal, hati). Diperkirakan bahwa hanya timbal dalam jaringan lunak saja yang toksik secara langsung, sedangkan timbal di jaringan keras tetap terikat erat pada jaringan dan baru bersifat toksik jika

pool tersebut bertindak sebagai sumber timbal jaringan lunak (Anies, 2005).



Sumber : Saryan, 1994

Gambar 1
Metabolisme dan absorpsi timbal dalam tubuh

Karena adanya distribusi timbal antara jaringan keras dan jaringan lunak, maka waktu paruh biologis timbal sulit ditetapkan. Akan tetapi, tidak ada keraguan bahwa pembersihan separuh beban timbal tubuh memerlukan waktu bertahun-tahun (Richard B. 1995. Joko S, 1995).

A.5. Ekskresi

Timbal diekskresi melalui beberapa cara, yaitu melalui urin (75-80%), feses (sekitar 15%), keringat dan air susu ibu. Waktu paruh timbal dalam darah kurang lebih 36 hari, pada jaringan lunak 40 hari, sedangkan pada tulang lebih dari 25 tahun. Pada umumnya ekskresi timbal berjalan lambat, ini menyebabkan timbal mudah terakumulasi dalam tubuh (WHO, 1995. Adnan, 2001). Tampaknya tubuh telah mencapai suatu keseimbangan antara absorpsi dan ekskresi, dimana jumlah timbal yang diekskresi dalam kemih, feses, empedu, keringat, rambut dan kuku sesuai dengan jumlah yang diabsorpsi. Proses pembersihan timbal oleh ginjal pada dasarnya adalah filtrasi glomerulus. Kecepatan ekskresi timbal melalui empedu pada manusia tidak diketahui (Joko S, 1995).

A.6. Efek-efek klinis

Pada gangguan awal dari biosintesis hem, belum terlihat adanya gangguan klinis, gangguan hanya dapat terdeteksi melalui pemeriksaan laboratorium (Anies, 2005). Apabila gangguan berlanjut akan terjadi efek neurologik dan efek-efek lainnya pada target organ termasuk anemi. Oleh

sebab itu dikatakan bahwa gangguan yang terjadi pada fungsi saraf dimediasi oleh gangguan pada sintesis hem. Paparan timbal yang berlangsung lama dapat mengakibatkan gangguan terhadap berbagai sistem organ. Efek pertama pada keracunan timbal kronis sebelum mencapai target organ adalah adanya gangguan pada biosintesis hem, apabila hal ini tidak segera diatasi akan terus berlanjut mengenai target organ lainnya.

Dalam tulang, timbal ditemukan dalam bentuk Pb-fosfat/ $Pb_3(PO_4)_2$, dan selama timbal masih terikat dalam tulang tidak akan menyebabkan gejala sakit pada penderita. Tetapi yang berbahaya adalah toksisitas timbal yang diakibatkan oleh gangguan absorpsi kalsium, dimana terjadinya desorpsi kalsium dari tulang menyebabkan terjadinya penarikan deposit timbal dari tulang. Pada diet yang mengandung rendah fosfat akan menyebabkan pembebasan timbal dari tulang ke dalam darah. Penambahan vitamin D dalam makanan akan meningkatkan deposit timbal dalam tulang, walaupun kadar fosfatnya rendah dan hal ini justru mengurangi pengaruh negative timbal (Darmono, 2001).

Meskipun jumlah timbal yang diserap oleh tubuh hanya sedikit, logam ini ternyata menjadi sangat berbahaya. Hal ini disebabkan senyawa-senyawa timbal dapat memberikan efek racun terhadap banyak fungsi organ yang terdapat dalam tubuh (Joko S, 1995. Palar, 2004).

a. Pada sistem saluran cerna :

Kolik usus (spasme usus halus) merupakan gejala klinis tersering dari keracunan timbal lanjut, yang biasanya didahului dan hampir selalu disertai konstipasi berat. Nyeri terlokalisir di sekitar dan di bawah umbilikus. Tanda paparan timbal (tidak berkaitan dengan kolik) adalah pigmentasi kelabu pada gusi (“garis-garis timbal”).

b. Pada sistem hematopoeietik

Pada gangguan awal dari biosintesis hem belum terlihat adanya gangguan klinis, gangguan hanya dapat terdeteksi melalui pemeriksaan laboratorium. Pada kadar timbal darah 10 µg/dL timbal menghambat aktivitas enzim δ-aminolevulinat dehidratase (ALAD) dalam eritroblas sumsum tulang dan eritrosit. Hal ini mengakibatkan peningkatan kadar δ-aminolevulinat (δ-ALA) dalam serum dan kemih. Kelompok-kelompok ribosom dapat dilihat pada sel berbintik basofilik sebagai basofil punggata meskipun tidak ada anemia. Kadar ALAD yang tinggi dapat menimbulkan aksi neurotoksik (Adnan, S. 2001).

Timbal menyebabkan 2 macam anemia, yang sering disertai dengan eritrosit berbintik basofilik. Dalam keadaan keracunan timbal akut terjadi anemia hemolitik, sedangkan pada keracunan timbal yang kronis terjadi anemia makrositik hipokromik, hal ini

karena menurunnya masa hidup eritrosit akibat intervensi logam timbal dalam sintesis hemoglobin dan juga terjadi peningkatan *coproporphirin* dalam urin (ATSDR, 2003).

Menurut Adnan, kadar timbal dalam darah yang dapat menyebabkan anemia klinis adalah sebesar 70 µg/dL atau 0,7 mg/L. Sedangkan menurut *US Department of Health and Human Services* kadar timbal dalam darah yang dapat menimbulkan gangguan terhadap hemoglobin adalah sebesar 50 µg/dL atau sebesar 0,5 mg/L.

c. Pada sistem saraf.

Sistem saraf merupakan sistem yang paling sensitif terhadap daya racun timbal. Senyawa seperti timbal tetra etil, dapat menyebabkan keracunan akut pada sistem saraf pusat, meskipun proses keracunan tersebut terjadi dalam waktu yang cukup panjang dengan kecepatan penyerapan yang kecil. Pada percobaan *in vitro*, akumulasi dari delta-ALA dalam hipotalamus dan protoporphirin dalam saraf dorsal dapat menyebabkan ensefalopati karena toksisitas timbal. Terjadinya neuropati pada saraf tepi karena toksisitas timbal disebabkan oleh demielinasi dan degenerasi saraf (Darmono, 2001).

Penyakit-penyakit yang berhubungan dengan otak sebagai akibat dari keracunan timbal adalah epilepsi, halusinasi,

kerusakan pada otak besar dan delirium. Kelainan serebral dapat bervariasi sesuai usia (terutama anak-anak dan dewasa muda yang rentan), intensitas paparan dan paparan tambahan terhadap zat-zat toksik lainnya (misal alkohol). Pecandu alkohol berisiko lebih besar terhadap kerusakan sistem saraf. Manifestasi klinis terjadi akibat kerusakan fungsi neurotransmitter dan ion kalsium (Saryan, 1994. Anies, 2005).

Kelainan di otak jarang sekali terjadi pada orang dewasa tetapi sering terjadi pada anak-anak. Kelainan bervariasi dari penurunan intelektual, gangguan kejiwaan yang ringan sampai pada pembengkakan otak yang berat, yang dapat berkembang dengan amat cepat walaupun akumulasi timbal berlangsung lambat bertahun-tahun. Kejang, koma dan kematian dapat segera terjadi bila fungsi otak terganggu. Pada penderita yang masih hidup efek neurologia yang menetap sering terjadi. Neuropati perifer lebih sering terjadi pada orang dewasa, kelainan ini terutama bersifat motorik, dan meliputi otot-otot yang masih aktif, sehingga tanda-tanda yang khas adalah *wrist drop* dan *foot drop* (Robbins et al, 1995).

Senyawa alkil timbal menyebabkan bentuk khusus kelainan dalam susunan saraf pusat dengan manifestasi ensefalopati (psikosis toksik), insomnia, mimpi-mimpi mengerikan pada kasus

dini, dan kompleks gejala yang berbeda (delirium, kebingungan dan skizofrenik) pada kasus-kasus berat (Richard B, 1995).

d. Pada sistem ginjal

Pajanan lama timbal dapat menyebabkan nefropati yang ditandai dengan gangguan ginjal progresif dan sering disertai hipertensi. Kerusakan ginjal berupa fibrosis interstitialis kronis, degenerasi tubular dan perubahan vaskular pada arteri kecil dan arteriol.

Senyawa timbal yang larut dalam darah akan dibawa oleh darah ke seluruh tubuh dan akan masuk ke dalam glomerulus. Disini terjadi pemisahan akhir semua bahan yang dibawa darah, apakah masih berguna bagi tubuh atau harus dibuang karena sudah tidak diperlukan lagi. Ikut sertanya timbal yang larut dalam darah ke sistem urinaria (ginjal) mengakibatkan terjadinya kerusakan pada saluran ginjal. Kerusakan yang terjadi tersebut disebabkan terbentuknya *intranuclear inclusion bodies* yang disertai dengan terbentuknya *aminociduria*, yaitu terjadinya kelebihan asam amino dalam urin. Aminociduria dapat kembali normal setelah selang waktu beberapa minggu, tetapi intranuclear inclusion bodies membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk kembali normal. Pada fase akut keracunan timbal, seringkali ada

gangguan ginjal fungsional tetapi tak dapat dipastikan apakah ada kerusakan ginjal yang permanen (Joko S, 1995. Adnan, S. 2001).

e. Sistem kardiovaskular

Pada keracunan timbal akut, terjadi kolik yang disertai peningkatan tekanan darah. Perubahan elektrokardiografi (EKG) dijumpai pada 70% penderita dengan gejala umum berupa takikardi, disritmia atrium, gelombang T terbalik dengan / tanpa kompleks QRS-T yang abnormal (Adnan, S. 2001).

f. Sistem Reproduksi

Pada percobaan yang dilakukan terhadap tikus putih jantan dan betina yang diberi perlakuan dengan 1% Pb-asetat ke dalam makanannya, didapatkan penurunan kemampuan sistem reproduksi dari hewan tersebut. Embrio yang dihasilkan dari perkawinan antara tikus jantan yang diberi perlakuan dengan Pb-asetat dan betina yang normal (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.

Pada wanita dengan paparan timbal yang tinggi, timbal akan disimpan dalam tulang. Pada wanita hamil, timbal yang terserap

dan ditimbun dalam tulang diremobilisasi dan masuk ke peredaran darah, melalui plasenta dan kemudian akan ikut masuk dalam sistem peredaran darah janin dan menyebabkan bayi lahir dengan berat badan rendah, menghambat perkembangan otak dan intelegensia janin. Selanjutnya setelah bayi lahir, timbal akan dikeluarkan bersama dengan air susu (Palar, 2004).

Efek toksik timbal pada fungsi reproduksi laki-laki yaitu mempengaruhi proses spermatogenesis sehingga terjadi penurunan kualitas semen dalam jumlah, morfologi, motilitas dan bentuk abnormal spermatozoa (Adnan, S. 2001). Bagi orang dewasa, kandungan timbal dalam darah sedikit banyak mempengaruhi kesuburan, dapat menyebabkan sterilitas dan aborsi spontan (ATSDR, 2003)

g. Sistim 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 dilakukan dengan paparan timbal yang berbeda terjadi pengurangan pengeluaran steroid dan terus mengalami

peningkatan dalam posisi minus. Kecepatan pengeluaran aldosteron juga mengalami penurunan selama pengurangan konsumsi garam pada orang yang keracunan timbal.

A.7. Faktor-faktor yang mempengaruhi toksisitas timbal adalah ;

a. Faktor lingkungan

1) Dosis dan lama paparan

Dosis (konsentrasi) yang besar dan paparan yang lama dapat menimbulkan efek yang berat dan bisa berbahaya.

2) Kelangsungan paparan

Berat ringan efek timbal tergantung pada proses paparan timbal yaitu paparan secara terus menerus (kontinyu) atau terputus-putus (intermitten). Paparan terus menerus akan memberikan efek yang lebih berat dibandingkan paparan secara terputus-putus.

3) Jalur paparan (cara kontak)

Timbal akan memberikan efek yang berbahaya terhadap kesehatan bila masuk melalui jalur yang tepat. Orang-orang dengan sumbatan hidung mungkin juga berisiko lebih tinggi, karena pernapasan lewat mulut mempermudah inhalasi partikel debu yang lebih besar (Joko S, 1995).

b. Faktor manusia, meliputi :

1) Umur

Usia muda pada umumnya lebih peka terhadap aktivitas timbal, hal ini berhubungan dengan perkembangan organ dan fungsinya yang belum sempurna. Sedangkan pada usia tua kepekaannya lebih tinggi dari rata-rata orang dewasa, biasanya karena aktivitas enzim biotransformase berkurang dengan bertambahnya umur dan daya tahan organ tertentu berkurang terhadap efek timbal. Semakin tua umur seseorang, akan semakin tinggi pula konsentrasi timbal yang terakumulasi pada jaringan tubuh.

2) Status kesehatan, status gizi dan tingkat kekebalan (imunologi)

Keadaan sakit atau disfungsi dapat mempertinggi tingkat toksisitas timbal atau dapat mempermudah terjadinya kerusakan organ (Lippman, 1979)

Malnutrisi, hemoglobinopati dan enzimopati seperti anemia dan defisiensi glukosa-6-fosfat dehidrogenase juga meningkatkan kerentanan terhadap paparan timbal. Kurang gizi akan meningkatkan kadar timbal yang bebas dalam darah. Diet rendah kalsium menyebabkan peningkatan kadar timbal dalam jaringan lunak dan efek racun pada sistim

hematopoeitik. Diet rendah kalsium dan fosfor juga akan meningkatkan absorpsi timbal di usus. Defisiensi besi, diet rendah protein dan diet tinggi lemak akan meningkatkan absorpsi timbal, sedangkan pemberian zinc dan vitamin C secara terus menerus akan menurunkan kadar timbal dalam darah, walaupun pajanan timbal terus berlangsung.

Tabel 3
Kadar Timbal dalam Jaringan Tubuh
Orang-orang yang Tidak Terpapar oleh Timbal

J a r i n g a n	Mg Pb/100 gr Jaringan Basah
T u l a n g	0,67 - 3,59
H a t i	0,04 - 0,28
Paru – paru	0,03 - 0,09
G i n j a l	0,05 - 0,16
L i m p a	0,01 - 0,07
J a n t u n g	0,04
O t a k	0,01 - 0,09
G i g i	0,28 - 3,14
R a m b u t	0,007 - 1,17

Sumber : Palar, 2004

3) Jenis kelamin

Efek toksik pada laki-laki dan perempuan mempunyai pengaruh yang berbeda. Wanita lebih rentan daripada pria. Hal ini disebabkan oleh perbedaan faktor ukuran tubuh

(fisiologi), keseimbangan hormonal dan perbedaan metabolisme (Joko S, 1995).

4) Jenis jaringan

Kadar timbal dalam jaringan otak tidak sama dengan kadar timbal dalam jaringan paru ataupun dalam jaringan lain.

Tabel 4
Empat Kategori Timbal dalam Darah Orang Dewasa

	$\mu\text{g Pb/ 100 ml}$ Darah	D e s k r i p s i
A (normal)	< 40	Tidak terkena paparan atau Tingkat paparan normal
B (dapat ditoleransi)	40 - 80	Pertambahan penyerapan Dari keadaan terpapar tetapi masih bisa ditoleransi
C (berlebih)	80 - 120	Kenaikan penyerapan dari keterpaparan yang banyak dan mulai memeperlihatkan tanda-tanda keracunan
D (tingkat bahaya)	> 120	Penyerapan mencapai tingkat bahaya dengan tanda-tanda keracunan ringan sampai berat.

Sumber : Palar, 2004

A.8 Batas paparan kerja timbal.

Konsentrasi normal timbal dalam darah 10 – 25 µg/dL (WHO, 1995). Menurut Palar (2004) pada orang dewasa terdapat perbedaan kandungan timbal dalam darah, hal ini disebabkan oleh faktor lingkungan dan geografis dimana orang-orang itu berada.

Kadar timbal dalam darah merupakan indikator yang paling baik untuk menunjukkan *current exposure* (pemaparan sekarang). Hal ini hanya berlaku pada *steady state conditions* yaitu bila seseorang terpapar timbal secara terus menerus. Untuk mencapai kondisi *steady state* tersebut diperlukan waktu pemaparan selama 2 bulan secara terus menerus. Setelah pemaparan berhenti, kadar timbal akan turun secara perlahan-lahan (Siswanto, 1991).

B. Hemoglobin

B.1. Sel Darah Merah

Darah terdiri dari elemen padat (sel darah merah, sel darah putih dan trombosit) dan elemen cair (plasma). Fungsi utama darah adalah untuk transportasi; sel darah merah mengandung pigmen pengangkut oksigen yang disebut dengan hemoglobin yang merupakan 90% dari protein sel darah merah, berupa senyawa protein yang kompleks. Hemoglobin disamping sebagai pembawa oksigen pada sel darah merah,

juga mentranspor CO₂, suatu produk sampah dari metabolisme, ke paru-paru untuk di respirasi (Sylvia, 1995. Sacher, 2004).

Pada orang dewasa sebagian besar sel darah merah dihasilkan di sumsum tulang membranosa seperti vertebra, tulang sternum, tulang iga dan pelvis. Dengan meningkatnya usia, sumsum tulang-tulang ini menjadi kurang produktif. Secara genetik sel darah merah berasal dari sel yang disebut hemositoblast. Secara kontinyu hemositoblast dibentuk dari stem sel primordial yang terdapat di seluruh sumsum tulang. Hemositoblast mula-mula membentuk eritroblast basofil yang mulai mensintesis hemoglobin. Eritroblast kemudian menjadi eritroblast polikromatofilik (karena mengandung campuran zat basofilik dan hemoglobin). Kemudian inti sel menyusut dan hemoglobin dibentuk dalam jumlah yang lebih banyak, dan sel menjadi normoblast. Selama stadium permulaan berbagai sel terus menerus membelah sehingga jumlah sel makin lama makin banyak. Setelah sitoplasma normoblast terisi dengan hemoglobin sampai konsentrasi kira-kira 34%, inti menjadi sangat kecil dan akhirnya dibuang. Maka sel yang terakhir terbentuk yaitu eritrosit bila keluar dengan proses diapedesis (menerobos melalui pori-pori membran) masuk ke dalam kapiler darah hampir tidak mengandung zat inti. Sebagian eritrosit yang masuk ke dalam aliran darah mengandung retikulum basofilik dalam jumlah kecil yang tersebar di antara hemoglobin dalam sitoplasma. Retikulum ini terutama merupakan sisa-sisa retikulum endoplasma yang

menghasilkan bagian globin dari hemoglobin pada sel yang muda, dan hemoglobin terus menerus dihasilkan selama retikulum tetap ada, lamanya mencapai 2 hari. Pada stadium ini sel disebut retikulosit (Guyton, 1991).

Sel darah merah mampu mengkonsentrasikan hemoglobin dalam cairan sel sampai 34 gram/dL sel. Konsentrasi hemoglobin tidak pernah meningkat melampaui nilai ini karena adanya pembatasan metabolik dari mekanisme pembentukan hemoglobin dalam sel. Bila pembentukan hemoglobin dalam sumsum tulang berkurang, persentase hemoglobin dalam sel dapat turun sampai serendah 15 gr/dL atau kurang (Guyton, 1991).

B.2. Hemoglobin Darah

Di dalam menjalankan fungsinya membawa oksigen ke seluruh tubuh, hemoglobin di dalam sel darah merah mengikat oksigen melalui suatu ikatan kimia khusus. Reaksi tersebut $\text{Hb} + \text{O}_2 \leftrightarrow \text{HbO}_2$ yang dapat berlangsung dalam 2 arah. Reaksi yang berlangsung dalam arah ke kanan, merupakan reaksi penggabungan atau asosiasi terjadi di dalam alveolus paru-paru, tempat berlangsungnya pertukaran udara antara tubuh dengan lingkungan. Sebaliknya, reaksi yang berjalan dari kiri ke kanan merupakan reaksi penguraian atau disosiasi, terutama terjadi di dalam berbagai jaringan. Hemoglobin yang tidak atau belum mengikat oksigen disebut deoksihemoglobin (deoksiHb atau Hb saja), sedangkan

hemoglobin yang mengikat oksigen disebut oksihemoglobin (HbO_2) (Sadikin, 2002).

Selain mengangkut O_2 , hemoglobin juga dapat berikatan dengan karbondioksida (CO_2), karbonmonoksida (CO) dan bagian ion hidrogen asam (H^+) dari asam karbonat yang terionisasi yang terbentuk dari CO_2 pada tingkat jaringan (Sherwood, 2001).

Pada fungsi transport CO_2 , hanya sebagian kecil saja yang berikatan langsung dengan molekul hemoglobin melalui ikatan karbamino berupa Hb CO_2 . Sebagian yang lain mengangkut CO_2 sebagai bentuk terlarut dalam plasma. Tetapi berbeda dengan oksigen, CO_2 tidaklah larut secara fisik dalam bentuk senyawa tersebut, tetapi sebagai ion bikarbonat (HCO_3^-) yang pembentukannya sangat memerlukan sel darah merah.

Kadar hemoglobin dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu umur, jenis kelamin, kehamilan, menstruasi, asupan makanan, kebiasaan minum teh atau kopi (dapat menurunkan penyerapan besi), kebiasaan merokok dan penyakit infeksi. Selain itu ada beberapa masalah klinis yang menyebabkan penurunan kadar hemoglobin seperti anemia, kanker, penyakit ginjal, pemberian cairan intravena berlebihan dan penyakit atau infeksi kronis; juga pemberian obat-obatan dalam waktu yang lama seperti antibiotika, aspirin, sulfonamide, primaquin, kloroquin. Kurangnya asupan makanan yang mengandung Fe juga dapat menyebabkan penurunan kadar hemoglobin. Tingkat absorpsi Fe dipengaruhi oleh faktor penunjang

seperti vitamin C serta faktor penghambat seperti tanin, phytat dan serat (Easter N, 1997). Kadar normal hemoglobin pada laki-laki 13 – 16 g/dL dan dan pada perempuan 12 – 14 g/dL (Gibson, 2005).

Pada beberapa atlet dilaporkan mempunyai gejala kelelahan dan lemah yang dapat mempengaruhi penampilan latihan. *Sport anemia*, dalam pemeriksaan didapatkan kadar serum ferritin, hemoglobin dan besi serum yang rendah. Hal ini terjadi karena pada atlet dengan latihan yang berat terjadi hemodilusi yang disebabkan karena peningkatan volume plasma. Pada pelari terjadi peningkatan volume plasma sampai 20% (Burke, 1994)

Setiap kondisi yang mempengaruhi transport oksigen atau volume plasma dapat mengubah kadar hemoglobin.

a. Kehilangan darah.

Pada kehilangan darah akut menyebabkan berkurangnya volume darah yang berakibat pada peredarannya, misalnya syok. Baru setelah ini diperbaiki, maka sebagai akibat dari penahanan air dan garam, timbul pengenceran darah dan anemia.

Pada kehilangan darah kronis, terjadi anemia setelah sumsum tulang tidak dapat lagi mengimbangi kehilangan itu, biasanya karena persediaan besi telah habis.

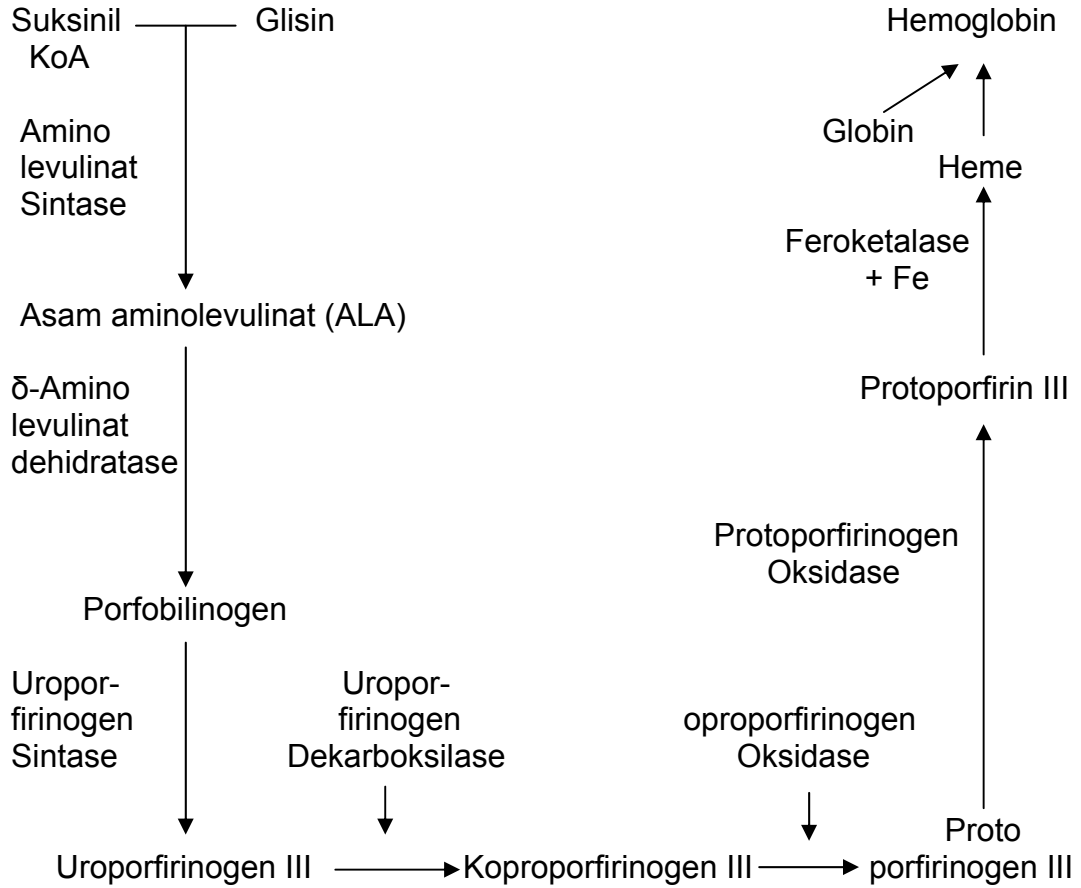
b. Pembentukan yang terganggu.

1. Sebagai akibat defisiensi dari bahan-bahan pembangun yang penting. Misalnya besi, vitamin B 12, asam folat, putih telur, vit C.
2. Sebagai akibat berbagai penyakit sumsum tulang, anemia aplastik, leukemia akut dan kronis, karsinoma metastasis dan lain-lain.
3. Sebagai akibat dari kerusakan sumsum tulang, misal oleh sitostatika, infeksi, uremia, penyakit hati kronis dan penyakit auto imun.
4. Sebagai akibat dari gangguan endokrin, misal hipogonadisme, hipopituitarisme, hipotiroidi, hipoadrenalisme.

B.3. Sintesis Hemoglobin

Hemoglobin tersusun dari protein globin dan senyawa bukan protein yaitu hem. Hem sendiri tersusun dari suatu senyawa lingkaran yang bernama porfirin, yang bagian pusatnya ditempati oleh logam besi (Fe). Jadi, hem adalah senyawa porfirin-besi (Fe-porfirin), sedangkan hemoglobin adalah kompleks antara globin-hem. Satu molekul hem mengandung 1 atom besi, dan 4 molekul hem berikatan dengan satu molekul globin, suatu globulin yang disintesis dalam ribosom retikulum endoplasma. Sedangkan 1 molekul hemoglobin terdiri atas 4 buah kompleks molekul globin dengan hem. Jadi tiap molekul hemoglobin terkandung 4 atom besi. Tersedianya besi merupakan faktor yang penting untuk mempertahankan kadar hemoglobin (Guyton, 1991. Widmann, 1995).

Suksinil Ko-A dan glisin mengalami kondensasi membentuk asam aminilevulinat (ALA) dengan dikatalisis oleh enzim mitokondria aminolevulinat sintase, yang meninggalkan mitokondria secara difusi pasif dan masuk dalam sitoplasma. Dalam sitoplasma, 2 molekul asam aminolevulinat ber-satu membentuk porfobilinogen dengan bantuan enzim aminolevulinat dehidratase. Kemudian 4 molekul porfobilinogen mengalami kondensasi membentuk uroporfirinogen, dengan dikatalisis oleh enzim uroporfirinogen dekarboksilase menjadi koproporfirinogen III, kemudian membentuk proto-porfirinogen IX. Protoporfirinogen IX dioksidasi oleh enzim protoporfirinogen oksidase menghasilkan protoporfirin IX. Oksidasi ini menghasilkan sistem ikatan rangkap terkonyugasi yang merupakan ciri khas porfirin. Uroporfirinogen tipe I, III dan koproporfirinogen juga dapat dioksidasi menjadi porfirin. Kemudian terjadi pemasukan ion fero ke dalam cincin porfirin dari protoporfirin dengan dikatalisis enzim feroketalase menghasilkan hem Adji Dharma, 1989. Widmann, 1995). Hem disintesis di mitokondria, dan penggabungan dengan globin terjadi dalam sitoplasma eritrosit yang sedang berkembang (Hoffbrand, 1996. Sacher and McPherson, 2002).



Adji Dharma, 1989

Gambar 2
Sintesis Hemoglobin

B.4. Zat-zat pada Pembentukan Hemoglobin

Menurut Guyton, zat-zat yang bekerja sebagai katalisator atau enzim dalam pembentukan hemoglobin adalah :

a. Besi

Besi dalam molekul hemoglobin sangat penting untuk menjalankan fungsi pengikatan dan pelepasan oksigen.

Sebenarnya, hanya dengan molekul besi yang ada di dalam hemoglobin itulah oksigen diikat dan dibawa. Maka bila terjadi kekurangan besi, jumlah hemoglobin juga akan berkurang, sehingga jumlah oksigen yang dibawa berkurang juga. Hal ini tampak jelas, misalnya dalam keadaan kekurangan (defisiensi) besi, yang menimbulkan keadaan kekurangan darah atau anemia, yang lebih tepat disebut sebagai kekurangan hemoglobin. Besi yang berada di dalam molekul hemoglobin juga dapat mengalami oksidasi sehingga terbentuk hemoglobin teroksidasi atau *methemoglobin*. Dalam keadaan teroksidasi ini, hemoglobin tidak lagi dapat menjalankan fungsinya untuk mengikat oksigen. Keadaan ini dapat terjadi, misalnya bila ada oksidator yang seringkali berupa obat-obatan.

b. Tembaga

Manusia dewasa rata-rata memerlukan kira-kira 2 mg tembaga per hari dalam makanannya. Penambahan sedikit tembaga dalam makanan penderita anemia hipokrom kadang-kadang mempercepat pembentukan hemoglobin.

c. Piridoksin

Kekurangan piridoksin dalam diet akan mengurangi kecepatan pembentukan sel darah merah dan menekan kecepatan pembentukan hemoglobin.

d. Kobalt

Kekurangan kobalt dalam diet akan sangat menekan pembentukan hemoglobin. Kelebihan kobalt dalam jumlah besar dapat menyebabkan pembentukan sel darah merah yang lebih besar dari normal dan mengandung hemoglobin yang normal.

e. Nikel

Dapat menggantikan kobalt dalam membantu sintesis hemoglobin dalam sumsum tulang.

B.3. Karbonmonoksida

Dalam asap kendaraan bermotor terkandung zat-zat kimia yang dapat mengganggu keseimbangan metabolisme dalam tubuh manusia antara lain, karbonmonoksida (CO), timbal dan oksida nitrogen (NO_x). Dalam penelitian Suhartono dkk dikatakan bahwa risiko terpajan gas CO untuk penduduk perkotaan empat kali lebih besar dibandingkan dengan penduduk yang tinggal di pinggiran kota, dan risiko untuk terpajan timbal untuk penduduk perkotaan 23,5 kali lebih besar dibandingkan dengan penduduk yang tinggal di pinggiran kota.

Karbonmonoksida adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tak berasa, dapat terbakar dan mudah meledak; gas ini lebih ringan daripada udara. Merupakan molekul yang reaktif, sehingga sepiantas lalu tidak berbahaya tetapi mematikan manusia dalam beberapa menit pada

kon-sentrasi melampaui 5.000 ppm. CO diabsorpsi hanya melalui paru-paru dan berupa racun non kumulatif. Gas CO memiliki kemampuan yang luar biasa untuk terikat secara kuat dengan hemoglobin dalam darah membentuk karboksi-hemoglobin dan menurunkan kapasitas daya angkut oksigen oleh darah. Sehingga CO akan menurunkan transport oksigen dalam darah dan menyebabkan anoksia atau hipoksia. Daya ikat CO 210 kali lebih kuat daripada daya ikat oksigen terhadap hemoglobin. Menghisap rokok dapat meninggikan kadar COHb sampai 10% atau lebih (MacKenzie, 1991).

Faktor yang paling menentukan pengaruh CO terhadap manusia adalah konsentrasi karboksihemoglobin dalam darah, semakin tinggi persentasi hemoglobin yang terikat dalam karboksi-hemoglobin, semakin parah pengaruhnya terhadap kesehatan manusia.

Efek CO terhadap tubuh dapat terjadi secara akut maupun kronis. Efek kesehatan akut terjadi secara perlahan-lahan seperti nyeri kepala, pusing, rasa kantuk, berat di dada, mual, muntah, sesak napas karena kekurangan oksigen dan terlihat pucat, apabila tidak segera mendapatkan udara segar akan dapat menyebabkan kematian. Tidak sadar terjadi setelah konsentrasi mencapai lebih dari 3500 ppm, tidak terjadi sianosis (pasien setelah meninggal sering berwarna merah segar akibat karboksi-hemoglobin).

Efek kesehatan kronis berupa nyeri kepala, gangguan daya ingat, vertigo, dan kerusakan otak organik terjadi bila asfiksia berlarut-larut. Paparan kronis terhadap CO mempunyai efek yang sama seperti hipoksia dalam menurunkan plasma atau meningkatkan massa sel darah merah. Keracunan CO bersifat reversibel akan tetapi jika tidak segera tertangani akan berakibat fatal. Karena jantung dan otak adalah organ-organ yang paling peka terhadap kurangnya O_2 di dalam tubuh, organ-organ tersebutlah yang mengalami kerusakan paling parah dalam keracunan CO. (Harrington, 2005).

C. Pengaruh Timbal dalam Sintesis Hemoglobin

Logam timbal yang masuk ke paru-paru melalui pernapasan akan terserap dan berikatan dengan darah paru-paru untuk kemudian diedarkan ke seluruh jaringan dan organ tubuh. Lebih dari 90% logam timbal yang terserap oleh darah berikatan dengan sel-sel darah merah.

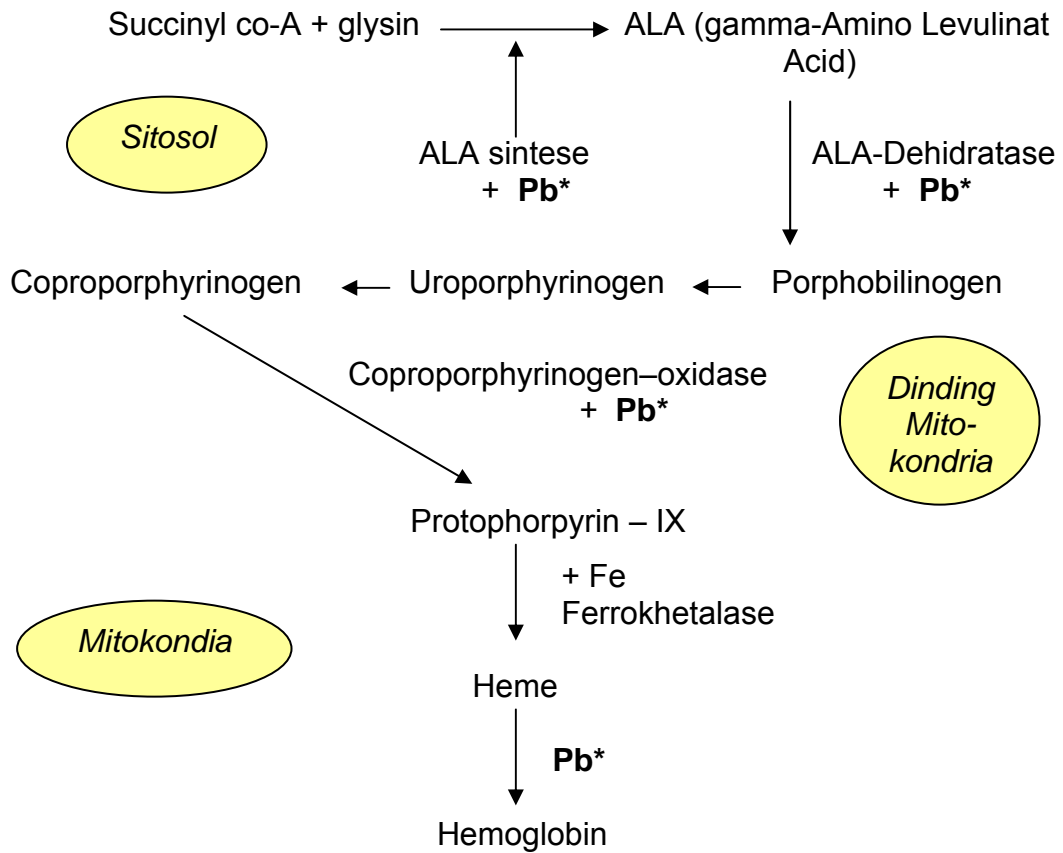
Efek predominan dari timbal adalah gangguan pada biosintesis hem dan haematopoiesis. Anemia dan gangguan sintesis hem dapat menyertai keracunan logam berat dan merupakan ciri yang digunakan untuk menentukan diagnosis kelainan.

Timbal di dalam tubuh terutama terikat dalam gugus $-SH$ dalam molekul protein dan hal ini menyebabkan hambatan pada aktivitas kerja sistem enzim; yaitu dengan menekan aktivitas enzim di permulaan, pertengahan dan akhir sintesis hem. Senyawa timbal yang terdapat dalam

tubuh akan mengikat gugus aktif dari enzim ALAD di sitosol dan koproporfirinogen oksidase dalam mitokondria, juga menghambat feroketalase dalam mitokondria. Sebagai konsekuensinya akan meningkatkan aktivitas ALA sintase. Ikatan yang terbentuk antara logam timbal dengan gugus ALAD akan mengakibatkan pembentukan intermediet porphobilinogen dan kelanjutan dari proses reaksi ini tidak dapat berlanjut (terputus). Gangguan aktivitas delta aminolevulinat dehidratase menyebabkan penimbunan asam delta-aminolevulenat (ALA). Kadar ALA urin digunakan sebagai pemeriksaan penapisan kasar untuk mengetahui toksisitas timbal. Metabolisme koproporfirin tertekan, dan insersi (pemasukan) besi dalam bentuk fero ke dalam protoporfirin terhambat karena timbal juga menghambat hem sintetase. Penekanan hem sintetase menyebabkan sel darah merah menimbun protoporfirin secara berlebihan; peningkatan kadar protoporfirin eritrosit merupakan uji terbaik untuk mengkuantifikasi keracunan timbal (Sacher and McPherson, 2002). Penghambatan ferokatalase menyebabkan protoporfirin menumpuk di dalam sel (Widmann, 1995).

Keracunan yang terjadi sebagai akibat kontaminasi dari logam timbal dapat menimbulkan : (a) peningkatan kadar ALA dalam darah dan urin, (b) peningkatan kadar protoporphirin dalam sel darah merah, (c) penurunan jumlah dan memperpendek umur sel darah merah, (d) peningkatan jumlah retikulosit (sel darah merah yang masih muda), (e)

peningkatan kandungan logam Fe dalam plasma darah dan (f) peningkatan jumlah eritrosit berbintik basofilik (Joko S, 1995. Palar, 2004)



Sumber : WHO, 1995

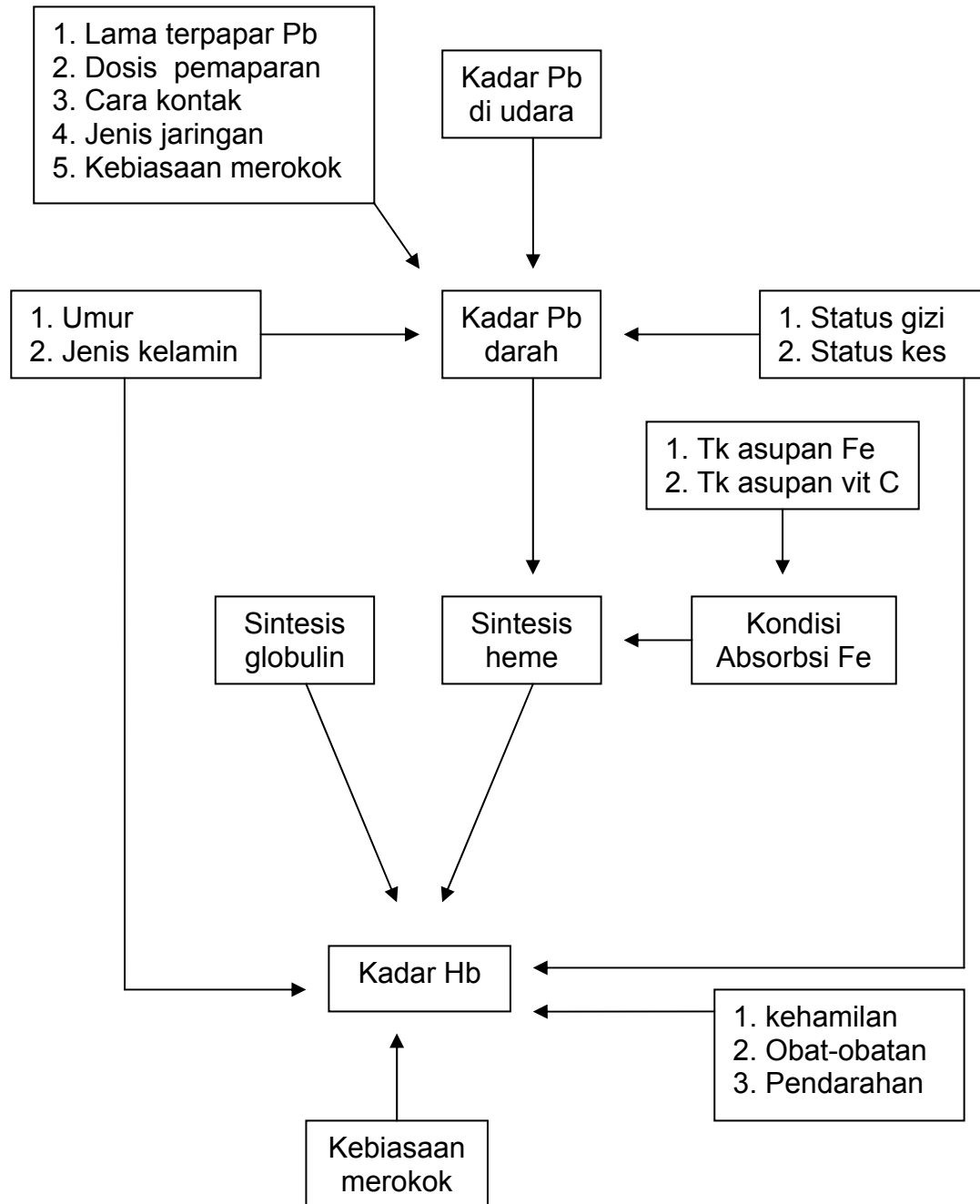
Gambar 3
Skema sintesis hemoglobin dan interverensi timbal

Tabel 5
Hasil Laboratorium pada Keracunan Timbal

Pemeriksaan Hematologi :	
Anemia	Hemoglobin 9 - 11 g /dL Retikulosis 2 – 7%
Kelainan Eritrosit	Rasio protoporfirin : eritrosit 5,5 µg / g Bintik-bintik basofilik Anisositosis, poikilositosis sedang Ketahanan osmotik berkurang
Sumsum tulang	Hiperplasia eritroid Sideroblast bercincin
Urin	Ekskresi ALA > 20 mg / liter Koproporfirin III > 0,5 mg / liter Porfobilinogen normal.

Sumber : Widmann, 1995

D. Kerangka Teori

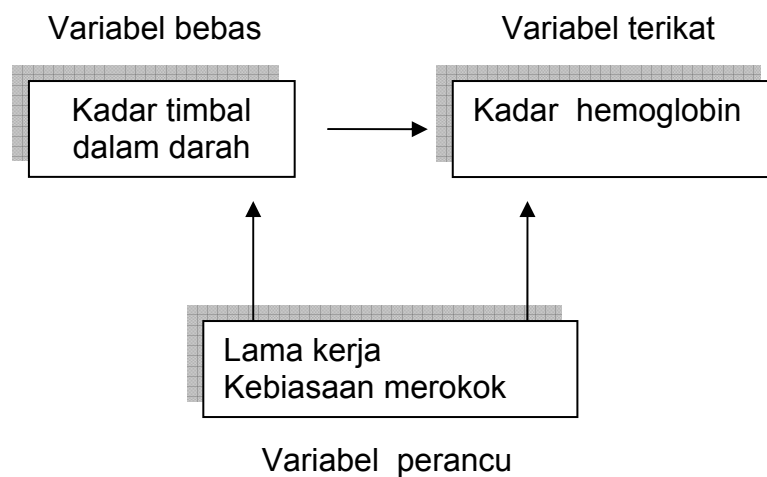


Gambar 4
Kerangka Teori

Keterangan :

- Variabel status gizi, status kesehatan, umur, jenis kelamin dikendalikan dengan kriteria inklusi yaitu status gizi yang normal, status kesehatan yang baik, umur antara 25 sampai 45 tahun dan jenis kelamin yang sama yaitu laki-laki.
- Karena keterbatasan dana maka peneliti hanya meneliti variabel kadar timbal dalam darah, kadar hemoglobin, kebiasaan merokok dan lama kerja (lama terpapar timbal).

E. Kerangka Konsep



Gambar 5
Kerangka Konsep

F. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah :

Ada hubungan kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan metode survei. Data dikumpulkan dengan wawancara menggunakan kuesioner terstruktur dan analisis laboratorium. Sedangkan pendekatan yang digunakan adalah *cross-sectional*, dimana variabel bebas, variabel perancu dan variabel terikat diukur pada saat tertentu, tiap subyek hanya diukur sekali saja (Sastroasmoro, 2002)

B. Lokasi Penelitian

Peneliti mengambil lokasi penelitian wilayah kota Semarang, di wilayah Polres Semarang Selatan, Polres Semarang Barat, Polres Semarang Timur dan Polwiltabes Semarang.

C. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada bulan Agustus 2006 sampai Mei 2007.

D. Populasi dan Sampel Penelitian

D.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah polisi lalu lintas laki-laki se kota Semarang yang bertugas mengatur jalan raya.

D.2 Sampel

Sampel diambil secara acak sederhana (*Simple Random Sampling*). Sampel penelitian adalah polisi lalu lintas laki-laki se kota Semarang yang bertugas di jalan raya pada daerah yang terpapar polusi udara dari kendaraan bermotor yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusif.

Kriteria Inklusi:

1. Tidak sedang sakit atau memiliki kelainan fisik dan minum obat-obatan.
2. Status gizi : Indeks Massa Tubuh (IMT) normal 18,5 – 25.
3. Usia : antara 25 – 45 tahun

Kriteria eksklusif : menolak menjadi sampel penelitian

E. Perhitungan Besar Sampel

Penentuan besar sampel yang dibutuhkan untuk penelitian menggunakan rumus (Sastroasmoro S, 2002) :

$$n = \left[\frac{Z\alpha + Z\beta}{0,5 \ln \left[\frac{(1+r)}{(1-r)} \right]} \right]^2 + 3$$

Keterangan :

n = besar sampel tiap kelompok

Z α = tingkat kemaknaan 95% (1,96)

Z β = power penelitian 80% (0,842)

r = koefisien korelasi (0,57)

Maka diperkirakan besar sampel minimal adalah :

$$n = \left[\frac{2,802}{0,5 \ln (1,57 / 0.43)} \right]^2 + 3$$

$$n = \left[\frac{2,802}{0.5 \ln 3,65} \right]^2 + 3$$

n = 90 orang

Maka besar sampel minimal yang diperlukan 90 orang

F. Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri dari :

1. Variabel bebas yaitu kadar Pb dalam darah Polantas
2. Variabel terikat yaitu kadar hemoglobin darah.
3. Variabel perancu : lama kerja dan kebiasaan merokok.

G. Definisi Operasional

1. Kadar Pb dalam darah

Definisi : Hasil pengukuran jumlah Pb dalam darah polisi yang diperiksa dengan metode pengabuan, menggunakan alat FAAS (*Flame Emission Atomic Absorption Spectrophotometer* merk Shimadzu dengan no. kode AA-6401F).

Satuan : $\mu\text{g/dL}$

Skala : Rasio

2. Kadar hemoglobin

Definisi : Hasil pengukuran jumlah hemoglobin dalam darah polisi yang diperiksa dengan metode Cyanmethemoglobin, menggunakan alat *Photometer 4010*.

Satuan : g/dL

Skala : Rasio

3. Kebiasaan merokok

Definisi : Rata-rata rokok yang dihabiskan (dihisap) per hari oleh Polisi dan lama merokok (dari mulai merokok sampai saat pengambilan data, dalam bulan).

Satuan : lama merokok : bulan

jumlah rokok yang dihisap per hari : batang

Skala : Rasio

4. Lama kerja

Definisi : jumlah waktu yang digunakan seseorang untuk melakukan aktifitas pekerjaannya di jalan sehingga dapat terpapar timbal.

Satuan : bulan

Skala : Rasio

H. Proses Pengumpulan Data

Data umur, status gizi, dan status kesehatan diperoleh dengan cara wawancara menggunakan kuesioner terstruktur untuk

screening, yang dipandu oleh peneliti. Data antropometri yang dikumpulkan meliputi tinggi badan dan berat badan yang digunakan untuk menentukan status gizi, dengan menghitung indeks masa tubuh (IMT) yaitu berat badan (dalam kilogram) dibagi kuadrat tinggi badan (dalam meter) . Tinggi badan diukur menggunakan *microtoise somatometer*, dengan ketelitian 0,1 cm, sedangkan pengukuran berat badan menggunakan timbangan injak *seca* dengan ketelitian 0,1 kg. Pengukuran dilakukan oleh tenaga yang terlatih yaitu perawat dan diawasi langsung oleh peneliti.

Sampel terpilih diwawancarai lagi menggunakan kuesioner terstruktur untuk mendapatkan data tentang lama bertugas di Satlantas, kebiasaan merokok, pemakaian alat pelindung diri (masker), kebiasaan menggunakan alat makan dan alat minum. Kemudian diambil sampel darah untuk pemeriksaan kadar timbal dalam darah dan kadar hemoglobin, yang diambil dari vena *radialis* ± 5 cc. Kemudian darah dimasukkan ke dalam tabung yang sudah diberi EDTA sebagai anti koagulan sehingga darah tidak menggumpal. Tabung ditutup dan dimasukkan ke dalam termos dan dibawa ke laboratorium GAKI Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro. Kadar timbal dalam darah diukur dengan metode pengabuan, menggunakan alat FAAS (*Flame Emission Atomic Absorption Spectrophotometer*) dengan no. kode AA-6401F merk Shimadzu, dengan ketelitian 0,01 µg/dL. Kadar hemoglobin diukur dengan

metode *cyanmethemoglobin* menggunakan alat Photometer 4010 dengan ketelitian 0,01 gr/dL.

I. Tahap Penelitian

1. Tahap Persiapan

- a. Mengurus surat ijin dan melaporkan kegiatan penelitian pada instansi yang berwenang.
- b. Meninjau lokasi penelitian.
- c. Menghubungi petugas pengumpul data.
- d. Melakukan pelatihan petugas pengumpul data.
- e. Menyusun jadwal penelitian di lokasi penelitian.

2. Tahap pelaksanaan

- a. Pengambilan data dengan mengisi kuesioner oleh responden.
- b. Pengambilan sampel darah oleh petugas dari Laboratorium GAKI Fakultas Kedokteran Undip.
- c. Pemeriksaan kadar timbal dalam darah dan kadar hemoglobin di Laboratorium GAKI Fakultas Kedokteran Undip.
- d. Pengolahan data.
- e. Analisis data.

K. Pengolahan Data

Data diolah menggunakan komputer dengan *software* SPSS / PC versi

13.0. Pengolahan data dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

1. *Entry*, memasukkan data ke komputer.
2. *Coding*, pemberian kode untuk mempermudah pengelompokan data.
3. *Editing*, untuk mengoreksi pada saat proses *entry* dan *coding*, serta melengkapi data.
4. Pengkategorian.

a. Kadar timbal dalam darah.

Batas maksimal kadar timbal dalam darah menurut WHO (1995) adalah 25 µg/dL. Maka kadar timbal dalam darah dikategorikan menjadi 3 yaitu kadar timbal rendah (kadar kurang dari 10 µg/dL), kadar timbal sedang (10 - 25 µg/dL) dan kadar timbal tinggi (kadar lebih dari 25 µg/dL).

b. Lama kerja.

Dikategorikan menjadi 3 yaitu untuk responden yang bekerja kurang dari 12 bulan termasuk lama kerja baru, 13 – 36 bulan lama kerja sedang dan yang bekerja lebih dari 36 bulan termasuk lama kerja yang lama.

c. Kebiasaan merokok

Bustan (2000) menggolongkan kriteria perokok menurut jumlah rokok yang dihisap tiap hari menjadi perokok ringan bila merokok kurang dari 10 batang per hari, perokok

sedang bila merokok 10 – 20 batang per hari dan perokok berat bila merokok lebih dari 20 batang per hari.

d. Kadar hemoglobin.

Menurut Gibson (2005), kadar hemoglobin normal pada laki-laki adalah 13 – 18 g/dL, sehingga kadar hemoglobin dikategorikan menjadi 2 yaitu kadar hemoglobin normal bila kadarnya ≥ 13 g/dL dan anemi bila kadar hemoglobin dibawah 13 g/dL.

5. Analisis data.

a. Analisis Univariat

Analisis data satu variabel (univariat) dilakukan untuk mendiskripsikan semua variabel, baik variabel bebas, variabel perancu maupun variabel terikat, dengan menyajikan rerata (*mean*) dan simpang baku (standar deviasi).

b. Analisis Bivariat

Sebelum dilakukan pengujian, variabel kadar timbal dalam darah, kadar hemoglobin, lama merokok, jumlah rokok yang dihisap tiap hari dan lama bekerja diuji kenormalannya dengan uji Kolmogorov Smirnov. Variabel yang berdistribusi normal adalah kadar hemoglobin dan lama merokok, variabel yang lain berdistribusi tidak normal yaitu kadar timbal dalam

darah, jumlah rokok yang dihisap tiap hari dan lama kerja. Analisa bivariat digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel. Uji korelasi Rank Spearman digunakan untuk mengetahui hubungan lama kerja dan kebiasaan merokok dengan kadar timbal dalam darah, serta hubungan antara kadar timbal darah dengan kadar hemoglobin. Uji hipotesis/penarik kesimpulan terhadap setiap hasil analisis statistik menggunakan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Hipotesis nol (H_0) ditolak jika nilai $p < 0,05$.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Gambaran Umum Polisi Lalu Lintas Kota Semarang

Semarang sebagai ibukota provinsi Jawa Tengah, dalam pengaturan lalu lintas jalan diatur oleh 4 satuan kerja Polisi Lalu Lintas, yaitu Satuan Lalu Lintas (Satlantas) Polwiltabes Semarang, Satlantas Polres Semarang Barat, Satlantas Polres Semarang Timur dan Satlantas Polres Semarang Selatan. Di dalam Satlantas terdapat beberapa bagian kerja yaitu bagian staf, Dikyasa (Pendidikan Masyarakat), unit Kecelakaan Lalu Lintas (Laka Lantas), Patroli Motor (Patmor) dan Pengatur Lalu Lintas (Gaktur).

Setiap anggota polisi lalu lintas setiap pagi mulai jam 6.00 sampai dengan jam 8.00 bertugas mengatur jalan raya. Setelah jam 8 polisi selain anggota Gaktur akan kembali mengerjakan tugas masing-masing, seperti polisi staf Dikyasa akan kembali ke kantor, sedangkan anggota gaktur akan bertugas sampai jam 14.00 dan akan diganti oleh anggota gaktur yang lain yang bertugas dari jam 14.00 sampai jam 20.00. Selain itu pada daerah tertentu yang merupakan daerah dengan kesibukan tinggi seperti pada pos Terboyo terdapat polisi lalu lintas yang berdinas selama 12 jam dari jam 6 pagi sampai 6 sore dan akan digantikan oleh polisi yang lain dari jam 6 sore sampai jam 6 pagi.

Pada setiap anggota polisi lalu lintas dilakukan pemeriksaan kesehatan secara berkala setiap 6 bulan yang dilakukan oleh Urdokkes Polwiltabes, dan uji kesamaptaan olahraga setiap 6 bulan sekali; sehingga diharapkan kebugaran dan kesehatan anggota polisi lalu lintas akan terjaga.

B. Karakteristik Responden

Dalam penelitian ini semua responden adalah laki-laki dengan usia antara 25 – 45 tahun dengan rerata usia $33,4 \pm 6,6$ tahun . Status gizi diukur berdasarkan Indeks Massa Tubuh (IMT), dan responden yang ikut dalam penelitian ini adalah yang mempunyai IMT 18,5 – 25. Indeks massa tubuh rata-rata responden $24,0 \pm 1,2$. Semua responden dalam keadaan sehat dan tidak dalam pengobatan.

Tempat tugas responden 65,6% di pos lalu lintas dan 34,4% bertugas di satlantas. Petugas yang bertugas di satlantas hanya bertugas di jalan raya pada pagi hari saja kemudian masuk kantor, sedangkan petugas di pos sepanjang hari bertugas di pos. Dalam menjalankan tugas mengatur di jalan raya 80% responden tidak menggunakan masker, hanya 16,7 % yang menggunakan masker dan sisanya (3,3%) hanya kadang-kadang saja menggunakan masker. Kebiasaan makan responden dalam menggunakan tempat makan, sebagian besar (42,2%) menggunakan piring keramik yang ada catnya (gambar), 31,1% responden menggunakan piring keramik polos dan 26,7% menggunakan piring kaca. Sedangkan

untuk kebiasaan minum, sebagian besar responden (51,1%) menggunakan gelas keramik (mug) dan 48,9% menggunakan gelas kaca.

C. Kadar Timbal dalam Darah

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar timbal dalam darah pada responden (polisi lalu lintas se kota Semarang) oleh Laboratorium GAKI Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro didapatkan kadar timbal rata-rata 13,03 $\mu\text{g/dL}$ dengan simpang baku 6,24 $\mu\text{g/dL}$. Kadar timbal tertinggi 32,32 $\mu\text{g/dL}$ dan terendah 4,06 $\mu\text{g/dL}$. Batas maksimal kadar timbal dalam darah menurut WHO (1995) adalah 25 $\mu\text{g/dL}$. Berdasarkan kriteria tersebut maka 57,8% responden mempunyai kadar timbal darah sedang (10 - 25 $\mu\text{g/dL}$) yang masih dalam batas kriteria normal, 35,6% mempunyai kadar timbal rendah (< 10 $\mu\text{g/dL}$) dan 6,7% atau 6 responden mempunyai kadar timbal tinggi (> 25 $\mu\text{g/dL}$). Dari 6 responden yang mempunyai kadar timbal dalam darah yang tinggi, kadar timbal rata-rata 27,98 $\mu\text{g/dL}$ dengan simpang baku 2,57.

Tabel 6
Distribusi frekuensi responden menurut kadar timbal dalam darah.

	Frekuensi	Persentase
Kadar timbal :		
Rendah (< 10 $\mu\text{g/dL}$)	32	35,6
Sedang (10 - 25 $\mu\text{g/dL}$)	52	57,8
Tinggi (>25 $\mu\text{g/dL}$)	6	6,7
Total	90	100

Dari 90 responden, berdasarkan tempat tugas 8,5% responden yang mempunyai kadar timbal tinggi bertugas di pos lalu lintas dan 5,6% responden yang tidak menggunakan masker mempunyai kadar timbal yang tinggi. Menurut alat makan dan minum yang biasa digunakan, responden yang mempunyai kadar timbal yang tinggi 13,2% menggunakan alat makan (piring) dari keramik bercat dan 10,9% responden menggunakan alat minum (gelas) dari keramik (mug).

Tabel 7
Distribusi kadar timbal dalam darah menurut tempat tugas, pemakaian masker, jenis alat makan dan minum yang dipergunakan.

	Kategori kadar timbal						Total	
	Rendah		Sedang		Tinggi		n	%
	n	%	n	%	n	%	n	%
Tempat tugas								
Pos	18	30,5	36	61,0	5	8,5	59	100
Lantas	14	45,2	16	51,6	1	3,2	31	100
Kebiasaan memakai masker								
Tidak pakai	27	37,5	41	56,9	4	5,6	72	100
Pakai	5	33,3	8	53,3	2	13,3	15	100
Kadang	0	0	3	100	0	0	3	100
Jenis alat makan								
Kaca	14	58,3	10	41,7	0	0	24	100
Keramik cat	10	26,3	23	60,5	5	13,2	38	100
Keramik polos	8	28,6	19	67,9	1	3,6	28	100
Jenis alat minum								
Kaca	27	61,4	16	36,4	1	2,3	44	100
Keramik (mug)	5	10,9	36	78,3	5	10,9	46	100

D. Lama kerja polisi lalu lintas

Lama kerja di satuan lalu lintas tercepat adalah 2 bulan dan yang terlama 192 bulan. Responden di satuan lalu lintas terbanyak bekerja antara 13-36 bulan (50%) dengan lama kerja rata-rata 40 bulan dan simpang baku 28,4 bulan.

Tabel 8
Distribusi frekuensi responden menurut lama kerja

	Frekuensi	Persentase
Lama kerja :		
Baru (0-12 bulan)	10	11,1
Sedang (13-36 bulan)	45	50
Lama (> 36 bulan)	35	38,9

Dari responden yang bekerja di satuan lalu lintas lebih dari 36 bulan terdapat 11,4% (4 responden) yang mempunyai kadar timbal yang tinggi.

Tabel 9
Distribusi kadar timbal darah menurut lama kerja

	Kategori kadar timbal						Total	
	Rendah		Sedang		Tinggi			
	n	%	N	%	n	%	n	%
Lama kerja								
Baru (0-12 bln)	6	60	3	30	1	10	10	100
Sedang (13-36 bln)	18	40	26	57,8	1	2,2	45	100
Lama (> 36 bln)	8	22,9	23	65,7	4	11,4	35	100

Dari tabel rerata kadar timbal dalam darah menurut kategori lama kerja (tabel 10) di bawah ini tampak adanya kecenderungan bahwa semakin lama bekerja, kadar timbal darah akan makin tinggi pula.

Tabel 10
Rerata kadar timbal dalam darah menurut kategori lama kerja

Lama kerja	Kadar timbal ($\bar{x} \pm SD$)	n
Baru (0-12 bulan)	12,82 \pm 6,36	14
Sedang (13-36 bulan)	13,31 \pm 6,10	40
Lama (> 36 bulan)	13,49 \pm 6,52	36

Dari hasil uji korelasi Rank Spearman menunjukkan tidak ada hubungan antara lama kerja dengan kadar timbal dalam darah ($p=0,094$).

E. Kebiasaan merokok

Dari 90 responden terdapat 80% responden (72 orang) mempunyai kebiasaan merokok, 20% responden (18 orang) tidak mempunyai kebiasaan merokok yang dinyatakan dengan nilai konsumsi 0 batang.

Tabel 11
Distribusi frekuensi responden
menurut jumlah rokok yang dihisap tiap hari

	Frekuensi	Persentase
Tidak merokok (0 batang)	18	20
Ringan (1-9 batang)	41	45,6
Sedang (10-20 batang)	21	23,3
Berat (> 20 batang)	10	11,1

Berdasarkan kategori perokok menurut Bustan (2000), sebagian besar responden (59%) termasuk perokok ringan yaitu merokok kurang dari 10 batang rokok per hari. Responden perokok sedang, 14,3% mempunyai kadar timbal tinggi ($> 25 \mu\text{g/dL}$) dan dari perokok berat 60% mempunyai kadar timbal sedang dan tidak ada perokok berat yang mempunyai kadar timbal tinggi.

Tabel 12
Distribusi kadar timbal darah menurut kategori perokok

	Kategori kadar timbal							
	Rendah		Sedang		Tinggi		Total	
	n	%	N	%	n	%	N	%
Kategori perokok								
Ringan (< 10 btg)	23	39,0	33	55,9	3	5,1	59	100
Sedang (10-20 btg)	5	23,8	13	61,9	3	14,3	21	100
Berat (>20 btg)	4	40,0	6	60,0	0	0	10	100

Rerata lama merokok responden $84,7 \pm 57,6$ bulan dengan merokok terlama 196 bulan. Jumlah rokok rata-rata yang dihisap per hari $7,8 \pm 7,3$ batang. Dari hasil uji korelasi Rank Spearman menunjukkan tidak ada hubungan antara lama merokok dengan kadar timbal dalam darah ($p=0,633$) dan tidak ada hubungan antara jumlah rokok yang dihisap tiap hari dengan kadar timbal dalam darah ($p=0,673$).

F. Kadar Hemoglobin

Menurut Gibson, 2005, kadar hemoglobin normal pada laki-laki adalah 13 – 18 g/dL, kadar hemoglobin dibawah 13 g/dL dinyatakan

anemi. Sebagian besar (98,9%) responden mempunyai kadar hemoglobin yang normal, hanya 1,1 % (1 responden) yang anemi. Rerata kadar hemoglobin 15,40 g/dL dengan simpang baku 1,03 g/dL, sedangkan kadar hemoglobin tertinggi 16,95 g/dL dan kadar terendah 12,08 g/dL.

Tabel 13
 Rerata kadar hemoglobin
 menurut kategori kadar timbal dalam darah

Kadar Pb	Kadar Hb ($\bar{x} \pm SD$)	n
Rendah (< 10 $\mu\text{g/dL}$)	15,49 \pm 1,16	32
Sedang (10-25 $\mu\text{g/dL}$)	15,38 \pm 0,99	52
Tinggi (> 25 $\mu\text{g/dL}$)	15,11 \pm 0,61	6

Dari tabel 13 di atas tampak adanya kecenderungan semakin tinggi kadar timbal dalam darah akan semakin rendah kadar rerata kadar hemoglobin. Hasil analisis uji korelasi Rank Spearman menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin ($p = 0,108$).

G. Pembahasan

Keracunan timbal pada orang dewasa kebanyakan terjadi di tempat mereka bekerja. Prevalensi kejadiannya bervariasi untuk setiap jenis pekerjaan. Risiko terjadi toksisitas tergantung pada pekerjaan yang biasanya bersifat kronis. (Darmono, 2001).

Dalam melaksanakan tugas sehari-hari 80% responden tidak menggunakan masker, hal ini disebabkan karena jumlah masker yang

dibagikan dari dinas sangat terbatas sehingga tidak semua polisi lalu lintas memperolehnya. Walaupun demikian, responden yang mempunyai masker pun tidak sepanjang bertugas menggunakan masker, karena alasan susah untuk meniup peluit, mengganggu dan panas.

Hasil pemeriksaan kadar timbal dalam darah pada polisi lalu lintas sebagian besar masih dalam batas normal, hanya 6,7% di atas normal. Hal ini mungkin karena paparannya belum terlalu tinggi sehingga kadar timbal dalam darah sebagian besar masih dalam batas normal. Menurut Caroline W (1995) lama pemaparan, dosis pemaparan dan cara masuk timbal ke dalam tubuh juga mempengaruhi kadar timbal dalam darah. Robert Malkin dalam Environmental Research (1995) mengatakan bahwa kondisi rumah misalnya pemakaian cat tembok yang mengandung timbal dan juga kebiasaan menggunakan alat makan dan minum dari keramik yang dicat (seperti mug) akan mempengaruhi kadar timbal dalam darah. Selain itu, letak rumah juga sangat mempengaruhi pajanan timbal, misalnya pada rumah yang terletak dekat jalan raya yang padat lalu lintasnya akan lebih banyak paparan timbalnya bila dibandingkan dengan rumah yang jauh dari jalan raya yang padat lalu lintas. Matte dkk (1994) mengatakan bahwa pemakaian alat makan dan alat minum dari keramik terutama pada pemakaian yang lama, merupakan sumber paparan timbal yang dapat meningkatkan kadar timbal dalam darah.

Penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan bermakna antara kebiasaan merokok dan lama kerja dengan kadar timbal dalam darah. Hal ini terjadi karena dalam bekerja sehari-hari tidak selalu responden berada di pinggir jalan untuk mengatur lalu lintas, tetapi hanya dalam jam-jam sibuk saja berada di daerah yang terpapar timbal, yaitu pada waktu jam berangkat sekolah dan berangkat kantor di pagi hari dan sore hari ketika jam pulang kantor. Selain jam-jam tersebut, responden berada di pos lalu lintas. Hal ini berbeda dengan penelitian Nurjazuli dkk (2003) pada operator SPBU di Samarinda yang membuktikan bahwa lama kerja merupakan faktor yang dominan terhadap tingginya kadar timbal dalam darah. Tetapi apabila dilihat dari rerata lama kerja terdapat kecenderungan bahwa semakin lama bekerja sebagai polisi lalu lintas maka kadar timbal darah akan makin tinggi juga.

Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian terdahulu. Penelitian dari Hense HW et al (1992) menyimpulkan bahwa kebiasaan merokok mempunyai hubungan kuat dengan peningkatan kadar timbal dalam darah dan lebih lanjut akan menambah risiko kesehatan. Pada penelitian Einbensteiner L (2005) juga menyimpulkan ada hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kebiasaan merokok. Effendi (1980) menjelaskan bahwa kebiasaan merokok juga membantu absorpsi timbal melalui saluran pernapasan. Ada lebih dari 2000 substansi yang terdeteksi pada rokok termasuk nikotin dan CO. Substansi-substansi ini

menyebabkan kelainan pada silia saluran pernapasan dan terjadi iritasi pada saluran pernapasan sehingga fungsi paru akan terganggu terutama pada perokok yang berat.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin ($p > 0,05$). Hal ini sama seperti penelitian yang dilakukan Suhartono dkk (2002) yang juga menyatakan bahwa tidak ada hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin. Tetapi apabila dilihat dari rerata kadar hemoglobin terdapat kecenderungan bahwa dengan semakin tinggi kadar timbal dalam darah maka rerata kadar hemoglobin semakin rendah.

Menurut kriteria WHO menyatakan bahwa kadar timbal darah yang dapat menyebabkan anemia klinis yaitu sebesar $70 \mu\text{g/dL}$, sedangkan menurut *US Department of Health and Human Services* dalam ATSDR (2003) kadar timbal darah mencapai $50 \mu\text{g/dL}$ menyebabkan gangguan terhadap sintesis hemoglobin. Penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh sampel memiliki kadar timbal darah di bawah $50 \mu\text{g/dL}$ (nilai tertinggi $32,32 \mu\text{g/dL}$), sehingga tidak ada hubungan kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin. Penelitian Gawarammana (2006) dan Hsien-Wen Kuo (2006) mengemukakan bahwa antara hemoglobin dan kadar timbal dalam darah mempunyai hubungan yang lemah.

Dalam penelitian ini hanya 6 responden yang mempunyai kadar timbal dalam darah tinggi ($> 25 \mu\text{g/dL}$) dan semuanya mempunyai kadar

hemoglobin normal. Banyak faktor yang mempengaruhi paparan timbal dalam tubuh manusia terutama pada sintesis hemoglobin antara lain usia, status gizi, status kesehatan, jenis kelamin. Dalam penelitian ini variabel-variabel tersebut sudah dikendalikan. Dengan bertambahnya umur dan penurunan status kesehatan, maka terjadi penurunan fungsi dari berbagai organ tubuh termasuk fungsi paru-paru. Penurunan fungsi paru-paru mempermudah timbal yang masuk melalui sistem saluran pernapasan akan dapat masuk ke dalam jaringan paru-paru selanjutnya masuk ke dalam pembuluh darah. Pengendalian variabel status gizi dilakukan karena status gizi merupakan faktor yang mempengaruhi absorpsi timbal oleh tubuh. Pada keadaan kurang gizi akan meningkatkan kadar timbal dalam darah. Keseluruhan responden penelitian ini mempunyai indeks massa tubuh normal yaitu 18,5 - 25 (Supriasa 2002). Tetapi kadar hemoglobin tidak hanya dipengaruhi oleh senyawa timbal saja, tetapi dipengaruhi juga oleh berbagai faktor lain seperti asupan gizi mikro yaitu besi, tembaga, piridoksin, P dan lain-lain. Hans Werner Hense (1992) mengatakan bahwa variabel umur, indeks masa tubuh, pendidikan dan pekerjaan merupakan pengaruh minoritas pada kadar timbal darah.

Pengaruh timbal sebenarnya dapat dilihat pada proses sintesis hemoglobin. Adnan S (2001) menyatakan bahwa kadar timbal dalam darah 10 µg/dL sudah dapat menyebabkan gangguan pada sintesis hemoglobin dengan penghambatan pada aktivitas enzim δ-aminolevulinat dehidratase

(ALAD). Hal ini mengakibatkan peningkatan kadar δ -aminolevulinat (δ -ALA) dalam serum dan kemih. Kadar 15 $\mu\text{g/dL}$ mengakibatkan peningkatan protoporfirin. Kadar 40 $\mu\text{g/dL}$ mengakibatkan peningkatan koproporfirin. Dalam penelitian ini tidak diperiksa kadar protoporfirin tetapi diperiksa kadar hemoglobin, sehingga kemungkinan kadar timbal darah yang terdapat pada polisi lalu lintas tersebut belum dapat dilihat pengaruhnya pada sintesis hemoglobin.

Menurut Darmono (2001), untuk mengkompensasi penurunan sintesis hemoglobin oleh timbal, sumsum tulang akan meningkatkan produksi sel darah merah sehingga pada gambaran darah tepi akan banyak didapatkan sel darah merah yang masih muda (retikulosit) dan sel basofilik. Sel basofilik terbentuk sebagai bagian dari gangguan metabolik dari pembentukan hemoglobin merupakan tanda-tanda keracunan timbal. Adnan (2001) juga menyatakan bahwa kerusakan sintesis hem dapat menimbulkan anemia yang bersifat hipokromik dan mikrositik. Pada penelitian ini tidak dilakukan pemeriksaan darah tepi yang dapat menyokong adanya keracunan timbal di tingkat sintesis hemoglobin.

J. Keterbatasan Penelitian

Protoporfirin merupakan parameter gangguan hematopoiesis yang paling awal akibat gangguan kadar timbal dalam darah. Selain itu pemeriksaan retikulosit, sel basofilik dan pemeriksaan darah tepi, juga dapat digunakan untuk pemeriksaan akibat keracunan timbal. Tetapi

karena keterbatasan kemampuan dan dana peneliti tidak melakukan pemeriksaan protoporfirin dan pemeriksaan darah tepi.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. SIMPULAN

- a. Sembilan puluh tiga koma tiga persen kadar timbal dalam darah polisi lalu lintas di kota Semarang masih dalam batas normal, hanya 6,7% responden yang mempunyai kadar timbal yang melebihi nilai normal ($> 25 \mu\text{g/dL}$).
- b. Tidak ada hubungan antara lama kerja, dan kebiasaan merokok. dengan kadar timbal dalam darah pada polisi lalu lintas di kota Semarang. Ada kecenderungan bahwa semakin lama bekerja, kadar timbal darah semakin tinggi.
- c. Sembilan puluh delapan koma sembilan persen kadar hemoglobin polisi lalu lintas di kota Semarang masih dalam batas normal. Angka kejadian anemia pada polisi lalu lintas adalah sekitar 1,1%.
- d. Tidak ada hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin polisi lalu lintas di kota Semarang. Ada kecenderungan bahwa semakin tinggi kadar timbal dalam darah, semakin rendah kadar hemoglobin. Rerata kadar timbal darah $13,03 \pm 6,24 \mu\text{g/dL}$ dan rerata kadar hemoglobin $15,40 \pm 1,03 \text{ g/dL}$.

B. SARAN

Pada polisi lalu lintas di kota Semarang perlu penelitian lebih lanjut dengan pemeriksaan kadar protoporfirin untuk pengaruh pajanan timbal pada awal sintesis hemoglobin.

DAFTAR PUSTAKA

- Adji Dharma. 1989. Ringkasan biokimia Harper. Terjemahan dari Colby DS. Biochemistry. EGC Penerbit buku kedokteran. Jakarta. p. 44-46
- Adnan, S. 2001. Pengaruh pajanan timbal terhadap kesehatan dan kualitas semen pekerja laki-laki. Majalah Kedokteran Indonesia Volume 51 No 5. Jakarta, p 168-174.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2003. Lead toxicity. Case Study in Environmental Medicine. US Department of Health and Human Services. Toronto. p. 84-223
- Almatsier S, 2003. Prinsip Dasar Ilmu Gizi. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. p. 148-149, 275.
- Anies, 2005. Penyakit akibat kerja. Elexmedia Komputindo, Jakarta. p. 55-57.
- Burke, L and Deakin, V. 1994. Clinical Sports Nutrition. Mc Graw-Hill Book Company. New York. p.174 – 190.
- Bustan, N. 2000. Epidemiologi Penyakit Tidak Menular. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta. p. 120-126.
- Correia M.A, Becker C.E. 1998. Chelator and heavy metals intoxications. In Katzung B.G. : Basic and Clinical Pharmacology, 7th Ed. London. Prentice Hall International. p. 913-935
- Darmono, 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Penerbit Universitas Indonesia. p. 140 – 148.
- De Maeyer, EM. 1993. Pencegahan dan pengawasan anemia defisiensi besi. WHO, Jenewa. Diterjemahkan oleh Arisman. Widya Medika. Jakarta. p. 3-6
- Easter N. 1997. Pemeriksaan laboratorium dan diagnostik dengan implikasi keperawatan. Edisi ke 2. Penerbit EGC. Jakarta. p. 22-24

- Effendi, Hasyim, Yasir Y. 1980. Fisiologi pernafasan dan patofisiologinya. Yayasan Alumni. Bandung. p. 34-36
- Eibensteiner L, Sanz ADC, Frumkin H, Gonzales C, Gonzales GF. 2005. Lead exposure and semen quality among traffic police in Arequipa Peru. *International Journal of Occupational and Environmental Health*. 11,2. p. 161-166.
- Gawarammana, et al. 2006. Should all patient with unexplained anemia be Screened for Chronic Lead Poisoning? 25 (11). p. 645 -649.
- Gibson, R.S. 2005. Principles of nutritional assessment. Oxford University Press. New York. p. 351-353.
- Goyer R.A. 1993. Toxic effects of metals. In Casarett and Doull's Toxicology. The basic science of poisons. 3rd ed. New York : Macmillan Publishing Co. p. 582-635.
- Guyton, A.C. 1991. Fisiologi kedokteran. Edisi 5. Diterjemahkan oleh Adji Dharma dan P Lukmanto. EGC Penerbit buku kedokteran. Jakarta. p. 70-80.
- Harrington et al. 2005. Buku Kesehatan Kerja. EGC Penerbit Buku Kedokteran. Edisi 3. Alih Bahasa Sudjoko Kuswadi. Jakarta. p 146-147.
- Hense HW, Filipiak B, Novak L, Stoepler M. 1992. Nonoccupational determinants of blood lead concentrations in a general population. *International Journal of Epidemiology*. 21. p. 753-762.
- Hoffbrand, A.V. Pettit, J.E. 1996. Kapita selekta haematologi. Edisi 2. Diterjemahkan oleh Iyan Darmawan. EGC Penerbit buku kedokteran. Jakarta. p. 8 - 11
- Hsien-Wen Kuo, Li-Hsing lai, Sza-yuan Chou, Fang-yang Wu. 2006. Association between blood lead level and blood pressure in Aborigines and others in Central Taiwan. *International Journal of Occupational and Environmental Health*. 12. p. 222-227.
- Indro Darmaji. 2003. Hubungan antara kadar timbal dalam darah dengan kadar hemoglobin (Studi pada petugas parkir ruang bawah tanah di Plaza Simpang Lima Semarang). Tesis. Universitas Diponegoro.

- Jain NB, Laden F, Guller U, Shankar A, Kazani S, Garshick E. 2005. Relation between blood lead levels and childhood anemia in India. *American Journal of Epidemiology*. 161. p. 968-973.
- Joko Suyono. 1995. Deteksi dini penyakit akibat kerja (World Health Organization). Editor : Caroline Wijaya. EGC Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta. p 86-92
- Laila Faizah. 2002. Hubungan pemaparan partikel timah hitam (Pb) dengan Pb darah dan kadar Hb pada pekerja industri peleburan timah hitam. Tesis. Universitas Diponegoro.
- Lippman, et al. 1979. Chemical contamination in the human environmental. Oxford University Press. New York, 1979. p. 207
- Matte TD, Proops D, Palazuelos E, Graef J, Avila MH. 1994. Acute high-dose lead exposure from beverage contaminated by traditional Mexican pottery. *Lancet*. 344. p. 1064-65.
- Nurjazuli dkk. 2003. Hubungan lama kerja dengan kadar timah hitam (Pb) dalam darah operator SPBU di Samarinda Kalimantan Timur. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*. volume 2. p. 18-21
- Palar. H. 2004. Pencemaran dan toksikologi logam berat. Rineka cipta. Jakarta. p. 78-86.
- Retno Adriyani. 2005. Kadar Pb udara, kadar Pb darah dan efeknya terhadap kesehatan pedagang kaki lima jalan Dharmawangsa di kota Surabaya. Tesis. Universitas Airlangga.
- Richard, B. 1995. Environmental hazards and human health. Lewis Publisher. p. 126
- Robbins et al. 1995. Buku Patologi I. Edisi 4. EGC Penerbit Buku Kedokteran. p. 304-305.
- Sacher, R.A and McPherson, R.A. 2002. Tinjauan klinis hasil pemeriksaan laboratorium. Edisi 11. Alih bahasa : Brahm U.P dan Dewi W. EGC Penerbit buku kedokteran. Jakarta. p. 21 - 41
- Sadikin, M. 2002. Biokimia Darah. Widya Medika. Jakarta. p. 12-24

- Saryan LA, Zenz C. 1994. Lead and its compounds. In: Occupational Medicine. Edisi 3. New York. p. 506-539.
- Sastroasmoro S, Sofyan. 2002. Dasar-dasar Metodologi Penelitian Klinis. Edisi 2. CV Sagung Seto. Jakarta. p. 79-285
- Sherwood, L. 2001. Fisiologi Manusia Dari Sel ke Sistem. Edisi 2. Alih bahasa Brahm, U. EGC Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta. p. 89
- Siswanto, 1991. A. Toksikologi industri. Balai Hiperkes & Keselamatan Kerja. Depnaker Jatim.
- Sugiyono. 2003. Statistika untuk Penelitian. CV Alfabeta. Bandung.
- Suhartono, Rahfiludin MZ, Kurniawan B, Feriyandi. 2002. Pengaruh pencemaran udara terhadap kesehatan reproduksi wanita (Studi pada tenaga kerja wanita di kota Semarang). Laporan Hasil Penelitian. Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro.
- Sujono J. 1995. Deteksi dini penyakit akibat kerja. World Health Organization. p.86-95.
- Supariasa, dkk. 2002. Penilaian Status Gizi. EGC Penerbit Buku kedokteran. Jakarta. p. 59-61.
- Sylvia, A.P. Lorraine, M.W. 1995. Patofisiologi konsep klinis proses-proses penyakit. Edisi 4. EGC Penerbit buku kedokteran. Diterjemahkan oleh Peter Anugerah. Jakarta. p. 223 – 230.
- Widmann, FK. 1995. Tinjauan klinis atas hasil pemeriksaan laboratorium. Edisi 9. Diterjemahkan oleh Kresno SB dkk. Bagian Patologi Klinik FKUI/RSCM. EGC Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta.
- World Health Organization. 1995. Environmental Health Criteria 165 Inorganic lead. Geneva: The United Nation Environment Programme, The International Labour Organization and World Health Organization. Finlandia.