

**HUBUNGAN PEMAPARAN PARTIKEL TIMAH HITAM (Pb)
UDARA dengan Pb DARAH dan KADAR HAEMOGLOBIN
(Hb) pada PEKERJA INDUSTRI PELEBURAN
TIMAH HITAM**



TESIS
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana S2
Program studi

Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat
Konsentrasi Kesehatan Lingkungan

Oleh
LAILA FAIZAH
NIM E4A 000024

PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2002

PENGESAHAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa Tesis yang berjudul :

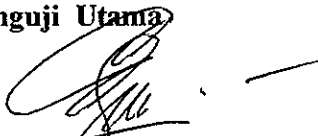
**HUBUNGAN PEMAPARAN PARTIKEL TIMAH HITAM (Pb) UDARA
DENGAN Pb DARAH DAN KADAR HAEMOGLOBIN (Hb) PADA
PEKERJA INDUSTRI PELEBURAN TIMAH HITAM**

dipersiapkan dan disusun oleh
LAILA FAIZAH
NIM E 4 A 00024

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji tanggal 30 Desember 2002
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima.

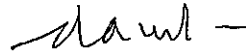
Oleh :

Penguji Utama



dr. Luthi Santosa M.Sc., DTM&H
NIP. 131 281 552

Penguji Pendamping



dr. Dharminto M.Kes
NIP. 131 832 244

Pembimbing Utama



dr. Onmy Setyani Ph.D.
NIP. 131 958 607

Pembimbing pendamping



dr. Ari Suwondo MPH
NIP. 131 610 342

Mengetahui
Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat
Program Pascasarjana
Universitas Diponegoro



dr. Sudiro MPH, DR.PH
NIP. 131 252 965

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan didalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu Perguruan Tinggi dan Lembaga Pendidikan lainnya.

Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penelitian maupun yang belum/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan dalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, 30 Desember 2002



**LAILA FAIZAH
NIM. E4A000024**

RIWAYAT HIDUP

NAMA : Ir. Laila Faizah
TEMPAT/TANGGAL LAHIR : Semarang, 26 Juli 1951
ALAMAT : Jl. Taman Borobudur Timur IX/16
Semarang. Telp. (024)7611840
PEKERJAAN : Staf Pengajar (Dosen) pada
Program Diploma Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro
ALAMAT KANTOR : Jl. Prof. Sudarto SH
(Jl. Pedalangan Tembalang) Semarang
Telp. (024) 7499459

RIWAYAT PENDIDIKAN

Th. 1963 Lulus S.D. Negeri Bangunharjo II Semarang
Th. 1966 Lulus S.M.P. Negeri I Semarang
Th. 1969 Lulus S.M.A. Negeri I Semarang
Th. 1979 Lulus Sarjana Teknik Kimia Universitas Diponegoro Semarang
Th. 2000 Kuliah pada program Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat
Konsentrasi Kesehatan Lingkungan
Universitas Diponegoro Semarang

RIWAYAT PEKERJAAN

Th. 1980 calon PNS sebagai Dosen P.A.T. Universitas Diponegoro
Th. 1981 PNS sebagai Dosen P.A.T. Universitas Diponegoro
Th. 1984 sebagai Dosen F.N.G.T. Universitas Diponegoro
Th. 1996 sebagai Dosen Program Diploma Fakultas Teknik Universitas
Diponegoro - hingga kini

MAGISTER ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
KONSENTRASI KESEHATAN LINGKUNGAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG, 2002

ABSTRAK

LAILA FAIZAH , HUBUNGAN PEMAPARAN PARTIKEL Pb UDARA DENGAN Pb DARAH DAN KADAR HAEMOGLOBIN (Hb) PADA PEKERJA INDUSTRI PELEBURAN TIMAH HITAM.

xiv + 104 halaman + 32 tabel + 8 lampiran.

Industri peleburan timah hitam(Pb) sangat potensial mencemari lingkungan kerja maupun sekitarnya akibat adanya debu Pb & SO₂ diudara yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Adanya keluhan dari warga (rasa tidak nyaman, "flek paru" dan pakaian yang dijemur berwarna hitam) bersumber pada keberadaan industri peleburan timah hitam tersebut, sehingga peneliti tertarik untuk mengetahui adakah hubungan pemaparan partikel Pb udara dan Pb darah dengan gangguan haemoglobin (Hb) pada pekerja industri tersebut.

Penelitian dilakukan di P.T. Jasa Timbal di jl. Industri III/48 – 49 Lingkungan Industri Kecil Bugangan Baru Semarang dengan karyawan sebagai responden sejumlah 32 orang (Total populasi) selama 6 bulan dengan pemeriksaan kadar Pb,Hb dalam darah dan wawancara sebagai data pendukung.

Penelitian ini merupakan penelitian survey observasional analitik dengan pendekatan cross sectional. Berdasarkan survey pendahuluan diketahui bahwa kadar Pb udara diatan N.A.B., sanitasi lingkungan tidak diperhatikan dan karyawan kurus serta pucat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada hubungan kadar Pb udara sebelum proses dengan kadar Pb dalam darah karyawan koefisien korelasi sebesar 0,368 dengan $p=0,038$ dengan peningkatan yang signifikan, juga kadar Pb udara dengan penurunan kadar Hb dalam darah dengan koefisien korelasi sebesar $-0,335$ dan $p=0,061$, jadi ada penurunan Hb yang signifikan.

Kepada peneliti berikutnya yang ingin mengkaji lebih dalam tentang paparan partikel Pb udara, Pb darah dan gangguan haemoglobin (Hb) dengan memperbaiki teknologi proses (pengolahan gas buang) agar pencemaran udara dapat dikendalikan atau meminimasi limbah timah hitam diruang kerja sehingga diharapkan para pekerja lebih tenang. Kesehatan pekerja diharapkan lebih diperhatikan dengan melakukan medical check up secara periodik.

Kepustakaan : 38 buku

Kata kunci : partikel Pb udara, Pb darah, kadar Hb, pekerja, industri peleburan timah hitam (Pb), Semarang, 2002

MASTER'S DEGREE OF PUBLIC HEALTH PROGRAM
CONCENTRATION OF ENVIRONMENTAL HEALTH
DIPONEGORO UNIVERSITY
SEMARANG, 2002

ABSTRACT

LAILA FAIZAH, RELATION BETWEEN AIR LEAD (Pb) PARTICLES CONCENTRATION WITH BLOOD LEAD (Pb) CONCENTRATION AND HAEMOGLOBIN LEVEL ON LEAD DISSOLUTION ON LEAD (Pb) DISSOLUTION INDUSTRY WORKERS

xiv + 104 pages + 32 tables + 8 Appendixes

Lead (Pb) dissolution industry is very potential to pollute surrounding environment. Pollution was caused by Pb and SO₂ dust content on air, which are very dangerous for human health. Supporting by complaint from citizen surrounding the lead dissolution industry (bad smell, out of breath, lungs spot, and dirty cloth when dried), this research was conducted to identify the relationship between air lead (Pb) particles with blood lead and haemoglobin level disorder on lead dissolution industry workers.

This research was conducted at PT Jasa Timbal in industry street Mini Industrial Estate Bugangan Baru Semarang subject, this research was 32 workers as total population with minimum work for 6 months. Independent variables was the concentration of air lead in the working environment and the dependent variables were the concentration of lead in blood and the level of haemoglobin workers.

This research is an analytical observational survey, with cross sectional approach. Based on former survey. It was identified that air lead level was more than standard limit value, environment sanitation was very bad and workers condition were in poor and thin condition

The results of this research show that there is a relationship between air lead before process with worker's blood lead level, with correlation coefficient value = 0,368 and $p = 0,038$ is significant. The results also show that there is relationship between air lead in process level with decreasing of blood haemoglobin level, with correlation coefficient value = - 0,335 and $p = 0,061$, which means there is significant Hb decreasing.

This research suggest to study more about air lead particles exposure, blood lead and haemoglobin by research with the improvement of technology process. By this design, that air pollution can be minimized, and development of lead level increasing, besides haemoglobin level decreasing can be measured continuously by periodical medical check up.

Key word : Air lead particles, haemoglobin level, workers, lead dissolution industry, Semarang, 2002

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan Kehadirat Allah S.W.T. yang telah melimpahkan Rakhmat dan HidayahNya serta kekuatan , sehingga penyusun dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka penyusunan Tesis dengan judul “ Hubungan kadar dan lama pemaparan partikel timah hitam (Pb) udara dengan Pb darah dan gangguan haemoglobin (Hb) pada pekerja industri peleburan timah hitam “.

Penelitian ini dilakukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat S2 pada konsentrasi Kesehatan Lingkungan Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Adapun penelitian dilakukan di P.T. Jasa Timbal , Jalan Industri III / D 48 – 49 Lingkungan Industri Kecil Bugangan Baru Semarang dimulai bulan Juli – Desember 2002 .

Pada kesempatan ini, penyusun tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Prof. DR. dr. Soeharyo H. Sp.PD (K) selaku Direktur Pasca Sarjana
2. dr.. Sudiro MPH, DR, PH selaku Ketua Program Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat
3. dr. Ludfi Santosa M.Sc., DTM&H selaku Penguji Utama
4. dr. Dharminto M.Kes selaku penguji pendamping
5. dr. Onny Setyani PhD selaku ketua konsentrasi dan pembimbing utama
6. dr. Ari Suwondo MPH selaku pembimbing pendamping
7. Bapak H.M. Muchsin selaku pimpinan P.T. Jasa Timbal di L.I.K. Semarang

8. Rekan-rekan dari Laboratorium Kesehatan Daerah serta Dinas Perindustrian dan perdagangan Jawa Tengah
9. Segenap keluarga yang telah mendukung demi keberhasilan studi
10. Rekan-Rekan dari Program Studi Diploma III Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
11. Rekan mahasiswa angkatan th.2000 dan th.2001 khususnya konsentrasi Kesehatan Lingkungan

Yang telah membantu demi terlaksananya penelitian ini serta mohon saran dan kritik atas kesempurnaan hasil penelitian ini.

Semarang , Desember 2002

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
Pengesahan Tesis	i
Lembar Pernyataan	ii
Riwayat hidup	iii
Abstrak	iv
Abstract	v
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	5
1.3. Tujuan dan Manfaat	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Proses pembuatan dan peleburan aki bekas	8
II.2. Proses terjadinya partikulat (partikel debu) Pb dan gas Sulfur dioksida	12
II.3. Pengolahan gas buang	12
II.4. Pengaruh gas SO ₂ dan partikel debu Pb terhadap kesehatan	13
II.5. Sumber dan kegunaan timah hitam / Pb	14
II.6 Penyerapan Pb melalui pernafasan	15
II.7. Keracunan oleh logam Pb	17

II.8. Mekanisme kerja (absorpsi, distribusi dan toksisitas)	
senyawa timah hitam / Pb dalam tubuh	18
II.9. Pembentukan dan gangguan haemoglobin (Hb)	20
II.10. Efek gangguan kesehatan akibat terpapar Pb	29
II.10.1. efek Pb terhadap sintesa haemoglobin	30
II.10.2. efek Pb terhadap sistem syaraf	32
II.10.3. efek Pb terhadap gastrointestinal	33
II.10.4. efek Pb terhadap sistem reproduksi/infertilitas	33
II.10.5. efek Pb terhadap sistem endokrin	34
II.10.6. efek Pb terhadap cardio vasculer	35
II.10.7. efek Pb sebagai karsinogen	35
II.10.8. efek Pb terhadap ginjal	35
II.11. Monitoring Pb dalam tubuh manusia	36
II.12. Hipotesa	37
II.13. Kerangka Teori	39

BAB III. METODE PENELITIAN

III.1. Jenis penelitian	40
III.2. Populasi dan Sampel	40
III.3. Waktu dan Tempat penelitian	40
III.4. Kerangka Konsep dan definisi operasional	41
III.5. Instrumen penelitian	43
III.6. Pelaksanaan penelitian	43
III.7. Cara pengumpulan data	44
III.8. Pengolahan data dan Analisa data	45
III.9. Pelaksanaan kegiatan	49

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
IV.1. Gambaran Umum Industri Kecil Peleburan Timah Hitam	50
IV.2. Hasil Penelitian	52
IV.3. Pembahasan	76
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	88
BAB VI. RINGKASAN	91
Daftar Pustaka	101
Lampiran	105

DAFTAR TABEL

	halaman
2 . 1 Karakteristik bahan baku Pb	11
2 . 2 Empat katagori Pb dalam darah orang dewasa	20
4 . 1 Distribusi responden menurut umur pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002	52
4 . 2 Distribusi responden menurut tingkat pendidikan pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002	52
4 . 3 Distribusi responden berdasarkan jenis kelamin dan penempatan tugas di P.T. Jasa Timbal tahun 2002	53
4 . 4 Distribusi responden menurut masa kerja pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002	55
4 . 5 Distribusi pembagian kelompok tugas responden pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002	55
4 . 6 Distribusi responden menurut gambaran darah tepi pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002	56
4 . 7 Distribusi responden menurut riwayat penyakit terdahulu pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002	57
4 . 8 Distribusi responden menurut keadaan rumah yang memenuhi syarat kesehatan pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002	58
4 . 9 Distribusi responden menurut kondisi rumah yang ditempat pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002	59
4 . 10 Distribusi responden menurut letak rumah pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002	59
4 . 11 Distribusi rersponden pada P.T. Jasa Timbal menurut jarak yang ditempuh dari rumah ketempat kerja tahun 2002	60
4 . 12 Distribusi responden P.T. Jasa Timbal yang menggunakan kendaraan menuju ke tempat kerja tahun 2002	60

4 . 13	Distribusi keluhan responden terhadap sanitasi lingkungan di P.T. Jasa Timbal tahun 2002	61
4 . 14	Distribusi tentang macam gangguan yang dirasakan responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002	62
4 . 15	Distribusi pemakaian Alat Pelindung Diri (A.P.D.) bagi responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002	63
4 . 16	Distribusi jenis Alat Pelindung Diri (A.P.D.) yang digunakan responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002	63
4 . 17	Distribusi responden menurut alasan tidak menggunakan A.P.D. pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002	64
4 . 18	Distribusi responden P.T. Jasa Timbal berdasarkan hasil pengukuran Pb darah tahun 2002	65
4 . 19	Distribusi responden P.T. Jasa Timbal berdasarkan hasil pengukuran kadar Hb dalam darah baik laki laki maupun wanita tahun 2002	65
4 . 20	Hasil pengukuran Pb Udara dari P.T. Jasa Timbal tahun 2002	66
4 . 21	Distribusi kadar Pb darah responden laki laki terhadap kadar Hb pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002	67
4 . 22	Distribusi lama pemaparan / masa kerja responden laki laki dan wanita terhadap kadar Pb dalam darah di P.T. Jasa Timbal tahun 2002	68
4 . 23	Distribusi kadar Pb dalam darah dengan bentuk eritrosit responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002	69
4 . 24	Distribusi lama pemaparan / masa kerja responden laki laki terhadap kadar Hb dalam darah pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002	70
4 . 25	Distribusi lama pemaparan / masa kerja responden wanita terhadap kadar Hb dalam darah pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002	71
4 . 26	Distribusi kadar Pb Udara sebelum proses responden P.T. Jasa Timbal tahun	71
4 . 27	Distribusi Pb udara saat proses terhadap Pb dalam darah responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002	72

4 . 28	Distribusi hubungan antara kadar Hb dalam darah responden laki laki dan wanita terhadap kadar Pb udara sebelum proses responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002	73
4 . 29	Koeffisien korelasi parsial antara variabel dependen (kadar Pb Udara sebelum proses, lama pemaparan) dengan variabel independen (kadar Pb dan Hb darah) P. T. Jasa Timbal tahun 2002	74
4 . 30	Koeffisien korelasi parsial antara variabel dependen (kadar Pb udara saat proses, lama pemaparan) dengan variabel independen (kadar Pb dan Hb darah) responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002	75

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1. Diagram Alir proses peleburan aki bekas	10
2.2. Struktur kimia Korporfirin dan Uroporfirin	28
4.3. Hubungan kadar Pb udara sebelum lama proses pemaparan terhadap kadar Pb darah	72
4.4. Hubungan kadar Pb udara sebelum lama proses pemaparan terhadap kadar Hb darah	73
4.5. Hubungan kadar Pb udara saat proses lama pemaparan terhadap kadar Pb darah	75
4.6. Hubungan kadar Pb udara saat proses lama pemaparan terhadap kadar Hb darah	76
4.7. Denah lokasi	88

BAB I PENDAHULUAN

I. 1. LATAR BELAKANG

Perkembangan industri di Indonesia saat ini sangat beragam, meliputi industri manufaktur, telekomunikasi, industri kimia dan agro industri baik yang berskala kecil, menengah maupun besar yang pada umumnya memberikan nilai tambah yang besar di beberapa sektor perekonomian, khususnya perekonomian nasional serta membuka lapangan pekerjaan. Biasanya industri kecil diarahkan untuk menunjang industri menengah dan besar termasuk juga industri kecil "Peleburan Timah Hitam (Pb)" dari pemanfaatan aki bekas, industri ini menunjang industri komponen kendaraan bermotor, permesinan dan percetakan. Seiring dengan pertumbuhan industri kecil, muncul berbagai masalah yang memerlukan perhatian dari segenap pihak, khususnya masalah peningkatan pencemaran dari limbah industri dan dampaknya terhadap pekerja dan masyarakat disekitarnya. Pada dasarnya masalah ini bersifat mengganggu sistem lingkungan secara keseluruhan terutama bila tidak dikelola secara terencana dan terintegrasi⁽¹⁾.

Industri peleburan timah hitam (Pb) ini sangat potensial mencemari lingkungan kerja dan lingkungan disekitarnya terutama pencemaran udara saat proses peleburan berlangsung dengan tersebarinya partikel debu yang berupa logam Pb dan uap sulfur dioksida (SO_2). Kedua parameter ini sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan hidup, hal ini disebabkan karena :

- a. Industri kecil tumbuhnya didekat pemukiman dan milik perorangan.

- b. Alat pengolah debu dan gas buangnya belum ditangani secara serius.
- c. Kurang pengetahuannya pengrajin tentang dampak yang sangat berbahaya bagi kesehatan akibat adanya pencemaran udara Pb. ⁽²⁾

Oleh karena itu dalam pembangunan industri, jauh sebelumnya harus sudah dipersiapkan langkah penanggulangan dampak negatif kemungkinan yang terjadi yaitu mengendalikan partikel Pb dan gas buang agar tidak mencemari lingkungan disekitarnya ⁽¹⁾ Menurut hasil penelitian Didik Harsono dkk, 1994 menyebutkan bahwa kadar emisi gas buang yang ditimbulkan oleh pencemaran industri peleburan timah hitam (Pb) di UD. Jaya Abadi kabupaten Tegal sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup no. 2 / Men.KLH / I / 88 tentang baku mutu udara emisi ternyata tiga parameter tersebut masih diatas N.A.B.

Dari hasil penelitian emisi cerobong yang dilakukan di 3 titik dan dirata rata ternyata parameter yang paling potensial adalah :

- Gas SO₂ konsentrasi rata-ratanya mencapai 0,8325 gr / Nm³ (N.A.B. yang disyaratkan adalah 0,3 gr/Nm³)
- Partikel debu konsentrasi rata ratanya mencapai 0,6312 gr / Nm³ (N.A.B. yang disyaratkan adalah 0,6 gr / Nm³).
- Timah hitam / Pb konsentrasi rata ratanya mencapai 0,0752 gr / Nm³ (N.A.B. yang disyaratkan adalah 0,04 gr / Nm³)

Gas buang (SO₂) didalam cerobong asap disebabkan karena pembakaran sel aki bekas dimana masih ada kandungan sulfat yang masih terikat pada sel aki sehingga setelah mengalami proses peleburan pada suhu > 300⁰C akan timbul gas SO₂. Hasil pengamatan terhadap lingkungan udara diluar pabrik (ambien) ditunjukkan bahwa semua parameter yang diamati dan konsentrasi diudara terukur dilokasi sebagaimana tersebut dibawah ini, diantaranya timah hitam (Pb) dengan

konsentrasi pada titik 1 adalah $0,0521 \text{ mg / m}^3$ dan konsentrasi pada titik 2 sebesar $0,0631 \text{ mg / m}^3$ udara (N.A.B. adalah $0,06 \text{ mg / m}^3$ udara).⁽³⁾

Tingginya konsentrasi partikel debu yang terlepas ke udara di titik 1 dan 2 disebabkan karena belum adanya pengolahan gas buang yang baik dari pengrajin, juga faktor lingkungan (dekat pemukiman) yang mendukungnya serta kecepatan angin sedang, walaupun kelembaban yang cukup tinggi yaitu antara 65% - 66%. Partikel debu tersebut ternyata masih mengandung logam Pb, dan setelah dilakukan analisa kandungan Pb di titik 2 melebihi N.A.B., dan di titik 1 dibawah N.A.B.

Pada pengukuran gas SO_2 , hasil analisa pada emisi melebihi N.A.B. tetapi pada analisa ambien kurang dari N.A.B., karena gas SO_2 diudara mengalami pengenceran dan sifat gasnya lebih ringan dibanding dengan partikel debu yang mengandung timah hitam (Pb). Adanya kondisi seperti diatas, daerah tersebut mengalami pencemaran udara Pb baik dilingkungan kerja maupun masyarakat sekitarnya, juga akibat adanya pencemaran udara Pb terlihat pada kondisi fisik para pekerja dan pemilik dimana mereka terlihat kurus, pucat. Demikian juga dengan keluhan warga disekitarnya, dimana keberadaan industri di Lingkungan Industri Kecil (L.I.K.) Bugangan Baru Semarang beberapa bulan yang lalu (bl. Oktober 1999) dikeluhkan oleh warga Perumahan Genuk Indah yang berada disebelah selatan L.I.K. dengan menulis surat ke Gubernur yang menyatakan keberatan dengan berdirinya industri peleburan timah hitam karena dianggap mengganggu kesehatan mereka, yaitu menimbulkan rasa yang tidak nyaman, mengalami sesak nafas, lesu, pucat, "flek paru", bau menyengat dan pakaian yang dijemur menjadi kehitam hitaman dan warga memohon agar ditinjau

kembali keberadaan industri tersebut serta mencari jalan keluar yang terbaik dan sampai saat ini belum ada perubahan yang berarti.

Hasil pengujian emisi cerobong pada industri peleburan timah hitam P.T. Jasa Timbal di Jl. Industri III / D 48 - 49 Semarang tanggal 1 Maret 2002 yang dilakukan Hiperkes menunjukkan bahwa kadar Pb adalah $2,274 \text{ mgr / m}^3$ dimana baku mutu adalah 12 mgr / m^3 ⁽⁴⁾. Dari pengujian diatas, bahwa sesuai Keputusan Gubernur Jawa Tengah No. 10 tahun 2000 tentang baku mutu Emisi sumber tidak bergerak untuk peleburan besi baja dan sejenisnya dapat disimpulkan bahwa parameter SO_2 , NO , Pb dan HCl berada dibawah baku mutu, hanya parameter debu yang kadarnya masih tinggi. Walaupun kadar Pb udara berada dibawah N.A.B., karena sifat toksiknya dianggap sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Pada pembahasan berikutnya disebutkan bahwa debu timah hitam (Pb) adalah logam berat yang bila terhirup melalui pernafasan dalam waktu tertentu masuk dalam peredaran darah (30 - 37 %), hal ini akan mempengaruhi kesehatan dan pada tingkat akut dapat menimbulkan gangguan haemoglobin (Hb), kerusakan jaringan syaraf di otak dan dapat menimbulkan kerusakan paru paru. Jadi meskipun kadar timah hitam (Pb) masih dibawah baku mutu tetap harus mendapat perhatian⁽³⁾.

Belum adanya informasi bagi para pengrajin tentang dampak pencemaran pada pekerja maupun lingkungan dan masyarakat disekitarnya, terutama mereka yang merasa tidak nyaman selama ini. Dengan demikian diharapkan peneliti memberikan perhatian tentang “Adakah hubungan kadar dan lama pemaparan partikel Pb udara dengan Pb darah dan kadar haemoglobin (Hb) bagi pekerja industri peleburan timah hitam (Pb) maupun masyarakat disekitarnya”

Adanya keluhan warga tentang pencemaran udara yang sangat

I.2. PERUMUSAN MASALAH

Beberapa masalah yang dihadapi industri kecil timah hitam (Pb) kecuali pada teknologi proses, maka yang perlu diperhatikan adalah

- mengganggu kenyamanan berupa bau yang menyengat, sesak nafas, pucat, “flek paru” dan debu berwarna hitam menempel dipakaian yang dijemur, bau tersebut sangat terasa dimalam hari.
- Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa banyaknya kadar debu total dan Pb melebihi Nilai Ambang Batas (N.A.B.)⁽²⁾
- Pada observasi awal dilapangan terlihat bahwa industri peleburan timah hitam (Pb) sangat tidak memenuhi syarat baik kesehatan lingkungan maupun kesehatan karyawannya dimana sanitasi lingkungan kurang diperhatikan, hal ini disebabkan karena keterbatasan pengetahuan (teknologi proses, pengendalian pencemaran dan dampak terhadap kesehatan).

Belum adanya informasi bagi para pengrajin tentang dampak pencemaran pada pekerja dan lingkungan masyarakat sekitarnya yang merasa tidak nyaman selama ini, perlu peneliti memberikan perhatian tentang “ Adakah hubungan kadar dan lama pemaparan partikel Pb udara dengan Pb darah dan kadar haemoglobin (Hb) bagi pekerja industri peleburan timah hitam (Pb) maupun masyarakat disekitarnya “.

I.3. TUJUAN DAN MANFAAT

I.3.1.a. TUJUAN UMUM :

Mengetahui hubungan kadar dan lama pemaparan partikel Pb udara dengan Pb darah dan kadar haemoglobin (Hb) pada pekerja industri peleburan timah hitam (Pb) di Lingkungan Industri Kecil Bugangan Baru Semarang .

I.3.1.b. TUJUAN KHUSUS :

1. Mengukur kadar partikel Pb udara yang dihasilkan dari proses peleburan
2. Menganalisa kadar partikel Pb udara yang dihasilkan dari proses peleburan Pb didalam industri
3. Mengukur kadar Pb dalam darah pekerja .
4. Mengukur kadar Hb dalam darah pekerja
5. Menganalisa hubungan kadar Pb udara dengan Pb dalam darah pekerja
6. Menganalisa hubungan lama pemaparan Pb udara dengan Pb darah pekerja
7. Menganalisa hubungan Pb darah pekerja dengan kadar haemoglobin (Hb) para pekerja

I.3.2. MANFAAT :

Bagi pengusaha

- meningkatkan pengetahuan tentang dampaknya terhadap kesehatan pekerja, sehingga kesehatan pekerja menjadi lebih diperhatikan.
- meningkatkan pengetahuan yang benar tentang teknologi proses peleburan Pb dan penanganan limbahnya sehingga diharapkan dapat memperbaiki sanitasi lingkungan yang sesuai persyaratan.

Bagi pekerja dan masyarakat sekitar

- sanitasi lingkungan yang memenuhi persyaratan (ada pengolahan gas buang dan minimasi limbah) sehingga para pekerja dapat bekerja lebih tenang demikian juga masyarakat disekitarnya bisa nyaman dan tidak terganggu kesehatannya
- Keberadaan industri akan diterima oleh lingkungan disekitarnya

Bagi peneliti maupun Perguruan Tinggi

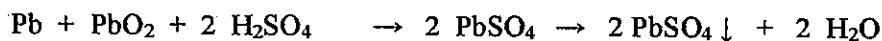
- Membantu meningkatkan pengetahuan pengusaha didalam mengelola industrinya menjadi industri yang ramah lingkungan dan diterima pekerja maupun masyarakat sekitarnya,
- Meningkatkan pengetahuan peneliti dan menambah masukan pengetahuan ke Perguruan Tinggi tentang hubungan pemaparan partikel Pb udara dengan Pb darah terhadap gangguan haemoglobin / Hb bagi pekerja maupun masyarakat disekitarnya, sehingga dengan adanya pengetahuan tersebut peneliti dapat **memasyarakatkan hasil penelitian ini** pada pengusaha yang lain dan para pengambil keputusan (instansi terkait) agar keberadaan industri peleburan timah hitam Pb dapat diterima masyarakat, mengingat industri tersebut masih dibutuhkan sebagai pendukung industri yang lain.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

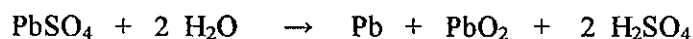
II.1.1. PROSES PEMBUATAN DAN PELEBURAN AKI BEKAS

Aki adalah suatu rangkaian alat untuk menyimpan arus listrik yang dalam pemakaian sehari-hari sebagai **power supply** pada mobil, sepeda motor, tv, radio dsbnya. Baterai penyimpanan sebuah automobil ini dapat di-cass ulang, sehingga dia dapat bertindak sebagai sel volta maupun sel elektrolisis. Baterai ini disusun dari lempeng timbal (Pb) mirip bunga karang dan timbal dioksida (PbO₂) secara selang seling yang disekat dengan serat kayu atau serat kaca dan dicelupkan pada larutan elektrolit yaitu larutan asam sulfat 30 %, sehingga didalam bejana tersebut terdapat 2 keping plat yang terbuat dari bahan timbal (Pb) bertindak sebagai anode yang bermuatan negatif (-) dan timbal dioksida (PbO₂) sebagai katode yang bermuatan positif (+).

Reaksi lengkap yang terjadi bila arus diambil dari baterai sbb : ⁽⁵⁾



Pada reaksi diatas terlihat, timbul endapan PbSO₄ yang menempel pada kedua elektrode tersebut dan asam sulfat yang digunakan semakin lama semakin encer karena terbentuk air (H₂O) sehingga arus listrik menurun dan lama kelamaan akan habis. Untuk mengaktifkan kembali perlu adanya **cass ulang** (pengaktifan kembali) dari aki tersebut yaitu terdiri dari pemaksaan elektron melewati baterai dengan arah kebalikan dari arah **cass**. Dalam proses elektrolisis ini semua perubahan kimia tersebut diatas dibalik. Timbal sulfat dan air diubah kembali menjadi timbal. Timbal dioksida dan asam sulfat, dimana reaksi sebagai berikut

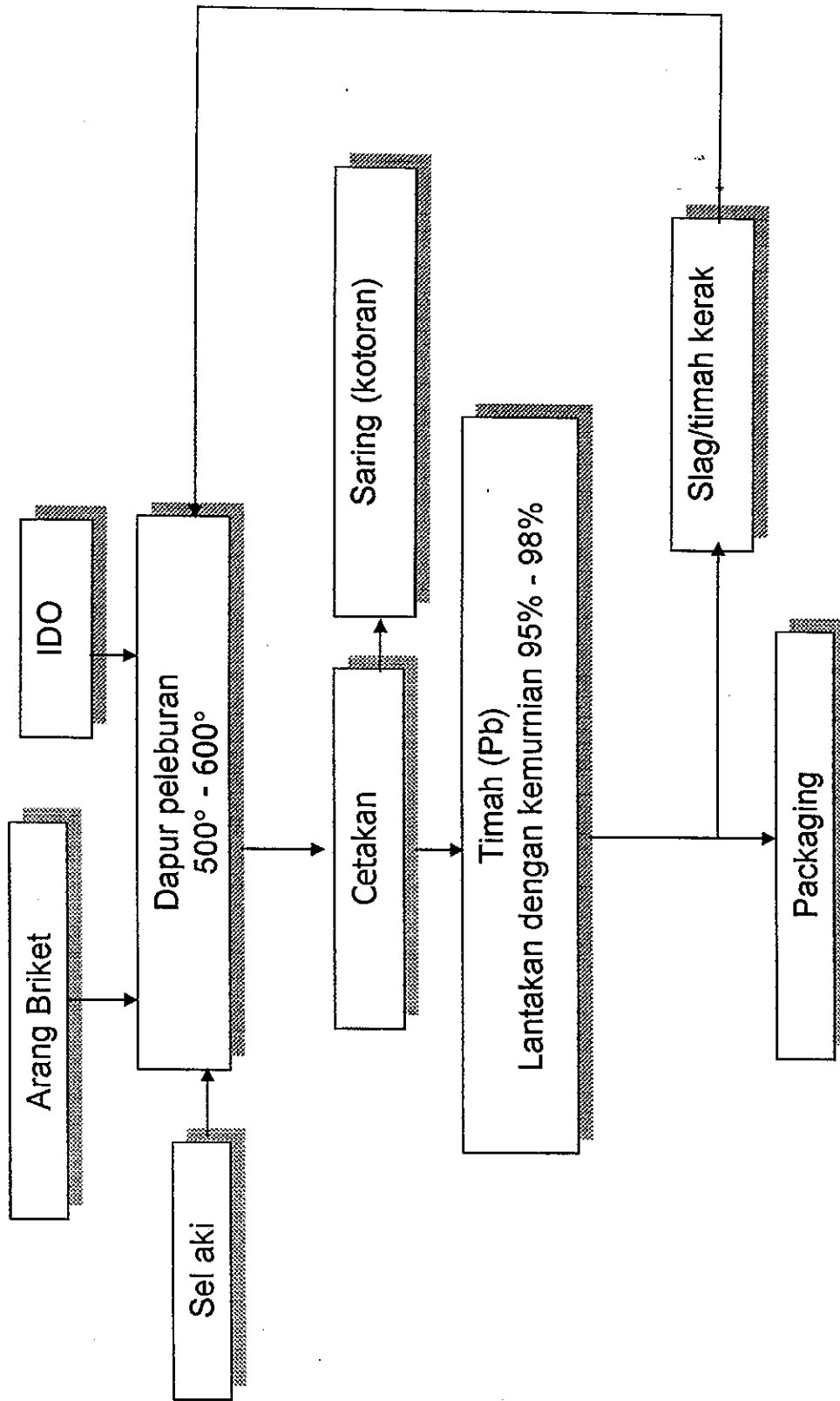


Bila di-cass penuh, sebuah sel tunggal baterai penyimpanan timbal mempunyai potensial sekitar 2,1 Volt, sehingga aki mobil dengan susunan 6 sel maka mempunyai potensial 12 volt. ⁽⁵⁾

Aki / baterai yang bila tidak diaktifkan kembali tidak mempunyai arus listrik dan menjadi “ aki bekas “ dengan komponen yang terjadi pada reaksi I yaitu Pb, PbO₂, H₂SO₄ dan PbSO₄ serta air. Aki bekas inilah yang akan diproses / dilebur menjadi Pb lempengan. Pada awalnya bahan baku sel aki bekas dipisahkan dari ebonitnya ditambah arang briket, plat seng kemudian diproses lebih lanjut dengan dimasukkan kedalam dapur peleburan, bersama dengan bahan bakar IDO yang disemburkan dengan bantuan pompa (*compressor*), dijaga suhunya antara 500⁰ - 600⁰C, mengingat timah hitam (Pb) meleleh pada suhu 327,43⁰C selama 5 - 6 jam ⁽⁶⁾.

Selang waktu 2 - 3 jam setelah peleburan hasil lelehan timah dituangkan dalam cetakan besi (sesuai permintaan konsumen) dimana sebelumnya kotoran timah diatasnya disaring terlebih dahulu, hal ini untuk menjaga kemurnian timah yang diharapkan mempunyai kemurnian 97 - 98 %, sedang sisa peleburan (*slag*) yang masih mengandung timah dipisahkan dan dilebur kembali ⁽²⁾.

Diagram alir proses peleburan timah hitam (Pb) secara skematis dapat digambarkan sbb : ⁽²⁾



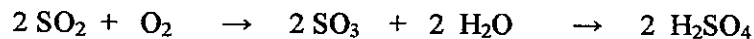
**Gambar 2.1. : DIAGRAM ALIR PROSES PELEBURAN
TIMAH HITAM**

Tabel 2.1. : Karakteristik bahan baku Pb

Sifat fisika dan kimia timah hitam (Pb) sbb : (6)	
• titik leleh 0°C	: 327,43
• titik didih 0°C	: 1740
• Spec. Grav. At 20°C	: 11,3437
• Tekanan uap, 981°C, In Hg	: 1,0
• Surface Tension, 350°C, dyne / cm ²	: 442
• Viskositas 441°C, cp	: 2,116
• Spec. Heat 0°C, cal / gr	: 0,0297
• Panas Latent, cal / gr	: 5,87
• Thermal Conductivity	: 203

II.2. Proses terjadinya partikulat (partikel debu) Pb dan sulfur dioksida

Didalam proses peleburan aki bekas untuk pengambilan timbal, ternyata dihasilkan pula gas yang cukup berbahaya dan partikel yang mengandung logam Pb dan SO₂ yang sangat rentan terhadap kehidupan makhluk hidup (manusia, hewan dan tumbuh²an) serta lingkungan yang dilaluinya. Gas sulfur dioksida (SO₂) merupakan gas yang tidak berwarna, berbau pada ambang 0,3 ppm dan sangat terasa pada 0,5 ppm. Kadar 0,25 ppm bila bercampur dalam 750 mg / m³ asap selama 24 jam akan dapat menimbulkan kematian.⁽⁷⁾ Di industri kecil biasanya pada saat proses tidak dilakukan cara pengolahan yang baik yang pada akhirnya gas buang SO₂ dan partikel Pb terlepas ke udara dan hanya dilewatkan melalui dapur peleburan sehingga gas buang tersebut mencemari udara dan pada kelembaban yang tinggi akan terjadi reaksi sbb : ⁽²⁾



II.3. Pengolahan gas buang

Gas buang yang dihasilkan dari peleburan timah hitam dengan memanfaatkan sel aki bekas terdiri dari campuran gas dan partikel halus , ini bila tidak dapat dikendalikan akan berakibat buruk dan mengganggu kesehatan .

Untuk mengendalikan gas buang ada beberapa cara , diantaranya :

- Perubahan atau pengendalian dari proses itu sendiri (*clean production*)
- Pengolahan gas buang dengan memisahkan partikel dan gasnya.

Pengaruh yang utama pada peristiwa absorpsi gas buang adalah efektifitas kelarutan yang ditimbulkan oleh kontak antara permukaan phase gas dan phase cairan penyerapnya. Gas yang diserap harus mempunyai sifat kelarutan yang baik dengan cairan penyerapnya. Sebagai cairan penyerap biasanya digunakan air

karena mempunyai sifat tidak korosif, mempunyai kelarutan dan penyerapan yang tinggi. ⁽⁸⁾

Ada kalanya kadar yang diserap cukup tinggi dan senyawa cukup berharga sehingga perlu diadakan " regenerasi " (pengolahan kembali sehingga gas tersebut dapat dimanfaatkan oleh industri) , tetapi untuk industri ini tidak dapat dilakukan karena kadar pencemarnya kecil serta kompleksnya susunan gas buang. ⁽⁹⁾

II.4. Pengaruh gas SO₂ dan partikel debu Pb terhadap kesehatan

Gas SO₂ merupakan gas yang tidak berwarna, berbau pada ambang batas 0,3 ppm dan sangat terasa pada 0,5 ppm, pada kadar 0,25 ppm bercampur dengan smoke 750 mg / m³ asap selama 24 jam akan menimbulkan kematian. ⁽⁷⁾

Peningkatan kematian sudah dimungkinkan pada konsentrasi 0,19 ppm dalam waktu 24 jam. Pada anak-anak akan menimbulkan penyakit gangguan pernafasan pada 0,046 ppm dalam suasana asap dengan konsentrasi 100µ gr asap untuk pajanan jangka lama ⁽⁷⁾

Pencemaran debu yang disebabkan proses pembakaran, pemecahan serta pengolahan aki biasanya tergantung dari sifat fisika, kimia dan fisiologisnya.

Pengaruh fisika debu terhadap kesehatan manusia :

- Partikel debu yang berukuran 1 - 3 µ (mikron), akan jatuh lebih dalam yaitu sampai ke alveoli yang gerakannya searah dengan jalannya suatu kecepatan yang konstan untuk jenis debu tertentu. Debu ini merupakan hambatan terhadap fungsi alveoli sebagai media pertukaran gas asam arang, dengan melekatnya debu pada alveoli akan memberikan gangguan terhadap kemampuan proses pertukaran gas.

- Partikel debu dengan ukuran 3 - 5 μ (mikron) , akan jatuh pada saluran pernafasan (broncheolus) dan dapat menimbulkan penyakit bronchitis, asthma dan allergis.
- Partikel dengan ukuran > 5 μ (mikron) , akan jatuh sejalan dengan kecepatan gravitasi dan jika terhirup melalui pernafasan biasa akan jatuh pada pada alat pernafasan bagian atas, partikel yang terserap ini akan dapat mengakibatkan gangguan terhadap iritasi alat pernafasan. (8)

II.5. SUMBER DAN KEGUNAAN TIMAH HITAM (Pb) DAN SENYAWA NYA.

Menurut Darmono , 1995 ⁽¹⁰⁾ dijelaskan bahwa timah hitam (Pb) terdapat pada batu batuan, tanah dan tumbuh tumbuhan dalam jumlah kecil. Bijih timah hitam yang terpenting adalah galena (PbS) yang biasanya ditemukan bersama sulfid perak, tembaga, arsen, antimon, bismut dan timah. Bijih timah hitam yang lain adalah serusit (PbCO₃) dan dan anglesit (PbSO₄). Timah hitam komersial dihasilkan melalui penambangan , peleburan , pengilangan dan pengolahan ulang sekunder.

Kegunaan timah hitam (Pb) ini diantaranya untuk pelindung kabel listrik, pembuatan pipa² , tanki dan genting atap , sambungan penyekat , pelapis logam yang mudah korosi, batterai penyimpan asam timbal (plat akumulator), industri cat dan amunisi. Tembikar berglasur timah hitam dan serpihan cat adalah sumber paparan dilingkungan rumah, juga T.E.L. (*tetra ethyl lead*) pada bahan bakar premium sebagai bahan aditif antiknock.

Menurut Juli Sumirat Slamet, 1995 ^(11) yang dimaksud Timah hitam / timbal / Pb adalah metal kehitaman yang banyak digunakan sebagai salah satu komposisi dari cat, baterai dan bensin.

Pb merupakan racun sistemik dan menimbulkan gejala : rasa logam dimulut, garis hitam pada gusi , gangguan gastro enteristis, anorexia , muntah muntah , kolik, encephalitis wrist drop, iritasi , perubahan kepribadian , kelumpuhan dan kebutaan.

Basophilic stippling dari sel darah merah merupakan gejala anemia dan albuminuria bagi keracunan Pb.⁽¹²⁾ Pb organik cenderung menyebabkan encephalopathy, pada keracunan akut terjadi gejala maningens dac cerebral diikuti dengan tremor, coma dan kematian. Tekanan liquor cerebro spinalis (LCS) tinggi, insomnia dan sonolence

II.6. PENYERAPAN Pb MELALUI PERNAFASAN

Penyerapan timah hitam (Pb) melalui pernafasan tergantung pada 3 proses, yaitu : *deposisi , mucocilliary clearance dan alveolar*⁽¹³⁾

Deposisi terjadi dalam *nasopharyngeal, trancheobronchial* dan volume spiratori. Deposisi dalam paru adalah maksimal 63 % pada ukuran sebuah partikel 1 μ dan minimal 39 % pada 0,1 μ m bagi orang yang sedang diam (volume pernafasan adalah 10 L/ min) *Forced respiration* memaksa deposisi paru. Partikel yang besar dideposisikan dalam bidang pernafasan lebih banyak dari partikel yang kecil.

Mucocilliary Clearance adalah sebuah kombinasi dari aliran membran selaput lendir dan aktivitas cilliari yang merupakan proses pemindahan partikel partikel yang ada di faring dan laring. Partikel yang besar akan dipindahkan secara lebih cepat dari pada yang kecil. Akhir poin dari *mucocilliary clearance* adalah gastrointestinal. Partikel yang sedang melalui proses tersebut diatas berlaku juga bagi Pb yang terhirup

Alveolar Clearance membutuhkan tempat pada 3 cara :

- a). Memindahkan pada *mucocilliary escalator*
- b). Berjalan melalui membran sampai pada *tisue pulmonary*
- c). Berjalan melalui *tisue pulmonary* sampai pada kelenjar limpa dan darah.

Phagocytosis oleh *alviolar macrophages* merupakan mekanisme penting bagi pemindahan partikel pada eskalator mukosilliar. ⁽¹³⁾

Senyawa Pb yang larut dalam jumlah yang terbatas akan terserap melalui paru, kemudian setelah berada dalam paru senyawa yang tidak begitu larutpun akan mengalami disolusi.

Perkiraan kasar prosentase Pb yang terhirup akan mencapai darah sekitar 30 % - 40% (rata rata 37 %) tergantung pada : ⁽¹⁴⁾

- ukuran partikel
- daya larut
- volume pernafasan
- variasi psikologis individu
- kondisi patologis yang mempengaruhi penyerapan paru .

Mucocilliary clearance pada perokok lebih lambat dari pada yang bukan perokok. Infeksi paru akut, bronchitis akut dan bronchitis kronis dapat menghambat aktivitas cilliary. Berbagai faktor yang mempengaruhi terhirupnya Pb dan masuk ke paru² tidak hanya secara teoritis tetapi kenyataannya perlu mendapat perhatian terhadap tingkat konsentrasi Pb diudara, sehingga dapat menekan Pb dalam darah pada pekerja yang tidak terlindungi ⁽¹⁴⁾.

Pajanan Pb pada pekerja terjadi melalui saluran nafas dari debu atau asap diudara yang berkadar Pb tinggi, menurut Majalah Kedokteran Indonesia , Vol.

51 No. 5 Mei tahun 2001⁽¹⁵⁾ tertera sebagai berikut : N.A.B. Pb diudara adalah Pb Organik (debu / fume) = 0,02 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ TWA

II.7. KERACUNAN OLEH LOGAM Pb

Keracunan yang ditimbulkan oleh persenyawaan logam Pb dapat terjadi karena masuk / tertelannya persenyawaan logam Pb kedalam tubuh melalui makanan dan minuman, udara, perembesan / penetrasi pada selaput atau lapisan kulit. Bentuk kimia dari senyawa Pb sangat berpengaruh pada tingkah laku Pb didalam tubuh. Senyawa Pb organik mudah larut dalam minyak dan lemak, diserap tubuh melalui selaput lendir / lapisan kulit dari pada senyawa Pb an organik, tetapi bukan berarti semua senyawa Pb mudah diserap tubuh, hanya 5 – 10 % jumlah Pb yang masuk melalui makanan / minuman atau 30 % jumlah Pb yang terhirup yang akan diserap tubuh. Dari jumlah yang terserap itu hanya 15 % yang akan mengendap pada jaringan tubuh, sedang sisanya dibuang melalui urine, feces dan keringat⁽¹⁴⁾

Sebagian Pb yang terhirup pada saat bernafas akan masuk kedalam pembuluh darah dan paru paru. Tingkat penyerapan itu sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel dari senyawa Pb yang ada dan volume udara yang mampu dihirup saat peristiwa bernafas berlangsung. *Makin kecil ukuran partikel debu dan makin besar volume udara yang mampu dihirup, maka makin besar konsentrasi Pb yang diserap oleh tubuh.*⁽⁸⁾ Logam Pb yang terhirup, masuk ke paru paru akan berikatan dengan darah paru paru serta diedarkan keseluruh jaringan dan organ tubuh, lebih dari 99 % logam Pb yang terserap oleh darah berikatan dengan sel sel darah merah (erythrocyt), dan sisanya 1% sebagai residu pada darah plasma.⁽¹⁶⁾ Umur kehidupan Pb dalam darah diperkirakan antara 28 – 36 hari dimana transpor Pb dalam darah dibagian yang lunak. Pb menghalangi kemampuan tubuh dalam

pembuatan Hb dengan gangguan seperti pembentukan δ - ALAD, ferrochelatase aktif dan pembentukan Heme.⁽³⁸⁾

Pada jaringan atau organ tubuh, logam Pb akan terakumulasi pada tulang, karena ion Pb^{2+} mampu menggantikan keberadaan ion Ca^{2+} yang terdapat dalam jaringan tulang. Pada wanita hamil logam Pb dapat melewati plasenta dan kemudian masuk dalam sistim peredaran darah janin serta dikeluarkan bersama ASI.⁽¹⁴⁾

Senyawa T.E.L. dapat menyebabkan keracunan akut pada sistim syaraf pusat, meskipun proses keracunan tersebut terjadi dalam jangka waktu yang lama dengan kecepatan penyerapan yang kecil. Meskipun jumlah Pb yang diserap oleh tubuh hanya sedikit, logam ini sangat berbahaya karena efek Pb memberikan racun terhadap fungsi organ dalam tubuh.⁽¹³⁾

II.8. MEKANISME KERJA (ABSORBSI, DISTRIBUSI DAN TOKSISITAS) SENYAWA TIMAH HITAM / Pb DIDALAM TUBUH

Timah hitam dan senyawanya masuk kedalam tubuh melalui **inhalasi, ingesti dan absorpsi melalui kulit**, terutama senyawa organik melalui kulit yang luka. Masukan Pb pada populasi umum diperkirakan antara 100 hingga 350 μg / hari, Walaupun sumber utama adalah makanan dan air, 20 μg mungkin diabsorpsi dari inhalasi uap Pb dan partikel polusi dari lingkungan. Bahaya kesehatan yang ditimbulkan Pb dalam udara berkaitan dengan ukuran partikelnya.

Partikel $< 10 \mu$ dapat tertahan di paru, sedang partikel yang lebih besar mengendap di saluran nafas bagian atas, diangkut melalui gerakan mukosiliar ke nasofaring dan ditelan. Rata rata 10% - 30% timah hitam yang terinhalasi diabsorpsi melalui paru paru dan sekitar 5 % - 10 % dari yang tertelan diabsorpsi melalui saluran cerna. Uap tetra etil lead diabsorpsi dengan baik melalui paru.⁽¹⁴⁾

Timah hitam / Pb yang diabsorpsi diangkut oleh darah ke organ lain. Sekitar 99 % Pb dalam darah diikat oleh sel darah merah (eritrosit) dan akan menghambat pembentukan haemoglobin / Hb. Sehingga seseorang yang mengabsorpsi Pb dari udara, kandungan Pb dalam darah akan meningkat dan ini akan mengganggu pembentukan haemoglobin / Hb sehingga Hb akan menurun. Selain itu Pb plasma dapat berdifusi dan diperkirakan dalam kesetimbangan dengan Pb pada organ yang lain, diantaranya pada jaringan keras (tulang, rambut, kuku dan gigi) dan jaringan lunak (sumsum tulang, sistim syaraf, ginjal dan hati) dan hanya Pb dalam jaringan lunak saja yang toksik secara langsung. Pb pada jaringan keras tetap terikat erat pada jaringan dan hanya toksik jika pool tersebut bertindak sebagai sumber Pb jaringan lunak. Karena adanya distribusi Pb antara jaringan keras dan lunak, maka waktu paruh biologis Pb sulit ditetapkan. Akan tetapi tidak ada keraguan bahwa pembersihan separuh beban Pb tubuh memerlukan waktu bertahun tahun ⁽¹⁴⁾

Untuk dapat melakukan evaluasi terhadap keracunan logam Pb perlu diketahui batas normal dari konsentrasi kandungan Pb dalam jaringan dan cairan tubuh. Dari beberapa penelitian yang dilakukan di Amerika Serikat disimpulkan bahwa pemasukan Pb sehari kedalam tubuh dan digolongkan pada tingkat keterpaparan normal adalah dalam kisaran 330 µg perhari dengan tingkatan variasi 100 µg sampai 2000 µg.

Variasi perbedaan kandungan Pb dalam darah disebabkan oleh faktor lingkungan dan geografis ⁽²¹⁾

Dapat diketahui bahwa bila manusia terpapar oleh Pb dalam batasan normal maka daya racun yang dimiliki Pb tidak akan bekerja dan tidak menimbulkan pengaruh

apa apa, tetapi bila jumlah yang diserap telah mencapai batas ambang atau melebihi batas ambang maka individu yang terpapar akan memperlihatkan gejala keracunan Pb.

Dibawah ini disebutkan ada 4 katagori Pb dalam darah orang dewasa :

Tabel 2.2 : Empat katagori Pb dalam darah orang dewasa

Katagori	$\mu\text{g Pb} / 100 \text{ ml darah}$	Deskripsi
A (normal)	< 40	Tidak terkena paparan atau normal
B (dapat ditoleransi)	40 - 80	Pertambahan penyerapan dari keadaan terpapar tetapi masih bisa ditoleransi
C (berlebih)	80 - 120	Kenaikan penyerapan dari paparan berkebih (tanda keracunan)
D (tingkat bahaya)	> 120	Penyerapan mencapai tingkat bahaya dengan tanda keracunan ringan sampai berat

Pada kenyataannya umur dan jenis kelamin ikut mempengaruhi kandungan Pb dalam jaringan tubuh seseorang. Semakin tua umur seseorang akan semakin tinggi pula konsentrasi Pb yang terakumulasi pada jaringan tubuhnya.

Jenis jaringan juga ikut mempengaruhi kadar Pb yang terkandung, misalnya pada jaringan otak kadar Pb tidak sama dengan kadar Pb yang terdapat pada paru paru ataupun ginjal. ⁽²¹⁾

II.9. PEMBENTUKAN DAN GANGGUAN HAEMOGLOBIN (Hb)

Darah terdiri dari elemen padat (sel darah merah, sel darah putih dan trombosit) dan elemen cair (plasma) yang beredar dalam sistim pembuluh darah

yang sebenarnya tertutup dan merupakan suspensi dari partikel dalam larutan koloid yang mengandung elektrolit serta memiliki sifat protektif terhadap darah sendiri ataupun organisme sebagai suatu keseluruhan. ⁽¹⁷⁾

Fungsi darah :

- Respirasi : Transport oksigen (O₂) dari paru ke jaringan dan CO₂ dari jaringan ke paru
- Gizi : Transport zat makanan yang diabsorpsi
- Ekskresi : Transport sisa-sisa metabolisme ke ginjal, paru-paru, kulit dan usus untuk dibuang
- Mempertahankan keseimbangan asam basa normal dalam tubuh.
- Pengaturan keseimbangan air melalui pengaruh darah terhadap pertukaran air antara cairan yang beredar dengan cairan jaringan.
- Pengaturan suhu tubuh oleh distribusi panas tubuh
- Pertahanan terhadap infeksi dalam sel darah putih dan antibodi yang beredar.
- Transport hormon dan metabolit , pengaturan metabolisme⁽¹⁸⁾

Komponen cair darah (plasma) terdiri dari :

- 91 - 92 % air sebagai medium transpor
- 7 - 9 % zat padat , diantaranya protein, unsur anorganik dan unsur organik.

Ada 3 macam serum darah (plasma yang sudah dihilangkan dari fibrinogen dan faktor pembekuan) yaitu

- *Albumin* , dibentuk didalam hati dengan jumlah 53 % dari jumlah serum protein dan berperan untuk mempertahankan volume darah dengan menjaga tekanan osmotik koloid, PH dan keseimbangan

elektrolit serta transpor ion logam, asam lemak, steroid, hormon dan obat-obatan .

- *Globulin* , jumlah 43 % jumlah serum, dibentuk pada hati dan jaringan limfoid, berperan dalam pembentukan antibodi serta protrombin
- *Fibrinogen* , jumlah 4 % dari jumlah serum, untuk pembekuan darah. ⁽¹⁷⁾

Proses pembentukan dan pematangan darah (*Haemopoesis*) adalah pembentukan optimal yang konstan untuk mempertahankan jumlah yang diperlukan dan memenuhi kebutuhan jaringan , serta dibuat didalam sumsum tulang belakang. ⁽¹⁸⁾

II.9.1. PEMBENTUKAN HAEMOGLOBIN (Hb)

Ciri sel darah merah yang normal merupakan cakram bikonkaf yang mempunyai garis tengah 8μ , tebal 2μ (pinggir), tebal tengah 1μ dan dapat berubah sewaktu sel melalui kapiler. Selnya sangat elastis dan mempunyai membran sel yang sangat berlebihan bagi jumlah zat yang terdapat didalamnya⁽¹⁹⁾

Pigmen merah eritrosit adalah protein terkonjugasi haemoglobin, konsentrasi haemoglobin orang dewasa adalah 14 - 16 gr / dl semuanya terdapat pada eritrosit. Diperkirakan bahwa terdapat kira kira 750 gr haemoglobin dalam seluruh darah yang beredar pada manusia dengan berat badan 70 kg serta 6,25 gr (90 mg / kg) dibentuk dan dipecah setiap hari.

Jumlah sel darah merah normal pada orang laki laki sebesar 5.200.000/mm³ dan orang wanita 4.700.000 / mm³. Bila hematokrit (% darah yang berupa sel darah merah) 40 % - 45 % dan jumlah Hb 15 gr / dl, maka tiap gram Hb mampu mengikat 1,39 ml O₂. Asam encer dapat dengan mudah memecahkan haemoglobin menjadi protein globulin dan gugus prostetik hem (hematin), hidroklorida dari hem dapat dengan mudah dibuat dalam bentuk kristal. Yang dimaksud dengan hem adalah protein besi dan pembentukan profirin seperti hem akan dibicarakan dibawah ini. ⁽²⁰⁾

Pada sintesa hem (pembentukan hem) menyangkut penggabungan besi ferro kedalam protopofirin pada reaksi yang dikatalisa oleh hem sintetase atau ferro kelatase . Reaksi ini mudah terjadi tanpa adanya enzim, tetapi lebih cepat dengan adanya sediaan jaringan, mungkin jaringan mengandung enzim yang aktif dalam mengkatalisa pelekatan besi itu. Biosintesa hem berlangsung pada sebagian besar jaringan mamalia kecuali eritrosit dewasa yang tidak mengandung mitikondria. ⁽²²⁾

II.9.2. GANGGUAN HAEMOGLOBIN (Hb)

Tidak selamanya sistim pembentukan darah dalam keadaan normal. Kadang mengalami perubahan patofisiologis dari semua sistim organ sehingga dapat menimbulkan manifestasi klinik yang luas , diantaranya porfiria, anaemia

a) **ANAEMIA** adalah pengurangan jumlah sel darah merah, berkurangnya kuantitas Hb dan volume pada sel darah merah (hematokrit) per 100 ml darah yang disebabkan karena kehilangan sel darah merah yang terlalu banyak atau lambatnya pembentukan sel darah merah. ⁽²⁰⁾

Anaemia dapat diklasifikasi menurut **morfologi dan etiologi eritrosit** , sebagai berikut⁽²¹⁾ :

1. Anaemia normositik normokromik , penyebab :

- kehilangan darah akut
- infeksi
- gagal sumsum tulang
- hipoplasia sumsum tulang
- gangguan endokrin
- gangguan hemolitik
- pregnancy, overhydration
- infiltrasi metastatik s.t

2. Anaemia makrositik normokromik

a. Megaloblastik, diakibatkan oleh :

- terhentinya sintesa asam nukleat DNA , defisiensi as. Folat , vit B₁₂
- obat kemoterapi pada kanker

b. Non megaloblastik , respon terhadap perdarahan, peny. hati, miksoderma

3. Anemia Mikrositik Normokrom , misal peny. Inflamasi, neoplastik

4. Anaemia mikrositik hipokrom , misal anaemia defisiensi Fe, sideroblastik, talesemia.

Anaemia menurut etiologinya : ⁽²¹⁾

1. Kehilangan darah , akibat trauma (akut) , hemoroid , polip pada kolon dll

2. Destruksi eritrosit yang berlebihan (haemolitik)

a. faktor ekstrakorpuler

1. antibodi (isoimun) , transfusi darah yang tidak cocok

(autoimun) timbul tanpa sebab

2. infeksi : malaria

3. penghancuran eritrosit oleh limpa, hipersplenia

4. obat-obatan, misal luka bakar terutama jika kapiler pecah

5. trauma terhadap eritrosit

b. faktor intrakorpuler

1. herediter
 - a. megalobinopati , misal penyakit sel sabit
 - b. gangguan sintesis globin , misal talesemia
 - c. gangguan membran eritrosit, misal sferositosis herediter
 - d. defesiensi enzim , misal defesiensi G6PD
2. Akuisita
 - a. paroxymal haemoglobinuria
 - b. intoksikasi Pb
3. Pembentukan sel darah merah yang kurang/terganggu (dis eritropoesis) dan mempengaruhi sumsum tulang
 - a. keganasan yang menyebar (payudara , leukemia, radiasi dll)
 - b. penyakit menahun (kronis), ginjal , hati, penyakit infeksi, defesiensi endokrin, defesiensi vitamin (B₁₂ , as. Folat , C , Fe)

b) PORFIRIA Porfirin adalah senyawa siklis yang dibentuk oleh gabungan 4 cincin pirol melalui jembatan metenil. Sifat khas dari porfirin adalah membentuk kompleks dengan ion logam yang terikat pada atom nitrogen cincin pirol.

Contoh : - porfirin besi seperti hem pada haemoglobin

- porfirin khlorophil yang mengandung Mg
- pigmen fotosintesis pada tumbuh tumbuhan.

Dialam, metaloporfirin terkonjugasi pada protein untuk membentuk sejumlah senyawa dalam proses biologi, diantaranya adalah ⁽¹⁸⁾

- HAEMOGLOBIN

Hb adalah porfirin besi yang terikat pada protein dan globin. Protein terkonjugasi ini mampu berikatan secara reversibel dengan oksigen dan bertindak sebagai mekanisme transpor oksigen dalam darah. Hb mempunyai B.M. sebesar 64,50 . Molekul Hb adalah tetramer berisi 4 gram atom besi (4 sub unit) per mol dalam keadaan Ferro (Fe^{2+}). Tiap mol sub unit Hb mengandung 12 mol hem dan 1 gram atom Ferro. ⁽¹⁸⁾ Sifat Hb yang paling khas adalah kemampuannya untuk mengangkut oksigen membentuk oksihemoglobin, penggabungan ini berlangsung dengan meningkatkan tekanan oksigen. Pengaruh CO_2 terhadap penggabungan oksigen dengan Hb disebabkan oleh perubahan PH pada medium disektor sel darah merah

Proses pembentukan Hb terjadi pada sumsum tulang melalui semua stadium pematangan dimana sel darah merah memasuki sirkulasi sebagai retikulosit dari sumsum tulang., sejumlah kecil Hb masih dihasilkan selama 24 – 48 jam pematangan, retikulum larut dan menjadi sel darah merah matang. ⁽²⁰⁾

Waktu sel darah merah menua, sel ini menjadi lebih halus dan rapuh, akhirnya pecah dimana

$$\text{Haemoglobin} \rightarrow \text{hem} + \text{globin}$$

Besi dibebaskan dari hem dan sebagian besar diangkut oleh protein plasme transferin ke sumber tulang untuk membentuk sel darah merah yang baru.

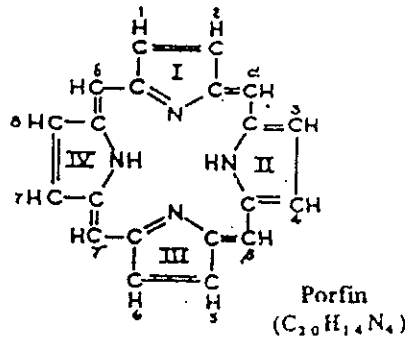
Sisa besi disimpan didalam tubuh dan jaringan lain dalam bentuk feritin dan haemosiderin ⁽²¹⁾

Kelainan pembentukan sel darah merah adalah :

- Anaemia (jumlah sel darah merah kurang), kebalikannya
- Polisetemia (jumlah sel darah merah meningkat / berlebih) ⁽¹⁸⁾

Struktur Porphirin

Porphirin yang ditemukan di alam adalah senyawa dimana berbagai rantai samping diganti 8 atom H yang diberi nomer pada inti porfirin (lihat rumus dibawah ini) :



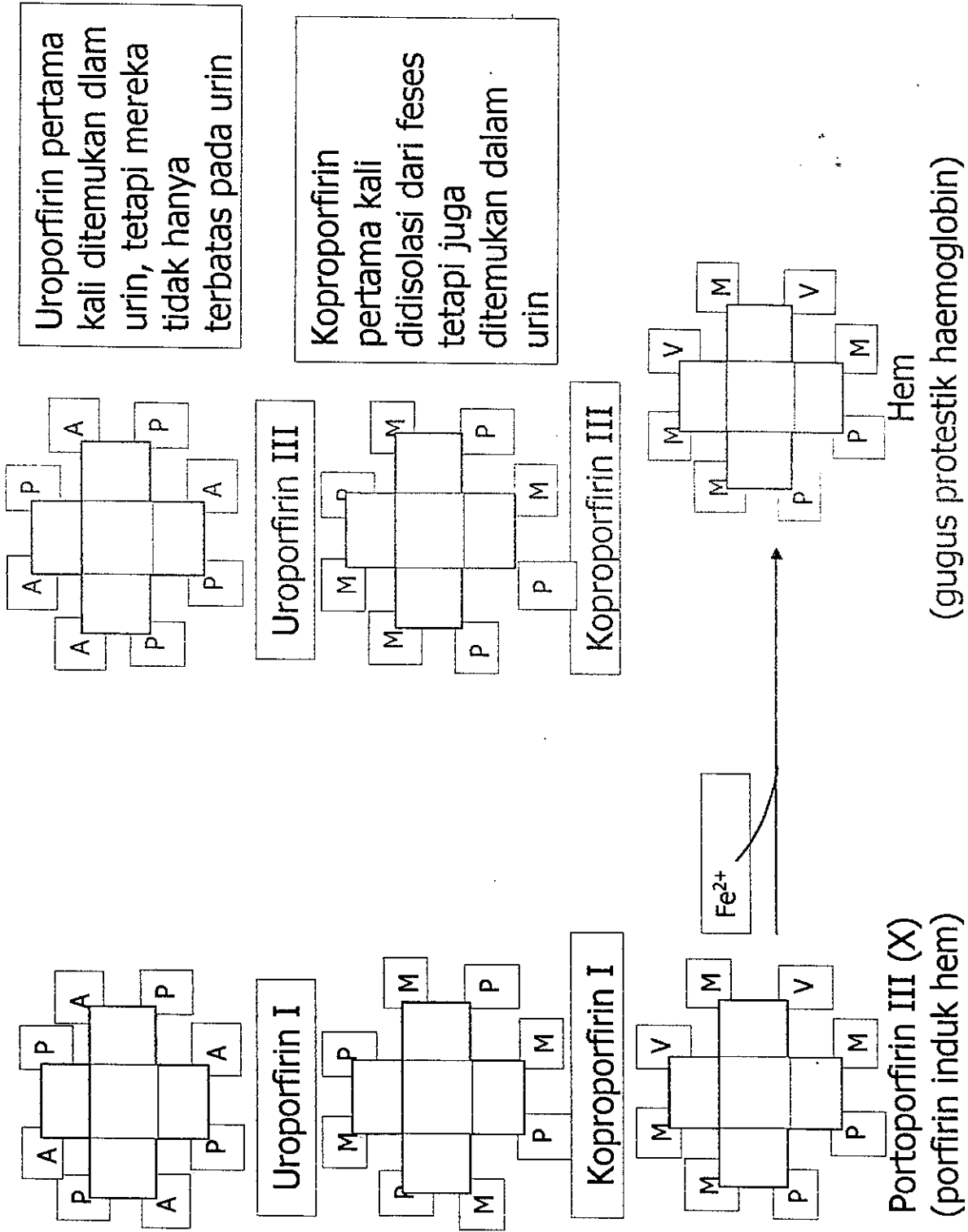
Untuk memperlihatkan substitusi ini, Fischer memperkenalkan rumus yang singkat dimana jembatan metenil dihilangkan dan tiap cincin pirol diperlihatkan sebagai tanda kurung dengan 8 posisi substituen yang dinamakan Uroporphirin

Adapun struktur kimianya dapat dilihat dibawah ini :⁽¹⁸⁾

(lihat pada halaman berikutnya) dan penjelasan gambar dibawah ini :

A = asetil, P = propyl, M = metil dan V = Vynil⁽¹⁸⁾

Uroporphinogen III dapat diubah menjadi koproporphinogen III oleh dikarboksilasi semua gugus asetat (A) dan mengubah menjadi gugus metil (M) Reaksi dikatalisa oleh uroporphirinogen dekarboksilase, yang juga mampu mengubah uroporphirinogen I menjadi koproporphirinogen I dan seterusnya



Gambar 2.2. : Uroporphirin dan koproporphirin

Test untuk porfirin

Adanya kopropofirin atau uropofirin mempunyai kepentingan klinik karena 2 jenis senyawaan ini diekskresi dalam jumlah yang meningkat pada profiria. Kopropofirin I dan III larut dalam campuran asam asetat glasial dan eter, dapat diekstraksi oleh asam klorida, sebaliknya uropofirin tidak larut dalam campuran asam asetat dan eter tetapi larut sebagian dalam etil asetat, dapat diekstraksi oleh asam klorida. Dalam larutan CHI penyinaran ultra-violet memberikan fluoresensi merah yang khas. Selanjutnya dapat dipakai spektrofotometer untuk memperlihatkan pita-pita absorpsi yang khas. ⁽¹⁷⁾

Pada orang-orang sehat jumlah total kopropofirin dalam urin berkisar sekitar 67 μ gr / 24 jam dimana sejumlah 14 μ gr / 24 jam adalah isomer type I dan 53 μ gr / 24 j merupakan isomer type III. Perubahan pada ratio normal dari type I dan type III korpofirin yang diekskresi berguna untuk menemukan berbagai penyakit hati. ⁽¹⁸⁾

II.10. EFEK GANGGUAN KESEHATAN AKIBAT TERPAPAR Pb

Dampak negatif pencemaran Pb diudara, menurut penelitian yang dimuat di artikel ELAW Indonesia Page menyebutkan bahwa penyebab potensial terhadap peningkatan akumulasi kandungan Pb dalam darah terutama pada anak-anak. Akumulasi Pb dalam darah yang relatif tinggi akan menyebabkan sindrom saluran pencernaan, kesadaran (cognitive effect), anaemia, kerusakan ginjal, hipertensi, neuromuscular dan konsekuensi patofisiologis serta kerusakan syaraf pusat juga perubahan tingkah laku. Pada kondisi lain, akumulasi dalam darah ini juga menyebabkan gangguan fertilitas, keguguran janin pada wanita hamil, serta menurunkan tingkat kecerdasan (IQ) pada anak. Penyerapan timah hitam / Pb

secara terus menerus melalui pernafasan dapat berpengaruh pula pada sistim haemopoitik. ⁽¹³⁾

II.10.1 EFEK Pb pada SINTESA HAEMOGLOBIN

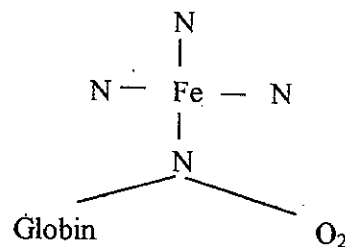
Anaemia merupakan sebuah penemuan yang menonjol dalam keracunan timah hitam / Pb dan biasanya terjadi pada orang dewasa secara lambat atau sedang (8 g – 12 g / 100 ml) dan kadang kadang juga terjadi pada anak anak. Permulaan terjadinya keracunan , khususnya pada anak anak disebut microcytic dan hypochromic, tetapi dalam tahap kronis anaemia sering menjadi normachromic dan normacytic ⁽²²⁾

Sel sel darah merah merupakan suatu bentuk kompleks khelat yang dibentuk oleh logam Fe (besi) dengan gugus *haeme* dan *globin*. Sintesa dari kompleks tersebut melibatkan 2 macam enzim yaitu enzim ALAD (Amino Levulinic Acid Dehidrase) atau asam amino levulinat dehidrase dan enzim ferrokhelatase. ⁽⁶⁾

Enzim ALAD adalah enzim sitoplasma. Enzim ini akan bereaksi secara aktif pada tahap awal sintesa dan selama sirkulasi sel darah merah berlangsung. Adapun enzim ferrokhelatase termasuk pada golongan enzim mitokondria. Enzim ini akan berfungsi aktif pada akhir proses sintesa yaitu mengkatalisasi pembentukan kompleks khelat haemoglobin.

Sintesa haemoglobin dapat diawali dari peristiwa beraksinya succinyl co – A dengan glycin yang akan membentuk senyawa ALA (d amino levulinic Acid) atau asam amino levulinat yang dikatalisasi oleh ALA sintese. Selanjutnya ALA mengalami dehidrasi menjadi porphobilinogen oleh enzim ALAD (ALA dehidratase).⁽²³⁾ Setelah melewati beberapa tahapan reaksi, senyawa porphobilinogen tersebut mengalami perubahan bentuk lagi menjadi

protoporphyrin – IX yang selanjutnya diubah menjadi **Haeme**.⁽²³⁾ Skema dari struktur haemoglobin dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Haeme akan bereaksi dengan globin dan ion logam Fe^{2+} dan dengan bantuan enzim ferrokelatase akan membentuk **khelat haemoglobin**.⁽²³⁾

Senyawa Pb yang terdapat dalam tubuh akan mengikat gugus aktif dari enzim ALAD, ikatan yang terbentuk antara logam Pb dengan gugus ALAD tersebut akan mengakibatkan pembentukan “ intermediate porphobilinogen “ dan kelanjutan dari proses ini tidak dapat berlanjut (terputus).⁽²³⁾

Keracunan yang terjadi sebagai akibat kontaminasi dari logam Pb dapat menimbulkan hal hal sbb :

- Meningkatkan kadar ALA dalam darah dan urine
- Meningkatkan kadar protoporphirin dalam sel darah merah
- Memperpendek umur sel darah merah
- Menurunkan sel darah merah
- Menurunkan kadar retikulosit (sel darah merah yang masih muda)
- Meningkatkan kandungan logam Fe dalam plasma darah

Timah hitam / Pb menghambat aktivitas enzim d – amino levulinat dehidrase (ALAD) dalam eritoblas sumsum tulang dan eritrosit. Hal ini mengakibatkan peningkatan kadar d – ALA dalam serum dan kemih. Kelompok ribosom dapat dilihat pada sel berbintik basofilik sebagai basofil pungtata

meskipun tidak ada anaemia. Kadar ALAD yang tinggi dapat menimbulkan aksi neurotoksik. ⁽²³⁾

Manfaat uji hematologis

Skrining pada pekerja terhadap tanda-tanda dini anaemia cukup dengan pengukuran kadar Hb saja. Kalau hasilnya diluar batas normal, dilanjutkan pemeriksaan hematologis lengkap (hitung darah, apus darah).

Kerja yang melibatkan paparan terhadap agen-agen yang diketahui mempengaruhi jaringan darah, pemeriksaan sebelum penempatan hendaknya melihat kadar Hb dan hitung darah lengkap, hendaknya diulang dalam jarak waktu tergantung pada konsentrasi dan bahayanya paparan. ⁽¹⁴⁾

II.10.2. EFEK Pb pada SISTEM SYARAF

Diantara semua sistem pada organ tubuh, *sistem syaraf* merupakan sistem yang paling sensitif terhadap daya racun Pb, pengamatan yang dilakukan pada pekerja tambang dan pengolahan logam Pb menunjukkan bahwa pengaruh dari keracunan Pb dapat menimbulkan kerusakan pada otak. Penyakit yang berhubungan dengan otak sebagai akibat keracunan Pb adalah epilepsi, halusinasi, kerusakan pada otak besar (encefalopati) dan delirium atau sejenis penyakit gula. ⁽⁴⁾

Selain itu terjadi juga pada arteriol dan kapiler yang mengakibatkan edema otak, meningkatnya tekanan cairan serebrospinal, degenerasi neuron dan perkembangbiakan sel gila. Secara klinis keadaan ini disertai dengan menurunnya fungsi memori dan konsentrasi, depresi, vertigo, tremor, kejang-kejang dan koma. ⁽²⁴⁾

Encefalopati merupakan bentuk keracunan Pb yang sangat buruk dengan sindrom gejala neurologis yang berat dan berakhir dengan kerusakan otak atau kematian. Paling sering dijumpai pada anak kecil atau orang yang mengkonsumsi

makanan / minuman yang tercemar Pb. Anak-anak mempunyai resiko yang lebih besar terhadap paparan Pb dari pada orang dewasa. Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan aktifitas metabolik interna ⁽¹⁴⁾

Encephalopathy Pb pada awalnya merupakan sebuah komplikasi yang ditakutkan pada keracunan Pb dalam bidang pekerjaan, terjadi dalam bentuk akut maupun kronis, terdapat sindrom kerusakan otak permanen yang terjadi dalam sebuah proporsi pasien yang telah menyelamatkan satu atau lebih serangan encephalopathy akut ⁽⁶⁾

II.10.3. EFEK Pb terhadap GASTRO INTESTINAL

Simtom pertama mulai muncul pada konsentrasi Pb sekitar 100 µg / 100 ml, simtom tersebut terdiri dari kehilangan sikap, gangguan pencernaan, ketidaknyamanan lambung setelah makan dan sembelit atau diarrhea. Ketika Pb lebih dari 100 µg / 100 ml meningkatnya simtom lebih meluas, hal ini sering ditandai dengan munculnya sakit perut dan sembelit yang keras. Gejala ini mulai timbul apabila kadar Pb dalam darah sekitar 80 µg / 100 ml. ⁽²⁵⁾

Kolik usus (spasme usus halus) adalah manifestasi klinis tersering dari keracunan Pb lanjut. Gejala ini biasanya disertai kontipasi berat. Nyeri terlokalisir disekitar atau dibawah umbilikus. Tanda paparan Pb yang tidak berkaitan dengan kolik adalah pigmentasi kelabu pada gusi (garis garis Pb) ⁽¹⁴⁾

II.10.4. EFEK Pb TERHADAP SISTEM REPRODUKSI /INFERTILITAS

Percobaan yang dilakukan pada tikus putih jantan dan betina yang diberi perlakuan dengan ditambah 1 % Pb asetat pada makanannya, hasil yang ditunjukkan adalah berkurangnya kemampuan sistem reproduksi dari hewan tersebut. Embrio yang dihasilkan dari perkawinan yang terjadi antara tikus jantan

yang diberi perlakuan Pb asetat dengan betina normal (yang tidak diberi perlakuan) mengalami hambatan dalam pertumbuhannya. Sedangkan janin yang terdapat pada betina yang diberi perlakuan Pb asetat mengalami penurunan dalam ukuran, hambatan pada pertumbuhan baik sewaktu dalam rahim maupun setelah dilahirkan. ⁽²⁶⁾

Pengaruh Pb terhadap fungsi reproduksi laki laki telah diketahui yaitu dapat menyebabkan berbagai kelainan pada sperma seperti oligozoospermia, asthenozoospermia, teratozoospermia, oligoasthenoteratozoospermia, azoospermia, dan aspermia. Pengaruh Pb terhadap kualitas semen dapat melalui pengaruh langsung yaitu terhadap proses spermatogenesis atau secara tidak langsung terhadap transpor semen atau aksis hipotalamus-hipotesis-testis yaitu pengaruh hormonal. ⁽²⁶⁾

II.10.5. EFEK Pb TERHADAP SISTIM ENDOKRIN

Efek yang dapat ditimbulkan oleh keracunan Pb terhadap fungsi endokrin paling jarang diteliti dibanding dengan sistim yang lain, karena parameter pengujian yang akan dilakukan terhadap sistim endokrin sulit dan kurang variasi. ⁽²³⁾

Pengukuran terhadap steroid dalam urine pada kondisi paparan Pb yang berbeda dapat digunakan untuk melihat hubungan penyerapan Pb oleh sistim endokrin.

Menurut hasil pengamatan , paparan Pb yang berbeda terjadi pengurangan steroid yang dikeluarkan dan terus mengalami peningkatan sampai pada posisi minus.

Kecepatan pengeluaran aldosteron juga mengalami penurunan selama pengurangan konsumsi garam pada orang yang keracunan Pb dari penyulingan alkohol. Endokrin lain yang diuji pada manusia adalah endokrin tyroid. Fungsi

tyroid sebagai hormon akan mengalami tekanan bila manusia kekurangan Jodium 131 (isotop 131) ⁽²³⁾

II.10.6. EFEK Pb TERHADAP SISTIM CARDIO VASCULER

Organ lain yang dapat diserang oleh racun Pb adalah jantung . Namun sejauh ini perubahan dalam otot jantung sebagai akibat dari keracunan Pb baru ditemukan pada anak anak. Perubahan tersebut dapat dilihat dari ketidaknormalan EKG, tetapi setelah diberi bahan khelat, EKG akan kembali normal. ⁽²³⁾

Sampai sekarang belum ada laporan tentang perubahan kerja jantung pada pekerja dipertambangan atau industri pengolahan logam Pb. Pada percobaan yang dilakukan pada tikus putih dengan memberikan perlakuan Pb juga tidak ditemukan perubahan difusi dan otot jantung. Keracunan Pb akut pada beberapa pasien mengalami kolik yang disertai peningkatan tekanan darah, kemungkinan timbulnya kerusakan miokard tidak dapat diabaikan.

Perubahan elektro cardiografi dijumpai pada 70 % penderita dengan gejala umum berupa takikardia, disritmia atrium, gelombang T terbalik dengan / tanpa kompleks QRS – T yang abnormal. ⁽²⁷⁾

II.10.7. EFEK Pb TERHADAP KARSINOGEN

Menurut klasifikasi dari International Agency for Research on Cancar (LARC) Pb an organik dan senyawanya termasuk dalam klasifikasi group 2B, kemungkinan menyebabkan kanker pada manusia. Telah dilaporkan kanker ginjal pada manusia tetapi belum dapat dijelaskan patofisiologinya ⁽¹⁵⁾

II.10.8. EFEK Pb TERHADAP GINJAL

Paparan lama Pb dapat menyebabkan nefropati yang ditandai oleh gangguan fungsi ginjal progresif dan sering ditandai hipertensi . Kerusakan ginjal

berupa fibrosis interstitialis kronis, degenerasi tubuler dan perubahan vasculer pada arteri kecil dan arteriol. Ditemukan gambaran khas yaitu penuhnya badan inklusi intra nuklear pada sel dinding tubulus. Badan inklusi merupakan kompleks protein Pb yang kemudian diekskresi melalui urine. Degenerasi tubulus proksimal mengakibatkan menurunnya reabsorpsi asam amino, glukosa, fosfat dan asam sitrat. Pada kasus yang berat dapat terjadi sindrom fancani yaitu hiper amino asiduria, glukosuria dan hipofosfaturia atau kadang kadang hiperfosfaturia. Gangguan ginjal bersifat tidak menetap. (13)

II.11. MONITORING Pb dalam TUBUH MANUSIA

Untuk dapat mengetahui seberapa besar kandungan Pb yang terserap dalam tubuh manusia dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya 3 cara yang paling umum dilakukan adalah :

- Pengujian kadar koproporphirin dalam urine
- Pengujian kadar ALA dalam urine
- Pengujian kadar ALA dan ALAD dalam darah.

Pengujian dengan cara 3 biasanya digunakan untuk mengetahui kandungan Pb pada pekerja tambang dan industri pengolahan Pb, sehingga dapat diketahuio sampai sejauh mana seorang pekerja terpapar oleh logam Pb ini.

Pengukuran terhadap penghambatan aktivitas enzim ALAD dan peningkatan konsentrasi protoporphirin sel darah merupakan parameter yang paling baik untuk mengetahui kandungan Pb dalam darah. Sedangkan pengukuran yang paling sensitif adalah pengukuran yang dilakukan terhadap penurunan aktivitas enzim ALAD. (23)

Pengujian yang pernah dilakukan terhadap 346 orang Yugoslavia yang diduga terpapar oleh logam Pb dalam jumlah yang melebihi batas normal

menunjukkan bahwa pengujian aktivitas enzim ALAD memiliki keuntungan sebagai berikut :

- Aktivitas ALAD yang terhambat dalam selang waktu yang panjang secara partial dapat diukur sebelum efek lain diukur
- Penurunan aktivitas ALAD dapat terjadi dan bersifat signifikan dalam tubuh manusia lebih memungkinkan untuk dideteksi walau konsentrasi Pb masih dalam batas normal antara 20 - 40 $\mu\text{g} / 100 \text{ ml}$ darah
- Perlu mengamati penurunan aktivitas ALAD walau berlangsung sangat cepat sesuai dengan peningkatan konsentrasi Pb
- Enzim ALAD memperlihatkan laju kecepatan regenerasi yang sangat lambat begitu terkontaminasi oleh Pb
- Setelah mencapai tingkat keadaan sadar ALAD masih akan memperlihatkan sedikit variasi selama sisa Pb masih terdapat dalam darah. ⁽²⁸⁾

Kelemahan dari pengujian aktivitas enzim ALAD sejauh ini adalah tidak dapatnya pengujian diterapkan untuk tingkat konsentrasi Pb-D (konsentrasi Pb dalam darah) diatas 90 – 100 $\mu\text{g} / 100 \text{ ml}$. Pada konsentrasi diatas, aktivitas dari enzim ALAD akan terhambat total sehingga monitor yang dilakukan terhadap enzim ALAD tidak lagi dilakukan melainkan indikator biologi lain yang harus dilakukan adalah dengan pengujian kandungan ALA-U (ALA dalam urine) ⁽²³⁾

II.12. HIPOTESA

Hipotesa Alternatif yang diajukan adalah :

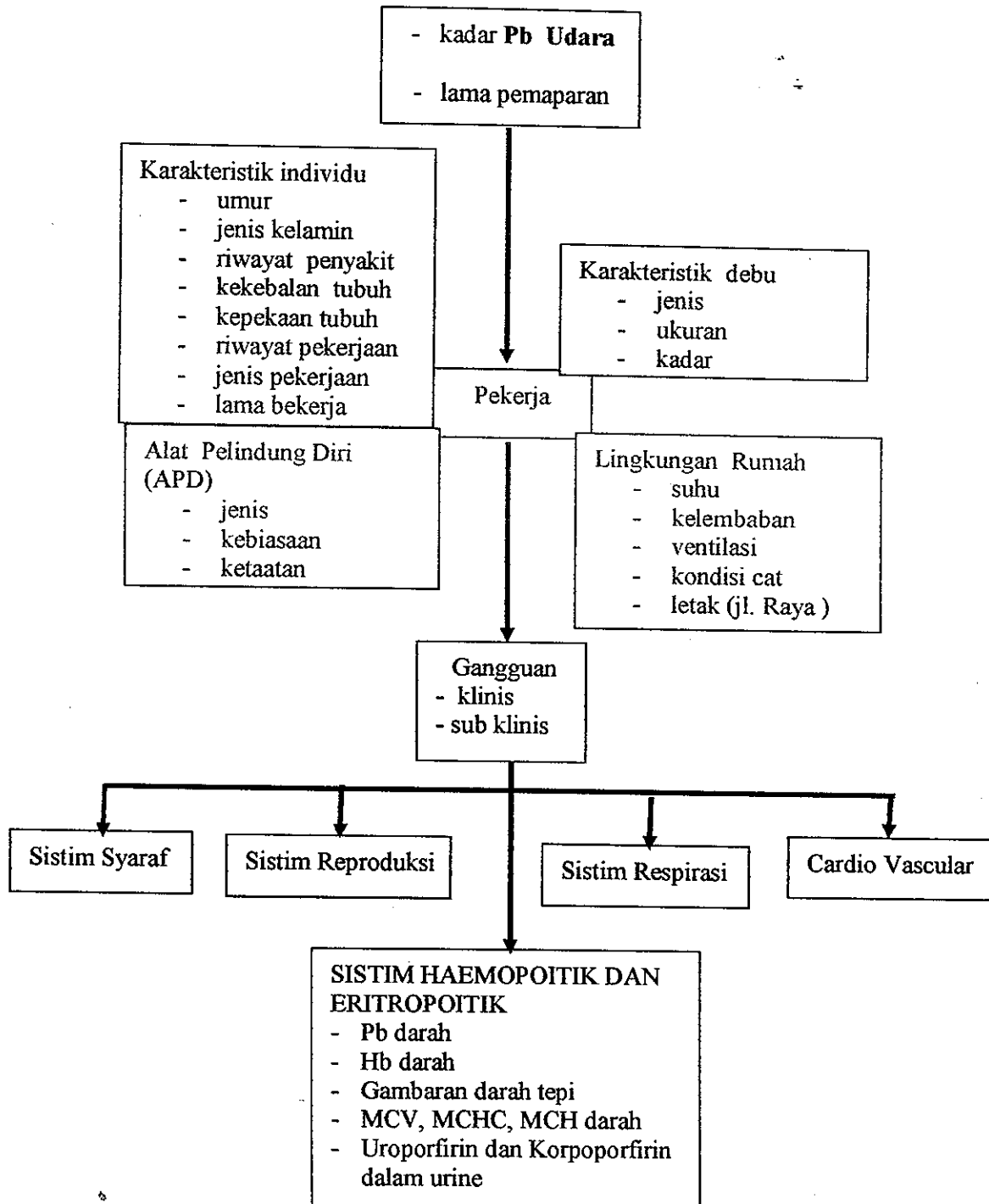
Ada hubungan kadar dan lama pemaparan kadar timah hitam Pb udara dengan kadar Pb darah dan kadar haemoglobin pada pekerja industri peleburan timah hitam di L.I.K. Bugangan Baru Semarang

Sub hipotesa alternatif yang diajukan adalah

1. Ada hubungan kadar pemaparan Pb udara dengan Pb darah pekerja
2. Ada hubungan lama pemaparan Pb udara dengan kadar Pb darah pekerja
3. Ada hubungan kadar Pb darah dengan kadar haemoglobin (Hb) darah pada pekerja

(Hb normal orang laki laki dewasa = 13,5 – 17,0 gr / dl)

II. N. KERANGKA TEORI



Gambar II-4: Kerangka Teori Penelitian

BAB III

METHODE PENELITIAN ⁽³¹⁾

III.1. JENIS PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian survey observasional analitik dengan pendekatan Cross Sectional, yaitu rancangan studi epidemiologi yang mempelajari hubungan penyakit dengan paparan (faktor penelitian) dengan cara mengamati status paparan dan penyakit serentak pada individu dari populasi tunggal suatu saat atau periode ⁽²⁹⁾

III.2. POPULASI dan SAMPEL

Sebagai populasi adalah para pekerja di industri kecil peleburan timah hitam / Pb pada P.T. Jasa Timbal sejumlah 32 orang, baik laki laki maupun perempuan dengan lama bekerja antara 2 - 10 tahun dan 4 - 10 jam setiap harinya. ⁽³⁰⁾

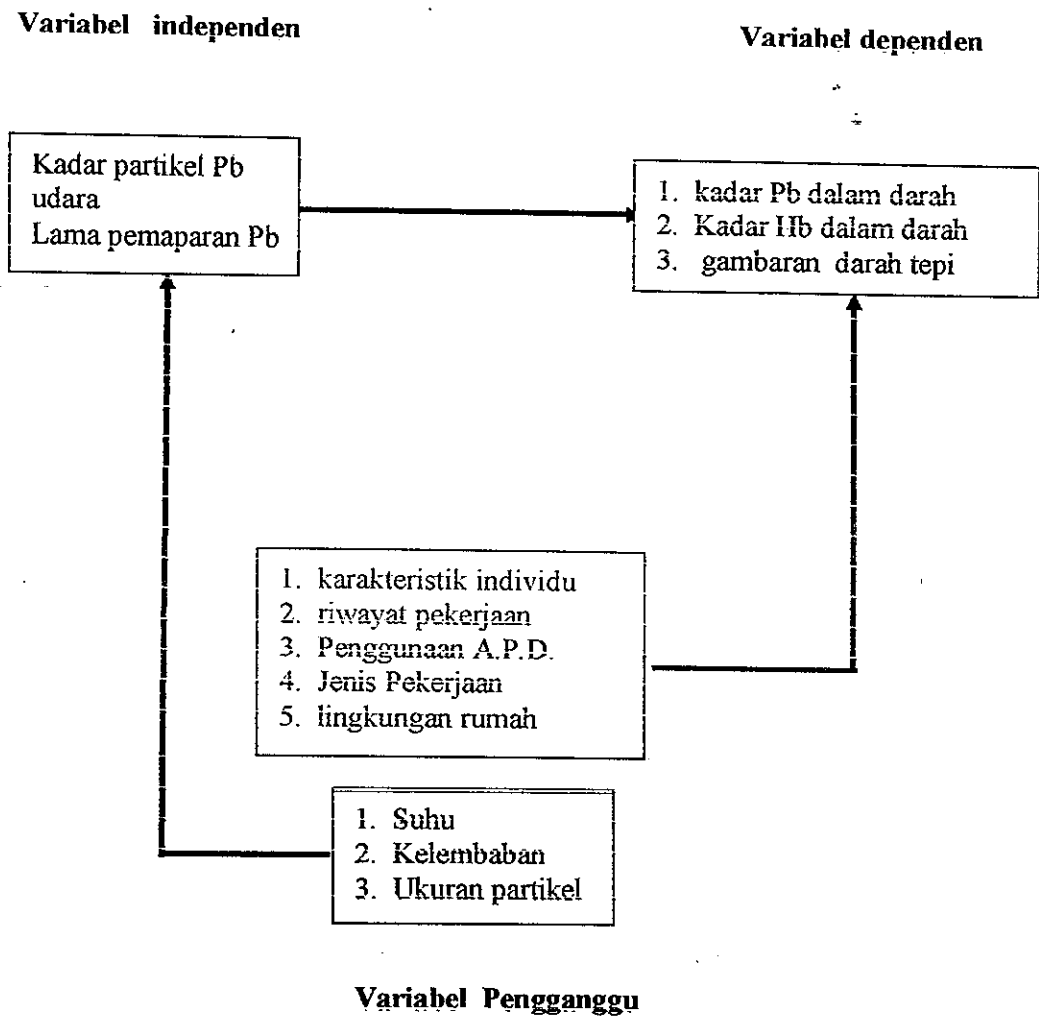
Sebagai sampel penelitian diambil semua (32 orang) atau total populasi yang bekerja di beberapa bagian yang ada di industri kecil tersebut. ⁽³¹⁾

III.3. WAKTU dan TEMPAT PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di industri kecil peleburan timah hitam / Pb P.T. Jasa Timbal jalan Industri III / D 48 - 49 Lingkungan Industri Kecil (L.I.K.) Bugangan Baru Semarang, mengamati khusus kadar dan lama pemaparan Pb udara dengan Pb darah dan gangguan haemoglobin pada pekerja. Pelaksanaan penelitian direncanakan pada bulan Juli hingga bulan September 2002 dibantu tim dari LabKesDa dan Dinas Perindustrian dan Perdagangan Jawa Tengah.

III.4. KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL ⁽³¹⁾

III.4.1. Kerangka Konsep



Gambar 3.1 : Kerangka konsep penelitian

III.4.2. DEFINISI OPERASIONAL VARIABEL

- a. **PENCEMARAN UDARA** adalah masuknya suatu zat (partikel Pb), energi, atau komponen lain kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien atau emisi turun sampai ketinggian tertentu yang menyebabkan udara ambien / emisi tidak dapat memenuhi fungsinya. Skala : rasio ⁽³²⁾
- b. **AMBANG BATAS EMISI** adalah batas maksimum suatu zat atau bahan pencemar (partikel Pb) yang boleh dikeluarkan langsung dari sumber pencemar. Skala : rasio ⁽³²⁾
- c. **KADAR PARTIKEL Pb UDARA** adalah jumlah partikel Pb yang dibuang bersama debu diudara dan diperoleh dari hasil pengukuran udara emisi atau udara ambient pada lingkungan kerja Skala : rasio ⁽³¹⁾
- d. **LAMA PEMAPARAN PARTIKEL Pb UDARA** adalah jumlah Pb udara yang dihirup selama bekerja setiap hari dan masa kerja dibagian itu terus menerus. Skala : rasio
- e. **KADAR Pb DARAH** adalah besarnya Pb yang terdapat didalam darah dari hasil pemeriksaan darah pekerja (sebagai sampel). Skala : rasio ⁽²¹⁾
- f. **KADAR Hb DARAH** adalah besarnya kandungan Hb yang terdapat didalam darah dari hasil pemeriksaan darah pekerja. Skala : rasio
- g. **GAMBARAN DARAH TEPI** adalah warna, jumlah dan bentuk eritrosit, leukosit dan trombosit hasil pemeriksaan gambaran darah tepi dari para pekerja. Skala : rasio
- h. **PENGGUNAAN A.P.D.** adalah jenis alat yang digunakan untuk melindungi diri yang sesuai pada saat mereka bekerja. Skala : nominal

- i. **JENIS PEKERJAAN** adalah bidang kegiatan yang dilakukan pekerja sehari-hari. Skala : nominal
- j. **UMUR** adalah lamanya orang hidup yang dihitung dari lahir sampai sekarang. Skala : rasio
- k. **SUHU** adalah temperatur ruang kerja yang diukur dengan menggunakan thermometer. Skala : interval
- l. **KELEMBABAN** adalah kadar uap air relatif (%) diudara ruang kerja diukur dengan Hygrometer. Skala : interval.
- M **GANGGUAN ORGAN TUBUH** adalah kondisi tubuh para pekerja yang terganggu akibat terpapar zat toksik (partikel Pb) yang dilakukan oleh industri dan diperoleh dari hasil pemeriksaan tim medis. Skala : interval

III.5. INSTRUMEN PENELITIAN)

1. PENGUKURAN / ANALISA LABORATORIUM

- pemeriksaan kadar Pb udara emisi dan lingkungan kerja dengan alat Gravimeter, Hi – vol extractor , Spectro
- pemeriksaan darah (Pb dan Hb) dari para pekerja dengan A.A.S.
- pemeriksaan gambaran darah tepi para pekerja dengan alat TC1

2. KUESIONER

Bagi para pekerja sebagai sampel disusun dengan pertanyaan untuk memperoleh data pendukung, dilakukan oleh tim dari peneliti.

III. 6. PELAKSANAAN PENELITIAN

- 1. mempersiapkan materi, lokasi, pekerja yang akan diambil sebagai data dan sampel

2. Pemeriksaan pendahuluan terhadap kadar Pb udara pada emisi atau stack di industri yang telah ditentukan.
3. Pemeriksaan kadar Pb udara dilingkungan kerja industri pada titik yang sudah ditentukan , yaitu 4 – 5 titik dimana setiap titik diulang sebanyak 2 kali (sebelum dan saat proses)
4. Pemeriksaan kadar Pb dan Hb dalam darah dari sejumlah sampel (32 orang) pekerja
5. Pemeriksaan gambaran darah tepi (fragmented erythrocyt) dari sejumlah sampel (32 orang) pekerja.
6. Melakukan wawancara dan mengisi kuesioner yang telah disediakan tentang karakteristik pekerja sebagai data pendukung

III. 7. CARA PENGUMPULAN DATA

Secara garis besar, variabel / data yang akan diambil dan cara pengambilannya sebagai berikut :

a. Kadar Pb udara lingkungan

metode pengambilan : gravimetri, hi – vol extractive , A.A.S.

cara pengambilan : diambil pada 4 titik dilingkungan kerja sebanyak 2 kali pada tiap titik yaitu sebelum dan pada saat proses berlangsung

b. Kadar Pb dalam darah pekerja

metode pengambilan : S.S.A.

cara pengambilan : darah diambil dari para pekerja sejumlah 32 orang sebelum proses.

c. Kadar Hb dalam darah

Metode pengambilan : Cyanmet haemoglobin

Cara pengambilan : seperti diatas

d. Gambaran darah tepi (fragmented sel erytrocit)

Metode pengambilan : TC 1, spektrofotometri

Cara pengambilan : seperti diatas (b)

III. 8 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA DATA

III.8.1. PENGOLAHAN DATA

a. Kadar Pb udara dilingkungan kerja

Pemeriksaan kadar Pb udara dilingkungan kerja merupakan hasil perhitungan rata rata 2 kali pengukuran yaitu sebelum dan pada saat proses berlangsung

Satuan : mgr / m³

c. Pemeriksaan darah (Pb,Hb, dan gambaran darah tepi) untuk mengetahui kerusakan Hb akibat adanya paparan logam berat Pb , diambil dari para pekerja sebagai sampel. Satuan : Pb = μ gr / dl darah, Hb= gr/dl darah

III.8.2. ANALISA DATA

Pengolahan dan analisa data dilakukan dengan menggunakan Statistical Product and Service Solution (SPSS) versi 10,0 yang meliputi pengolahan dan analisa secara :

- UNIVARIAT hasil penelitian akan dideskripsikan dengan menggunakan nilai rata rata atau tabel distribusi frekuensi dan analisa prosentase.
- BIVARIAT Paparan hasil penelitian dengan menggunakan tabel silang untuk variabel / sub variabel yang akan dianalisa
 1. Uji keeratan hubungan kadar Pb udara lingkungan rata rata dengan kadar Pb dalam darah pekerja dengan menggunakan uji korelasi parsial.

Rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Apabila diketahui nilai $r \neq 0$, maka untuk menguji kemaknaan nilai r dimana $H_0 : \rho = 0$ dan $H_1 : \rho \neq 0$ dilanjutkan dengan uji t test (distribusi normal) sebagai berikut :

$T = r \sqrt{(n-2)(1-r^2)}$ dengan degree of freedom (df) = $n-2$ dan $\alpha = 0,05$

Kesimpulan penerimaan / penolakan hipotesa dilakukan dengan berdasarkan :

1. Tabel : jika $t \text{ hitung} \geq t \text{ tabel}$, maka H_0 ditolak
2. Nilai p : jika nilai $p < 0,05$, maka H_0 ditolak
2. Demikian juga untuk uji hubungan antara kadar Pb dalam darah dengan kadar Hb , dan gambaran darah tepi⁽³²⁾

Analisa data yang dilakukan menggunakan output SPSS versi 10,0 maupun cara analitik dan deskriptif dimana analisa data secara analitik digunakan untuk pengujian hipotesis yang dirumuskan.

- Untuk mengetahui bagaimana hubungan antara kadar Pb dalam darah dengan kadar Hb dalam darah digunakan uji korelasi dengan metode Pearson Product Moment , dimana jika didapatkan angka koefisien r adalah positif (+) berarti terdapat (ada) korelasi / hubungan yang searah antara nilai kadar Pb dalam darah (x) dengan kadar Hb dalam darah (y) atau kekuatan hubungan 2 variabel semakin kuat tetapi jika harga r adalah 0, berarti kekuatan hubungan 2 variabel tersebut semakin lemah atau tidak terdapat (tidak ada) korelasi / hubungan

antara nilai kadar Pb dalam darah (x) dengan kadar Hb dalam darah (y).

- Demikian juga untuk mengetahui bagaimana hubungan antara lama pemaparan Pb udara (x) dengan kadar Pb dalam darah (y). ⁽³³⁾

1. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh kadar Pb dalam darah terhadap kadar Hb dan gambaran darah tepi dalam darah digunakan uji Regresi dengan metode Least Square dimana akan diketahui berapa besarnya kadar Hb (y) berdasarkan besarnya kadar Pb dalam darah (x) yang telah diketahui. Dengan rumus sebagai berikut : ⁽³⁴⁾

$$y = a + b x$$

besarnya nilai koefisien a dan b dapat dihitung dengan rumus

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2 - \sum Y^2)}$$

$$a = \frac{(\sum Y) - b(\sum X)}{n}$$

- **MULTI VARIAT** , untuk melihat variabel yang cukup kuat pengaruhnya dimana pengaruh kadar Pb darah dengan kadar Hb dan gambaran darah tepi , dilakukan uji Regresi linier berganda dengan persamaan sebagai berikut

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

Dimana : b_1, b_2 = koefisien regresi partial

b_1 = rata rata perubahan Y apabila X_1 berubah satu

satuan dengan b_0 dan b_2 tetap

Y = kadar Hb dalam darah

X_1 = kadar Pb dalam darah

X = Gambaran darah tepi

Jika p dibandingkan dengan $\alpha = 5\%$ maka $p < 5\%$ $\rightarrow r \neq 0$

$p > 5\%$ $\rightarrow r = 0$

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1.. GAMBARAN UMUM INDUSTRI PELEBURAN TIMAH HITAM

Industri kecil peleburan timah hitam (Pb) P.T. Jasa Timbal bertempat di jalan Industri III/48 dalam area Lingkungan Industri Kecil (L.I.K.) Bugangan Baru Semarang, di area tersebut terdapat 4 perusahaan peleburan timah hitam. P.T. Jasa Timbal merupakan industri peleburan timah hitam yang terbesar dan sampai saat ini masih beroperasi dengan 32 karyawan dan setiap harinya mampu memproduksi lantakan timah hitam (Pb) sebanyak 20 kw. Industri peleburan timah yang lain sejak krisis moneter yang lalu ada yang sudah tidak beroperasi lagi ataupun beroperasi sesuai dengan permintaan pasar (tidak setiap hari produksi), sehingga peneliti hanya mengambil satu perusahaan saja yang dianggap dapat mewakili dari industri peleburan timah hitam ini.

Industri peleburan timah hitam P.T. Jasa Timbal didirikan pada tahun 1981 oleh seseorang yang bernama H.M.Muhsin yang hanya dibantu oleh 2 karyawan saja dengan proses yang sangat sederhana dan tentunya menimbulkan polusi yang sangat meresahkan masyarakat berupa debu partikel Pb dan gas buang SO₂ serta debu dari logam berat lain. Berkat bimbingan dari Departemen Perindustrian, proses pembuatan timah hitam mengalami perkembangan yang pesat baik dari segi perbaikan teknologi proses, manajemen maupun cara pengendalian pencemaran dengan membuat Alat Penangkap Debu (cyclone separator). Pembuatan lantakan timah hitam (Pb) memerlukan bahan baku setiap harinya 30 kw sel aki bekas, 6 kw arang kayu dengan produksi sebesar 20 kw. Dibanding pada saat yang lalu yaitu pada tahun 1985 – 1990 produksi lantakan timah hitam dari 4 perusahaan itu mampu memenuhi permintaan ekspor ke

Taiwan, karena adanya persaingan dengan P.T.Timah (dari pertambangan) maka permintaan menurun drastis sehingga sekarang ini produksi semakin lama semakin menurun pula.

Industri ini mempunyai 2 tungku dengan 4 dapur dan 1 cerobong yang tingginya kurang lebih 15 – 20 meter sehingga diharapkan emisi yang dikeluarkan tidak mengganggu karyawan maupun lingkungannya.

Pembuatan cerobong ini belum maksimal diuji cobakan karena memang baru saja dipasang, dimana setelah beberapa tahun yang lalu timbul protes dari warga sekitar disebelah selatan (Perumahan Genuk Indah), karena gas buang yang dikeluarkan dianggap mengganggu kenyamanan masyarakat.

Mengingat sangat pentingnya produksi lantakan timah hitam (Pb) untuk berbagai macam bahan baku, maka Dinas Perindustrian dan Perdagangan (Perindag) industri tersebut tidak ditutup, hanya dialihkan saja waktu produksi dari siang hari menjadi malam hari (mulai jam 18.00 - 06.00) sehingga kegiatan pada siang hari hanya bagian administrasi dan mengupas sel aki bekas serta mempersiapkan perapian agar pada saatnya sudah siap memasak timah hitam.

Setiap proses pembuatan memerlukan waktu sekitar 4 – 5 jam dan setiap hari dapat memasak sejumlah 2 kali setiap tungku.

Pemeriksaan emisi dan ambient dilakukan 2 (dua) kali dalam satu tahun agar pencemaran dapat dikendalikan.

IV.2. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengisian kuesioner dan hasil pemeriksaan Pb udara, pemeriksaan darah (Pb, Hb dan gambaran darah tepi) para karyawan (responden) P.T. Jasa Timbal oleh Balai Laboratorium Kesehatan Daerah (Labkesda) di Semarang didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 : Distribusi responden menurut umur pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	UMUR	n	(%)
1.	Kurang dari 30 tahun	22	68,7
2.	31 - 39 tahun	3	9,4
3.	40 - 49 tahun	6	18,8
4.	lebih dari 50 tahun	1	3,1
	JUMLAH	32	100

Tabel diatas menunjukkan bahwa sebagian besar responden berusia kurang dari 30 tahun (68,7 %) dan hanya 31,3 % berusia lebih dari 30 tahun atau sama dengan umur 30 tahun. Umur termuda responden adalah 17 tahun dan tertua 53 tahun dengan rata rata umur 24 tahun.

Tingkat pendidikan responden disajikan dalam tabel dibawah ini :

Tabel 4.2 : Distribusi responden menurut tingkat pendidikan pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	PENDIDIKAN	n	(%)
1.	SD/ sederajad	13	40,6
2.	SLTP/sederajad	8	25,0
3.	SMU / sederajad	9	28,1
4.	Diploma/ Sarjana	2	6,3
	JUMLAH	32	100,0

Latar belakang pendidikan yang paling banyak dari para responden adalah SD / sederajat (40,6 %), kemudian SMU / sederajat sebesar 28,1 %, SLTP / sederajat sebesar 25,0 % sedangkan yang paling kecil / sedikit adalah pendidikan Diploma / sarjana (6,3 %) yang merupakan anak dari pemilik itu sendiri.

Jumlah karyawan pada P.T. Jasa Timbal menurut jenis kelamin dapat dinyatakan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.3 : Distribusi responden berdasarkan jenis kelamin dan penempatan tugas di P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	Tugas	Jenis kelamin		Jumlah n (%)
		Laki Laki n %	Wanita n %	
1.	Bahan baku dan pengupasan sel aki	8 (25%)	-	8 (25%)
2.	Pengepakan lantakan timah hitam	8 (25%)	-	8 (25%)
3.	Peleburan dan pencetakan lantakan Timah hitam (Pb)	6 (18,8%)	-	6 (18,8%)
4.	Sisa bahan plastik & administrasi	7 (21,8%)	3 (9,4%)	10 (31,3%)
	JUMLAH	29 (90,6%)	3 (9,4%)	32 (100%)

Responden di P.T. Jasa Timbal sebagian besar laki laki sejumlah 29 orang (90,6%), lainnya adalah wanita (9,4%) mengingat industri tersebut sangat rawan memperkerjakan wanita karena beresiko tinggi terhadap tingkat reproduksi sehingga wanita hanya ditempatkan pada bagian administrasi saja.

Ruangan dalam industri tersebut dibagi menjadi 4 zone sehingga karyawan tersebar, seperti terlihat dalam tabel diatas dimana karyawan bagian bahan baku dan pengupasan sel aki (1) ada 8 orang (25%), dibagian pengepakan lantakan timah hitam (2) juga ada 8 orang (25%),sesuai dengan jumlah dapurnya dibagian ini yaitu bagian peleburan dan lantakan timah hitam (3) berjumlah 6 orang (18,8%) sedangkan dibagian sisa bahan baku / plastik dan administrasi ada 10 orang (31,2%) yang terdiri dari 7 orang laki laki (21,8%) dan wanita (9,4%).

Masa kerja responden di P.T. Jasa Timbal dapat diketahui dari tabel dibawah ini :

Tabel 4.4 : Distribusi responden menurut masa kerja pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	MASA KERJA	n	(%)
1.	Kurang dari 1 tahun	2	6,2
2.	2 - 3 tahun	16	50,0
3.	3 - 4 tahun	7	21,9
4.	4 - 5 tahun	2	6,2
5.	lebih dari 5 tahun	5	15,7
	JUMLAH	32	100

Masa kerja yang terendah adalah 6 bulan dan yang paling lama adalah 21 tahun dengan rata-rata masa kerja 2 – 3 tahun. Jumlah yang paling besar pada responden dengan masa kerja 2 – 3 tahun dan yang terkecil dengan masa kerja antara 4 – 5 tahun (6,2%) atau sama dengan masa kerja 5 tahun.

Berdasarkan pembagian kelompok tugas responden yang ada di P.T. Jasa Timbal dapat dikelompokkan sebagai berikut :

Tabel 4.5 : Distribusi pembagian kelompok tugas responden di P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	TUGAS di PABRIK	n	(%)
1.	Pemilik / mandor	3	9,4
2.	Pelaksana / buruh	29	90,6
	JUMLAH	32	100,0

Dari tabel terlihat bahwa pembagian kelompok tugas hanya terdiri dari 2 jenis tugas / jabatan, yaitu pemilik atau mandor (pemilik dan anak pemilik) 3 orang (9,4%) sedangkan selebihnya hanya pelaksana / buruh (90,6%).

Apabila ditinjau dari segi kesehatan para responden / karyawan P.T. Jasa Timbal akan terlihat pada pemeriksaan darahnya (Pb, Hb dan gambaran darah

Masa kerja responden di P.T. Jasa Timbal dapat diketahui dari tabel dibawah ini :

Tabel 4.4 : Distribusi responden menurut masa kerja pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	MASA KERJA	n	PROSENTASE (%)
1.	Kurang dari 1 tahun	2	6,2
2.	2 - 3 tahun	16	50,0
3.	3 - 4 tahun	7	21,9
4.	4 - 5 tahun	2	6,2
5.	lebih dari 5 tahun	5	15,7
	JUMLAH	32	100

Masa kerja yang terendah adalah 6 bulan dan yang paling lama adalah 21 tahun dengan rata-rata masa kerja 2 – 3 tahun. Jumlah yang paling besar pada responden dengan masa kerja 2 – 3 tahun dan yang terkecil dengan masa kerja antara 4 – 5 tahun (6,2%) atau sama dengan masa kerja 5 tahun.

Berdasarkan pembagian kelompok tugas responden yang ada di P.T. Jasa Timbal dapat dikelompokkan sebagai berikut :

Tabel 4.5 : Distribusi pembagian kelompok tugas responden di P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	TUGAS di PABRIK	n	PROSENTASE (%)
1.	Pemilik / mandor	3	9,4
2.	Pelaksana / buruh	29	90,6
	JUMLAH	32	100,0

Dari tabel terlihat bahwa pembagian kelompok tugas hanya terdiri dari 2 jenis tugas / jabatan, yaitu pemilik atau mandor (pemilik dan anak pemilik) 3 orang (9,4%) sedangkan selebihnya hanya pelaksana / buruh (90,6%).

Apabila ditinjau dari segi kesehatan para responden / karyawan P.T. Jasa Timbal akan terlihat pada pemeriksaan darahnya (Pb, Hb dan gambaran darah

tepi). Pada tabel dibawah ini tercantum gambaran darah tepi dari para responden diantaranya:

Tabel 4.6 : Distribusi responden menurut gambaran darah tepi pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	Darah tepi	Normal (n)	%	N.Ch. (n)	%	N.Cy. (n)	%	A.R. (n)	%	N.G. (n)	%	Total (n)
1.	Warna eritrocyt	-	-	32	100	-	-	-	-	-	-	32
2.	Bentuk eritrocyt	-	-	-	-	16	50	16	50	-	-	32
3.	Jumlah leucocyt	32	100	-	-	-	-	-	-	-	-	32
4.	Bentuk leucocyt	32	100	-	-	-	-	-	-	-	-	32
5.	Jumlah trombocyt	32	100	-	-	-	-	-	-	-	-	32
6.	Bentuk trombocyt	12	37,5	-	-	-	-	-	-	20	62,5	32

N= normal, N.Ch= normochromic, N.Cy= normocytic, A.R.= An isocytic ringan, N.G.= normal bergerombol

Dari tabel diatas dapat digambarkan bahwa, warna eritrocyt yang ditandai dengan N, sehingga jumlah leucocyt (N) dan bentuk leucocyt (N) serta jumlah trombocyt (N) menunjukkan tanda normal sebesar 100%.

Bentuk eritrocyt dari para responden ada perubahan sebesar 50% yang mengalami an isocytik Ringan (A.R.) dan 50% normal yang ditunjukkan dengan N.Cy. 50%. Bentuk trombocyt tidak semuanya normal, hanya dibagian kecil (37,5)% yang normal, sedangkan sisanya 62,5% mengalami bentuk normal bergerombol. Hal ini dimungkinkan karena adanya paparan Pb udara pada saat responden bekerja.

Riwayat penyakit terdahulu (dalam 6 bulan terakhir) dari para responden pada industri kecil peleburan timah hitam dapat digambarkan sebagai berikut :

Tabel 4.7. : Distribusi responden menurut riwayat penyakit terdahulu pada PT Jasa Timbal tahun 2002

No	RIWAYAT PENYAKIT	Sakit		Tidak sakit (n)		Jumlah	
		(n)	(%)	(n)	(%)	n	%
1.	Menderita influenza	32	100	-	-	32	100
2.	Menderita sesak napas	11	34,4	21	65,6	32	100
3.	Menderita nyeri tulang	19	59,4	13	40,6	32	100
4.	Menderita batuk lama	4	12,5	28	87,5	32	100
5.	Menderita nyeri dada	19	59,4	13	40,6	32	100
6.	Menderita gangguan pencernaan	14	43,7	18	54,3	32	100
7.	Sering berdebar	0	0	32	100	32	100
8.	Sakit pinggang	1	3,1	31	96,9	32	100
9.	Mudah ngantuk, cepat lelah	23	71,9	9	8,1	32	100
10.	Merasa tegang	0	0	32	100	32	100

Dalam waktu kerja 6 bulan terakhir, hampir semua (100%) responden merasakan sering ngantuk dan mudah lelah, namun tidak demikian dengan merasakan sering berdebar dan tegang, tidak ditemukan dan para responden yang merasakan sering berdebar dan tegang. .

Pada umumnya para responden mudah ngantuk dan cepat lelah (71,9%), hampir sama jumlahnya para responden menderita sakit nyeri dada dan nyeri tulang (59,4%), disusul kemudian dengan gangguan pencernaan (43,7%) dan sesak napas sebesar (34,4%), yang jarang diderita oleh para responden di industri peleburan timah hitam adalah sakit batuk lama, hal ini ditunjukkan pada tabel 4.7. sebesar

12,5% dan sakit pinggang sebesar 3,1%, sebagian responden memeriksakan dirinya ke dokter dan sebagian lagi tidak diperiksakan ke dokter karena keterbatasan dana yang mereka punyai, namun obat yang mereka minum umumnya tidak tahu mereka hanya tahu obat yang dibeli secara eceran (obat paten ringan) dimana kadang-kadang tidak tepat pengobatannya.

Fasilitas yang dipunyai para responden terutama tempat tinggal dapat diuraikan menjadi beberapa keadaan lingkungan yang meliputi :

Tabel 4.8. : Distribusi para responden P.T. Jasa Timbal menurut keadaan rumah yang memenuhi kesehatan tahun 2002

No.	Keadaan Rumah	n	(%)
1.	Kurang (ventilasi)	5	15,6
2.	Cukup (ventilasi)	10	31,2
3.	Bagus	15	46,8
4.	Sangat bagus	2	6,4
	Jumlah	32	100

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa keadaan rumah dari para responden pada umumnya / sebagian besar sudah bagus dan memenuhi syarat kesehatan dan lingkungan yang baik (ada ventilasi dan sirkulasi udara di dalam rumah) juga baik, ini dapat ditunjukkan dengan sangat bagus (6,4%) dimana 2 orang ini adalah pemilik. Keadaan rumah bagus dari ventilasi ke sirkulasi udara sebesar 46,8 % atau 15 orang, sedangkan rumah yang cukup sehat sebesar 31,2 %, hanya sebagian kecil dari para responden yang keadaan rumahnya kurang sehat dengan jumlah 5 orang (15,62 %).

Adapun kondisi rumah yang responden tempati dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.9. : Distribusi responden P.T. Jasa Timbal menurut kondisi rumah yang ditempati tahun 2002

No.	Kondisi Rumah	n	(%)
1.	Terbuat dari papan & lantai semen	5	15,6
2.	Terbuat dari papan & lantai keramik	3	9,4
3.	Terbuat dari tembok & lantai semen	13	40,6
4.	Terbuat dari tembok & lantai keramik	11	34,4
	Jumlah	32	100

Kondisi rumah para responden sebagian besar terbuat dari tembok dan berlantai semen sehingga dianggap sudah memenuhi syarat kesehatan, ini ditunjukkan pada tabel 4.9. sebesar 40,6 %, Rumah yang terbuat dari tembok dengan lantai keramik sebesar 34,4 %, hanya sebagian kecil para responden yang menempati rumah terbuat dari papan dan berlantai keramik sebesar 9,4 % ; dan sebagian pula responden menempati rumah yang terbuat dari papan dan berlantai semen sebesar 15,6 %. Responden sangat memperhatikan kondisi rumah sehingga diharapkan kesehatannya dapat terjamin.

Adapun letak rumah para responden dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.10. : Distribusi menurut letak rumah responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	LETAK RUMAH	n	(%)
1.	Jauh dari jalan raya	4	12,5
2.	Agak jauh dari jalan raya	12	37,5
3.	Dekat dengan jalan raya	12	37,5
4.	Ditepi jalan raya	4	12,5
	Jumlah	32	100

Dari tabel diatas terlihat bahwa para responden yang letak rumahnya jauh dari jalan raya (± 2 km) berjumlah 4 orang (12,5%), jumlah ini sama dengan mereka yang menempati rumah ditepi dari jalan raya (10 – 25 meter). Para

responden yang menempati rumah agak jauh dari jalan raya (< 2 km) jumlahnya sama dengan responden yang letak rumahnya dekat dengan jalan raya (50 – 100 meter) yaitu berjumlah masing-masing 12 orang atau 37,5 %.

Jarak yang ditempuh oleh responden dari rumah ketempat kerja dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.11 : Distribusi responden pada P.T. Jasa Timbal menurut jarak yang ditempuh dari rumah ketempat kerja tahun 2002

No.	JARAK DARI RUMAH	n	(%)
1.	Kurang dari 2 km	4	12,5
2.	2 - 4 km	28	87,5
3.	4 - 6 km	0	0
4.	lebih dari 6 km	0	0
	JUMLAH	32	100

Jarak yang ditempuh para responden dari rumah menuju ketempat kerja pada umumnya / sebagian besar berjarak antara 2 - 4 km (87,5%), sehingga tidak begitu jauh dari tempat kerja atau dapat dikatakan para responden bertempat tinggal disekitar areal industri tersebut. Hanya sebagian kecil saja mereka sangat dekat dan ada 2 orang yang menempati rumah di industri tersebut (12,5%).

Untuk menuju ketempat kerja responden biasanya menggunakan kendaraan atau jalan kaki, ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.12 : Distribusi yang menggunakan kendaraan menuju ketempat kerja responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	KENDARAAN	n	(%)
1.	Jalan kaki / sepeda	12	37,5
2.	Sepeda motor	14	43,8
3.	Angkutan umum	5	15,6
4.	Mobil pribadi	1	3,1
	JUMLAH	3	100,0

Sebagian besar responden untuk menuju ketempat kerja menggunakan kendaraan sepeda motor (43,8%), sehingga terlihat bahwa responden kesejahteraannya baik (tidak begitu kekurangan), kemudian responden yang menggunakan sepeda / jalan kaki terlihat sebesar 37,5% baru sebagian kecil menggunakan angkutan umum sebesar 15,6% dan yang menggunakan mobil pribadi hanya pemilik saja 1 orang atau 3,1%.

Melihat lingkungan industri peleburan timah hitam baik sebelum, saat proses ataupun sesudah proses, sebagian besar responden merasa terganggu atau kurang nyaman karena kurang bersih, banyak debu dan sisa-sisa bahan plastik yang berserakan, ini sangat dirasakan oleh sebagian besar responden.

Jika dilihat frekuensi responden yang mengeluh, dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.13 : Distribusi keluhan responden terhadap sanitasi lingkungan di P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	SANITASI LINGKUNGAN	n	(%)
1.	Terganggu / kotor	24	75,0
2.	Tidak terganggu	8	25,0
	JUMLAH	32	100,0

Responden yang merasa terganggu dengan keadaan lingkungan didalam industri terutama sebelum dan saat proses ada 24 orang (75%), sedangkan yang lainnya walaupun kondisi lingkungan terutama pada saat proses responden tidak merasa terganggu sebesar 25,0%.

Macam gangguan yang banyak dirasakan oleh responden dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.14 : Distribusi tentang macam gangguan yang dirasakan responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	MACAM GANGGUAN	n	(%)
1.	Udara berdebu	16	50,0
2.	Serpihan sel aki bekas	9	28,1
3.	Uap bahan kimia (Pb,SO ₂)	10	31,2
4.	Suhu udara yang panas	7	21,9
5.	Bising	4	12,5
6.	Lainnya	4	12,5
	JUMLAH	50	156,2

Gangguan kenyamanan kerja karena faktor lingkungan kerja, ada 4 responden (12,5%) yang menyatakan tidak adanya gangguan.

Gangguan yang terbesar (50%) yang dikeluhkan responden adalah karena udara yang berdebu dan yang paling sedikit karena bising (12,5%). Sedangkan gangguan karena serpihan sel aki bekas dikeluhkan oleh 9 orang (28,1%) dan uap bahan kimia (Pb,SO₂) dirasakan oleh 10 orang (31,2%) serta gangguan oleh suhu udara yang panas sebesar 21,9%. Setiap responden yang mengeluh tidak hanya mengeluh pada salah satu gangguan saja, ada yang mengeluh karena > 1 gangguan (menurut apa yang dirasakan responden).

Kebiasaan menggunakan Alat Pelindung Diri (A.P.D.) yang dilakukan responden berbeda tergantung dari kemauan diri sendiri, karena di industri ini sebenarnya tidak diharuskan menggunakan A.P.D. tersebut, dan juga persediaan secukupnya saja. Bagi yang tertib, responden selalu mengenakan A.P.D. selama mereka bekerja, namun ada yang hanya kadang kadang karena responden merasa terganggu dengan adanya Alat Pelindung Diri itu. Kebiasaan menggunakan Alat Pelindung Diri dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.15 : Distribusi pemakaian Alat Pelindung Diri (A.P.D.) bagi responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	PEMAKAIAN A.P.D.	n	(%)
1.	Ya, setiap kali	3	9,4
2.	Kadang kadang	17	53,1
3.	Tidak sama sekali	12	37,5
	JUMLAH	32	100,0

Kebiasaan menggunakan Alat Pelindung Diri (A.P.D.) hanya dilakukan oleh 3 orang (9,4%), selebihnya sejumlah 17 responden (53,1%) menyatakan kadang kadang serta 12 responden (37,5%) menyatakan tidak pernah sama sekali menggunakan A.P.D.

Jenis Alat Pelindung Diri (A.P.D.) yang digunakan oleh responden P.T. Jasa Timbal tampak pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.16 : Distribusi jenis Alat Pelindung Diri yang digunakan responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	JENIS A.P.D.	n	(%)
1.	Helm	0	0
2.	Ear plug / tutup telinga	0	0
3.	Masker	19	59,4
4.	Kaca mata gogle	4	12,5
5.	Sepatu boot	0	0
6.	Sarung tangan	0	0
7.	Tidak pakai	11	34,4
	Jumlah	34	106,3

Jenis Alat Pelindung Diri (APD) yang paling banyak digunakan adalah penggunaan masker (59,4%), kemudian diikuti dengan pemakaian kaca mata gogle sebesar 12,5 %. Ada beberapa responden yang menggunakan Alat

Pelindung Diri (APD) 2 macam yaitu masker dan kaca mata gogle, yang tidak menggunakan sama sekali berjumlah 11 responden atau 34,4 %.

Alasan yang dikemukakan oleh responden yang kadang-kadang atau tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) sebagai berikut :

Tabel 4.17. : Distribusi responden menurut alasan tidak menggunakan A.P.D. pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	Alasan tidak menggunakan Alat Pelindung Diri (APD)	n	(%)
1.	Malas menggunakan	7	21,9
2.	Mengganggu pekerjaan	3	9,4
3.	Tak tersedia/jumlah tidak cukup	6	18,7
4.	Tidak diharuskan memakai	8	25,0
5.	Lainnya	6	18,7
6.	Tidak menjawab	2	6,3
	Jumlah	32	100

Sebagian besar responden (25,0%) menyatakan alasan bahwa tidak diharuskan menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) dan 21,9 % menyatakan malas menggunakan serta 9,4 % menganggap bahwa bekerja dengan memakai APD sangat mengganggu pekerjaan.

Sedangkan yang menyatakan bahwa jumlah APD tidak cukup sebesar 18,7 %, yang menyatakan lainnya sebesar 18,7 % dan yang tidak menjawab sama sekali sejumlah 2 responden atau 6,3 %.

Hasil pengukuran Pb darah para responden yang dilakukan oleh Balai Laboratorium Kesehatan Darah sebagai berikut :

Tabel 4.18. : Distribusi responden PT Jasa Timbal berdasarkan hasil pengukuran Pb darah tahun 2002

No.	Pb DALAM DARAH	n	(%)
1.	< 40 µgr / 100 ml (normal)	22	69,0
2.	> 40 µgr / 100 ml (tidak normal)	10	31,0
-	Jumlah	32	100

Tabel diatas menunjukkan bahwa dari 32 responden setelah melalui pemeriksaan Pb dalam darah bahwa 69 % dinyatakan normal, selebihnya 31,0 % para responden mengandung Pb dalam darah tidak normal..

Kandungan Pb dalam darah tersebut sangat terkait dengan masa kerja yang dilakukan oleh responden ; masa kerja semakin lama, kandungan Pb dalam darah cenderung semakin normal. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dalam darah para responden baik untuk karyawan laki ataupun dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.19. : Distribusi responden PT Jasa Timbal berdasarkan hasil pengukuran Hb dalam darah baik laki-laki maupun wanita tahun 2002

No.	Hb dalam Darah	n	(%)
	<u>LAKI - LAKI</u>		
1.	< 14 (anaemia)	12	37,5
2.	> 14 (normal)	17	53,1
	<u>WANITA</u>		
1.	< 12 (anaemia)	0	0
2.	> 12 (normal)	3	9,4

Menurut Sylvia Anderson, 1995, dan buku pedoman bagi tenaga teknis bidang kesehatan yang diterbitkan oleh Dinas Kesehatan tahun 2000 menyebutkan bahwa kadar Hb dalam darah responden laki laki adalah Hb < 14 dinyatakan anaemia dan Hb > 14 dinyatakan normal, sedangkan Hb dalam darah responden

wanita adalah $Hb < 12$ dinyatakan anaemia dan $Hb > 12$ dinyatakan normal, dan dari tabel diatas terlihat bahwa berdasarkan hasil pengukuran Hb dalam darah untuk responden laki-laki dinyatakan bahwa responden dengan $Hb < 14$ (anemia) sejumlah 12 responden (37,5%) sedangkan selebihnya (sebagian besar) berjumlah 17 responden (53,1 %) dinyatakan normal karena mempunyai $Hb > 14$. Bagi responden wanita semuanya normal dengan $Hb > 12$ (9,4%), karena responden wanita bekerja dibagian administrasi, pagi hari sehingga kemungkinan kecil merka terpapar timah hitam (Pb).

Hasil pengukuran Pb Udara di lingkungan industri peleburan timah hitam (Pb) pada PT Jasa Timbal dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.20. : Hasil pengukuran Pb udara dari PT Jasa Timbal th. 2002

No.	Pb Udara	Sebelum Proses mgr/m ³	Saat Proses mgr/m ³
	Bagian dalam pabrik		
1.	Bahan baku(pengupasan sel aki)	0,21	0,62
2.	Produksi / pengepakan lantakan timah hitam	0,20	0,52
3.	Peleburan / pencetakan lantakan timah hitam	0,29	0,21
4.	Sisa bahan plastik dan administrasi	0,02	0,08

Dari tabel diatas terlihat bahwa berdasarkan hasil pengukuran Pb udara yang paling tinggi terdapat pada saat proses dibagian bahan baku atau pengupasan sel aki bekas sebesar 0,62 mgr / m³ disusul pada bagian pengepakan lantakan timah hitam sebesar 0,52 mgr / m³, sedangkan yang paling rendah adanya Pb di udara ada pada bagian sisa bahan plastik dan administrasi, namun ada kenaikan kadar Pb udara dibanding sebelum proses. Tidak demikian dengan bagian peleburan/pencetakan lantakan Pb yang mengalami penurunan tajam, hal ini

turun menjadi 0,21), hal ini disebabkan karena pada saat proses pintu dibuka dan arah angin menuju ke utara (kebelakang tungku) sehingga Pb yang keluar dari peleburan langsung kearah pengepakan dan ke pengupasan sel aki.

Berdasarkan semua data yang telah dipaparkan diatas, jika dihubungkan dengan interpretasi hasil pemeriksaan darah (Pb, Hb dan gambaran darah tepi) dibandingkan dengan kadar Pb udara dan lama pemaparan, ini dapat dilihat sebagai berikut :

Pada wanita tidak ditemukan responden yang mempunyai Hb < 12 atau menderita penyakit anemia, tetapi dengan Hb normal (> 12) dengan kadar Pb darah normal (< 40 µgr / 100 ml) ditemukan 2 responden kadar Pb darah terpapar (> 40 µgr / 100 ml) ditemukan 1 responden.

Hal ini disebabkan 1 responden ini adalah anak pemilik dimana sejak kecil sudah berada di lingkungan industri tersebut.

Untuk karyawan laki-laki dapat dilihat dari tabel dibawah ini :

Tabel 4.21. : Distribusi kadar Pb darah responden laki-laki terhadap kadar Hb darah pada PT Jasa Timbal tahun 2002

No.	Kadar Hb	Kadar Pb dalam darah		< 40 µgr / 100 ml NORMAL		> 40 µgr / 100 ml TIDAKNORMAL	
		n	%	n	%	n	%
1.	Hb < 14 (anaemia)	5	17,2	7	24,1		
2.	Hb > 14 (normal)	15	51,6	2	7,1		
	Jumlah	20	68,8	9	31,2		

Pada tabel diatas terlihat bahwa ditemukan responden yang menderita anemia (Hb < 14) dengan kadar Pb dalam darah normal sejumlah 5 orang(17,2%), tetapi responden dengan Hb < 14 (anemia) mempunyai kadar Pb dalam darah > 40 µgr / 100 ml atau dalam keadaan terpapar ada 7 orang (24,1%). Jadi terlihat bahwa semakin tinggi kadar Pb dalam darah akan menyebabkan

kadar Hb menurun atau kadar Pb dalam darah berbanding terbalik terhadap kadar Hb dalam darah karyawan laki-laki. Untuk karyawan laki-laki dengan kadar Hb > 14 (normal) dan kadar Pb normal ditemukan 15 orang yang mempunyai kadar Pb dalam darah > 40 $\mu\text{gr} / 100 \text{ ml}$ dengan Hb > 14 ditemukan 2 orang. Hal ini disebabkan kondisi tubuh mereka lebih baik karena adanya faktor pendukung lain (kondisi rumah yang baik dan didalam kerja sangat tertib dengan prosedur kerja).

Lama pemaparan atau masa kerja dari responden sangat berkaitan dengan kadar Pb dalam darah responden baik laki-laki maupun wanita, seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini, diantaranya :

Tabel 4.22. : Distribusi lama pemaparan / masa kerja responden laki-laki dan perempuan terhadap kadar Pb dalam darah di PT Jasa Timbal tahun 2002

No.	Kadar Pb dalam darah	< 40 $\mu\text{gr} / 100 \text{ ml}$ NORMAL		> 40 $\mu\text{gr} / 100 \text{ ml}$ TIDAKNORMAL	
		n	%	n	%
	Lama pemaparan				
1.	< 1 tahun	0	0	2	6,3
2.	1 – 5 tahun	21	65,7	4	12,4
3.	> 5 tahun	1	3,2	4	12,4
	Jumlah	22	68,9	10	31,1

Dari tabel diatas terlihat bahwa responden dengan masa kerja < 1 tahun yang Pb tidak normal dalam darah, terdapat sejumlah 2 orang (6,3%), sedang para responden dengan masa kerja/lama pemaparan selama 1–5 tahun dari 25 responden, yang terpapar Pb (Kadar Pb > 40 $\mu\text{gr} / 100 \text{ ml}$) hanya ada 4 orang (12,4%), selebihnya para responden dalam keadaan normal sejumlah 21 orang. Dan mereka yang mempunyai masa kerja > 5 tahun cenderung kadar Pb dalam darah meningkat dengan ditunjukkannya responden dengan kadar Pb dalam darah normal (< 40 $\mu\text{gr} / 100 \text{ ml}$) hanya 1 orang dan yang mempunyai kadar Pb tidak

normal dalam darah 4 orang (12,4%). Kadar Pb dalam darah cenderung kembali ke normal pada masa kerja 2 – 5 tahun dan meningkat pada masa kerja > 5 tahun, bahkan ada yang sudah bekerja lebih dari 20 tahun.

Kadar Pb dalam darah akan mempengaruhi bentuk eritrosit dari para responden seperti terlihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 23 : Distribusi kadar Pb dalam darah dengan bentuk eritrosit responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	bentuk eritrosit kadar Pb dalam darah	normal		An Isositik ringan	
		n	%	n	%
1.	< 40 μ gr/dl NORMAL	15	46,9	7	21,9
2.	> 40 μ gr/dl TIDAK NORMAL	1	3,2	9	28,0
	jumlah	16	50,1	16	49,9

Dari tabel diatas terlihat bahwa pada kadar Pb normal ditemukan bentuk eritrosit normal sebesar 46,9% dan an isositik ringan sebesar 21,9%, sedangkan pada kadar Pb tidak normal ditemukan bentuk eritrosit normal sejumlah 3,2% dan bentuk an isositik ringan sebesar 28,0%, ternyata tidak ada pengaruh antara kadar Pb dalam darah dan bentuk eritrosit dalam darah pekerja. Terbukti bahwa bentuk eritrosit antara normal dengan an isositik ringan sama jumlahnya yaitu 50%.

Lama pemaparan / masa kerja dari responden sangat berkaitan dengan kadar Hb dalam darah responden baik laki-laki ataupun wanita, seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.24. : Distribusi lama pemaparan / masa kerja responden laki-laki terhadap kadar Hb dalam darah pada PT Jasa Timbal tahun 2002

No.	Lama pemaparan	Hb < 14 ANAEMIA		Hb > 14 NORMAL	
		n	%	n	%
1.	< 1 tahun	2	7,1	0	0
2.	1 – 5 tahun	8	28,4	15	50,3
3.	> 5 tahun	2	7,1	2	7,1
	Jumlah	12	42,6	17	57,4

Dari tabel diatas terlihat, bahwa tidak ada keterkaitan lama pemaparan atau masa kerja dengan kadar Hb darah responden laki-laki, ini terbukti bahwa semakin lama masa kerja, Hb para responden menunjukkan Hb > 14 (normal), hanya ditemukan 2 responden (7,1%) dengan masa kerja > 5 tahun dan 8 responden (28,4%) dengan masa kerja antara 2 – 5 tahun yang mempunyai Hb < 14 yang menderita anemia. Hb cenderung menurun dengan masa kerja > 1 tahun namun meningkat kembali setelah masa kerja > 5 tahun. Hal ini disebabkan karena Hb dalam darah pada masa sirkulasi < 1 tahun terjadi penyerapan Pb yang sempurna sehingga kadart Pb dalam darah meningkat dan seterusnya (1 – 5 tahun) kembali menjadi normal, ini terlihat pada gambaran darah tepi dari responden, dan meningkat kembali pada masa kerja > 5 tahun. Dari perhitungan responden yang menderita anemia hanya 12 orang, namun dari hasil wawancara ditemukan para responden yang mengatakan mudah ngantuk dan cepat lelah sejumlah 23 orang, inilah yang dirasakan oleh responden tanpa adanya pemeriksaan dokter, mereka hanya menebak saja. Adapun untuk responden wanita dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.25. : Distribusi lama pemaparan / masa kerja responden wanita terhadap kadar Hb dalam darah pada PT Jasa Timbal

No.	Lama pemaparan Pb udara	Hb < 12 ANAEMIA		Hb > 12 NORMAL	
		n	%	n	%
1.	< 1 tahun	0	0	0	0
2.	1 – 5 tahun	0	0	2	66,6
3.	> 5 tahun	0	0	1	33,4
	Jumlah	0	0	3	100

Pada responden wanita lama pemaparan tidak terkait dengan kadar Hb dalam darah, tidak ditemukan pada responden wanita yang menderita anemia (Hb < 12), semuanya mempunyai Hb yang normal (Hb > 12). Hal ini mungkin didukung faktor lain, diantaranya tidak langsung tercemar Pb udara.

Berdasarkan kadar Pb udara terhadap kadar Pb dalam darah dari para responden PT Jasa Timbal akan terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.26 : Distribusi kadar Pb udara sebelum proses responden PT Jasa Timbal terhadap kadar Pb dalam darah tahun 2002

No.	Kadar Pb Udara sebelum proses	< 40 µgr / m ³ NORMAL		> 40 µgr / m ³ TIDAKNORMAL	
		n	%	n	%
1.	Bahan baku (pengupasan sel aki bekas) 0,21 mgr/m ³	7	21,9	0	0
2.	Produksi (pengepakan lantai hitam) 0,20 mgr/m ³	2	6,2	6	18,6
3.	Depan tungku peleburan (pencetakan lantai Pb) 0,29 mgr/m ³	5	16,1	2	6,2
4.	Sisa bahan plastik dan administrasi 0,02	8	24,8	2	6,2
	Jumlah	22	69,0	10	31,0

Tabel 4.27 : Distribusi kadar Pb Udara saat proses terhadap Pb dalam darah responden P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	Kadar Pb dalam darah Kadar Pb udara saat proses	< 40 µgr/100 ml NORMAL		> 40 µgr/100ml TIDAKNORMAL	
		n	%	n	%
1.	Bahan baku (pengupasan sel aki) 0,62 mgr/m ³	7	21,9	0	0
2.	Produksi (pengemasan lantakan timah) 0,52 mgr/m ³	2	6,2	6	18,6
3.	Depan tungku peleburan (pencetakan lantakan timah hitam) 0,21 mgr/m ³	5	16,1	2	6,2
4.	Sisa bahan plastik dan administrasi 0,08 mgr/m ³	8	24,8	2	6,2
	JUMLAH	22	69,0	10	31,0

Dari tabel terlihat bahwa yang paling banyak terpapar Pb baik pada sebelum atau pada saat proses adalah karyawan yang bekerja dibagian produksi / pengemasan lantakan Pb berjumlah 6 orang (18,6%) dari yang bekerja 22 orang, karena mereka berada dibelakang (sebelah utara) dari tungku peleburan tersebut. Ada 2 orang (6,2%) yang tidak terpapar (kandungan Pb < 40 µgr / m³), hal ini disebabkan mempunyai masa kerja 2 – 5 tahun.

Dibagian lain para responden mempunyai kadar Pb (< 40 µgr / 100 ml) atau normal, sehingga tidak sepenuhnya terbukti bahwa semakin tinggi kadar Pb udara, semakin tinggi pula kadar Pb dalam darah.

Berdasarkan data Pb udara sebelum proses dan saat proses dari responden PT Jasa Timbal terhadap kadar Hb laki-laki dan wanita dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.28 : Distribusi hubungan antara kadar Hb dalam darah Responden laki laki dengan kadar Pb udara sebelum dan saat proses pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	Kadar Hb dim darah Kadar Pb Udara sebelum dan saat proses	Hb Laki- laki < 14 ANAEMIA		Hb Laki- laki > 14 NORMAL		Hb Wanita < 12 ANAEMIA		Hb Wanita > 12 NORMAL	
		n	%	n	%	n	%	n	%
1.	Bahan baku(pengupasan sel aki) 0,21; 0,62	2	6,2	6	18,6	0	0	0	0
2.	Produksi (pengepakan lantakanPb) 0,20 ; 0,52	6	18,6	2	6,4	0	0	0	0
3.	Depan tungku (peleburan pencetakan Pb)0,29; 0,21	3	9,2	3	9,2	0	0	0	0
4.	Sisa bahan plastik dan administrasi 0,02 ; 0,08	1	3,1	6	18,6	0	0	3	9,2
	Jumlah	12	37,1	17	54,8	0	0	3	9,2

Dari tabel diatas, sebagian besar responden baik laki-laki maupun wanita mempunyai Hb yang normal dimana untuk laki-laki mempunyai Hb > 14 sebesar 17 orang (54,8%) dan wanita Hb > 12 ada 3responden (9,2) serta yang mempunyai Hb < 12 sejumlah 12 orang (37,1%) dimana yang bekerja pada bagian produksi / pengepakan lantakan Pb 6 orang dan pada bagian depan tungku peleburan / pencetakan Pb 3 orang, selebihnya bekerja pada pengupasan sel aki dan sisa bahan plastik. Sebagian besar mempunyai Hb yang normal baik pada responden laki-laki ataupun wanita, sejumlah 17 orang. Dari responden laki-laki yang mempunyai Hb < 14 berjumlah 12 orang.

Hasil pengujian statistik dengan menggunakan korelasi parsial antara variabel independen dan variabel dependen dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.29. : Koeffisien korelasi parsial antara variabel independen (kadar Pb udara sebelum proses, lama pemaparan) dengan variabel dependen (kadar Pb darah, Hb darah) responden PT Jasa Timbal tahun 2002

No.		Kadar Pb dalam darah	Kadar Hb dalam darah
1.	Kadar pemaparan partikel Pb udara (sebelum proses)	0,368 p = 0,038*	0,196 p = 0,284
2.	Lama pemaparan	0,018 p = 0,924	- 0,085* p = 0,643

* Sign p < 0,05

Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa dengan meningkatnya kadar Pb udara sebelum proses, meningkat pula kadar Pb dalam darah responden (32) sebesar 0,368 , demikian juga dengan lama pemaparan Pb udara atau dapat dikatakan bahwa kadar Pb udara berbanding lurus dengan kadar Pb darah.

Namun sangat berbeda dengan hubungan kadar Hb dalam darah, kadar Pb udara dan lama pemaparan berbanding terbalik dengan kadar Hb dalam darah baik untuk responden laki laki maupun responden wanita.

Hasil pengujian statistik dengan menggunakan korelasi parsial antara variabel independen dan variabel dependen dimana kadar Pb udara pada saat proses berlangsung dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4.30 : Koeffisien korelasi parsial antara variabel independen (kadar Pb udara pada saat proses, lama pemaparan Pb udara) dengan variabel dependen (kadar Pb,Hb darah) responden pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002

No.	Variabel Dependen		
	Variabel Impenden		
		Kadar Pb dalam darah	Kadar Hb dalam darah
1.	Kadar pemaparan partikel Pb udara saat proses	0,269 p = 0,136	- 0,335 p = 0,061*
2.	Lama pemaparan Pb udara	0,018 p = 0,644	- 0,085 p = 0,643

* sign $p < 0,05$

Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa dengan meningkatnya kadar Pb udara pada saat proses menunjukkan peningkatan pula kadar Pb dalam darah atau hubungan kadar Pb udara saat proses berbanding terbalik dengan kadar Pb dalam darah responden (tidak signifikan) demikian juga dengan hubungan lama pemaparan Pb udara dengan kadar Pb dalam darah, lama pemaparan berbanding lurus dengan kadar Pb dalam darah.

Berbeda dengan kadar Pb udara dengan kadar Hb dalam darah menunjukkan bahwa ada pengaruh yang signifikan dan merupakan hubungan berbanding terbalik dimana dengan peningkatan kadar Pb udara akan menurunkan kadar Hb dengan koefisien korelasi sebesar $- 0,335$ dalam darah baik responden laki laki maupun responden wanita, demikian juga peningkatan lama pemaparan Pb udara akan menurunkan kadar Hb dalam darah baik responden laki laki maupun responden wanita.

IV.3. PEMBAHASAN

Industri kecil peleburan timah hitam (Pb) sangat potensial mencemari lingkungan kerja dan lingkungan disekitarnya, terutama pencemaran udara pada sebelum dan saat proses berlangsung dengan tersebarnya partikel debu yang berupa logam Pb dan uap sulfur dioksida (SO₂).

Kedua parameter ini sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan hidup. Partikel debu Pb diudara dan gas buang SO₂ akan mencemari lingkungan industri dan masyarakatnya, oleh karena itu dalam pembangunan industri jauh sebelumnya harus sudah dipersiapkan langkah penanggulangan dampak negatif kemungkinan yang terjadi yaitu dengan mengendalikan partikel debu Pb dan gas buang agar tidak mencemari lingkungan. (Harsono Didik, 1994).

Hasil pemeriksaan Pb udara pada industri ini dilakukan 2 kali yaitu pada sebelum dan saat proses berlangsung, terutama di bagian pengupasan sel aki dan di bagian peleburan / pencetakan lantakan timah hitam (Pb).

Pemeriksaan sebelum proses di bagian pengupasan sel aki = 0,21 mgr / m³ dan saat proses adalah 0,62 mgr / m³, sedangkan di bagian peleburan / pencetakan lantakan timah hitam (Pb) sebelum proses = 0, 20 mgr / m³ dan pada saat proses = 0,52 mgr / m³. Peningkatan kadar Pb udara pada saat dan sebelum proses sangat signifikan dibanding dengan di bagian lain.

Peningkatan kadar Pb udara ini sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya suhu, kelembaban, dan arah angin. Dampak dari peningkatan kadar Pb udara terutama pada pekerja di industri tersebut menimbulkan peningkatan kadar Pb dalam darah dan gangguan Haemoglobin (Hb) demikian juga dengan lama pemaparan Pb pada pekerja.

Menurut majalah Kedokteran Indonesia volume 51 no 5, 2001 disebutkan bahwa paparan timah hitam (Pb) pada pekerja melalui saluran nafas berasal dari debu atau asap di udara yang mempunyai kadar Pb yang sangat tinggi.

Logam Pb yang terhirup masuk ke paru-paru dan akan berikatan dengan darah paru-paru serta diedarkan ke seluruh jaringan organ tubuh, lebih dari 90 % logam Pb yang terserap dalam darah berikatan dengan sel darah merah (erythrocyt) dan akan menghambat pembentukan Hb, sehingga seseorang yang mengabsorbsi Pb dari udara, kandungan Pb dalam darah akan meningkat dan dan Hb akan menuru. (Aditama Y,1999)

Faktor yang berpengaruh akan timbulnya gangguan pada darah (Hb dan Pb), akibat adanya paparan kadar Pb udara dan lama paparan yang dibebankan pada karyawan PT Jasa Timbal, serta faktor penyebab yang lain, misalnya : Umur, masa kerja, jenis kelamin, dll. (Medicine Journal, 2002)

Konsekuensi patologis dan klinis exposure debu terhadap gangguan Haemoglobin sangat bervariasi dan tergantung dari faktor tersebut. Riwayat pekerjaan sebenarnya sangat penting dilakukan agar paparan Pb terhadap karyawan bervariasi, namun di industri peleburan timah hitam (Pb) tidak pernah terjadi mutasi (rolling), sehingga karyawan mempunyai tugas tetap pada bagian itu dan paparan Pb tetap akan dibebankan selama karyawan bekerja disitu, karena masa kerja sangat berpengaruh terhadap Pb udara. (Tabel 4.23).

Pada tabel tersebut berdasarkan lama paparan Pb udara / masa kerja para karyawan dengan kandungan Pb dalam darah, terlihat bahwa masa kerja < 1 tahun semuanya terpapar oleh Pb (terbukti kadar Pb dalam darah > 40 µgr / 100ml) demikian juga untuk masa kerja > 5 tahun 80 % karyawan terpapar Pb atau kadar

demikian juga untuk masa kerja > 5 tahun 80 % karyawan terpapar Pb atau kadar Pb dalam darah tinggi. Tetapi untuk masa kerja 1-5 tahun hanya 20 % karyawan yang terpapar Pb, 80 % lainnya mempunyai kadar Pb dalam darah normal.

Hal ini disebabkan bahwa setelah masa kerja >1 tahun, komposisi Pb dalam darah akan beradaptasi (normal) tetapi pada kurun waktu berikutnya akan meningkat kembali . meningkatnya kadar Pb dalam darah dapat juga dimungkinkan oleh faktor lain. Pengaruh riwayat penyakit, gangguan kenyamanan kerja, kondisi lingkungan rumah, dll sangat penting.

Gangguan kenyamanan kerja dinyatakan oleh 50 % responden dimana penyebab yang terbesar adalah dari debu dan uap bukan kimia sebesar 31,3 % seperti yang tertera pada tabel 4.14. Sementara ini yang menyatakan ada gangguan kenyamanan dalam bekerja yang terbanyak 26 orang, namun yang menggunakan APD hanya 20 orang karena setiap orang mungkin merasakan gangguan tidak hanya 1 macam saja atau memakai APD yang tidak tepat.

Dari medicine journal, May 25, 2001, artikel dari David J Ferner, MD disebutkan bahwa gangguan kesehatan yang dapat diakibatkan oleh kadar Pb dalam darah $10\mu\text{gr} / \text{dl}$ adalah kelainan pada darah berupa hambatan pada *AI.A.D* dan gangguan pertumbuhan pada janin. Kadar $15\mu\text{gr} / \text{dl}$ mengakibatkan peningkatan eritrosit, protoporfirin, dan perubahan elektrofisiologi SSP. Kadar $30\mu\text{gr} / \text{dl}$ mengakibatkan peningkatan tekanan darah, kelainan prematur pada janin dan aberasi kromosom pada reproduksi laki-laki. Kadar $40\mu\text{gr} / \text{dl}$ mengakibatkan peningkatan koproporfirin, disfungsi syaraf perifer. Kadar $60\mu\text{gr} / \text{dl}$ mengakibatkan perifer neuropati dan komplikasi pada kehamilan. Kadar $70\mu\text{gr} / \text{dl}$ mengakibatkan anemia klinis, dan kadar $80-100\mu\text{gr} / \text{dl}$ mengakibatkan neuropati kronik pada ginjal, gejala ensefalopati, kelainan jantung dan infertilitas.

Pada penelitian ini digambarkan tentang keadaan responden diantaranya riwayat penyakit yang diderita responden mulai yang terbesar adalah sakit influenza (Tabel 4.7). pada 32 responden, hampir semua pernah menderita influenza selama kurun waktu 6 bulan terakhir baru kemudian disusul dengan anemia (Hb rendah). Dari hasil wawancara yang menderita mudah ngantuk, cepat lelah sejumlah 23 orang, namun dari perhitungan statistik yang mengalami $Hb < 14$ (laki-laki) sejumlah 12 orang. Hal ini disebabkan deteksi anemia hanya perkiraan diri sendiri tanpa diperiksa dokter dan pengobatan sebagaimana mestinya.

Kadar Pb dalam darah sangat berhubungan dengan gangguan kadar Hb dalam darah responden, hal ini dapat dibuktikan bahwa semakin tinggi kadar Pb dalam darah akan menurunkan kadar Hb dalam darah, ini terbukti bahwa Pb darah sangat berhubungan erat / berbanding terbalik dengan Hb darah.

Seperti diketahui bahwa Hb dalam darah responden laki-laki < 14 dikatakan menderita anemia dan diatas > 14 adalah normal, sedangkan Hb dalam darah wanita < 12 dikatakan menderita anemia dan $Hb > 12$ adalah normal. (Sylvia Anderson, 1995). Tabel 4.19 terlihat bahwa berdasarkan hasil pengukuran Hb dalam darah responden laki-laki $Hb < 14$ hanya 37,5 % dan Hb normal ($Hb > 14$) sebesar 53,1 %, sedangkan responden wanita semuanya normal ($Hb > 12$). Hal ini disebabkan karena wanita yang bekerja hanya di bagian administrasi, sehingga mereka kemungkinan kecil terpapar Pb.

Area kerja para responden berhubungan erat dengan paparan partikel Pb udara yang diterima setiap karyawan. Kadar Pb udara di area kerja bervariasi di setiap bagian dalam pabrik. Kadar Pb udara yang terendah (sebelum proses) terjadi di bagian sisa bahan plastik dan administrasi = $0,02 \text{ mgr} / \text{m}^3$ dan pada saat

proses sebesar $0,08 \text{ mgr} / \text{m}^3$, ada peningkatan sedikit dan itu tidak berpengaruh pada kandungan Pb darah responden yang bekerja di area tersebut. Sedangkan kalau Pb udara tertinggi (sebelum proses) terdapat di area kerja (di depan tungku dan peleburan / pencetakan lantakan Pb) sebesar $0,29 \text{ mgr} / \text{m}^3$ dan pada saat proses kadar Pb udara justru menurun $0,21 \text{ mgr} / \text{m}^3$. Hal ini disebabkan karena pada saat proses arah angin justru menuju ke udara (kearah produksi / pengepakan lantakan timah hitam) dan pintu dibuka sehingga kadar Pb udara di bagian produksi / pengepakan (disebelah selatan) menunjukkan kenaikan yang signifikan dari $0,20 \text{ mgr} / \text{m}^3$ menjadi $0,52 \text{ mgr} / \text{m}^3$, namun jumlah responden hanya 2 yang mengalami kadar Pb tidak normal (kadar Pb darah $> 40 \mu\text{gr} / \text{dl}$) dan yang dinyatakan normal 5 orang.

Justru pada bagian produksi / pengepakan lantakan timah hitam (Pb) juga terjadi peningkatan kadar Pb udara secara signifikan dari $0,21 \text{ mgr} / \text{m}^3$ menjadi $0,62 \text{ mgr} / \text{m}^3$ dengan jumlah responden 6 orang yang kadar Pb tidak normal (75%) dari responden yang bekerja di bagian itu. Bagian pengupasan sel aki letaknya di sebelah Utara dari tungku peleburan, sedangkan bagian produksi / pengepakan lantakan timah hitam (Pb) lebih ke Utara, karena pada saat pemeriksaan kadar Pb udara, arah angin menuju ke Utara, tetapi responden yang bekerja di bagian pengupasan sel aki mempunyai kadar Pb dalam darah $< 40 \mu\text{gr} / \text{dl}$ (normal), salah satu penyebabnya mungkin masa kerja responden diantara 2-5 tahun dimana kadar Pb dalam darah menunjukkan normal.

Dari analisa statistik dapat dibuktikan bahwa dengan bertambahnya kadar Pb di udara, akan meningkat pula kadar Pb dalam darah. Namun sangat berbeda dengan kadar Hb dalam darah, Pb udara, Pb darah berbanding terbalik dengan Hb para responden.

Kadar Pb dalam darah ini meskipun jumlahnya kecil tetapi logam ini sangat berbahaya karena efek timah hitam (Pb) membentuk racun terhadap fungsi organ dalam tubuh (Carl Zeus, MD, ScD, 1994)

Timah hitam (Pb) yang diabsorpsi diangkut oleh darah ke organ lain. Sekitar 95% dalam darah diikat oleh sel darah merah (eritrosit) dan akan menghambat pembentukan haemoglobin / Hb. Sehingga seseorang yang mengabsorpsi Pb dari udara, kandungan Pb dalam darah akan meningkat dan ini akan mengganggu pembentukan haemoglobin / Hb sehingga kadar Hb dalam darah akan menurun (Suyono J, 1995), ini sesuai dengan penelitian yang sedang dilakukan (lihat pada analisa statistik).

Dari tabel 4.13 dan 4.14, gangguan kenyamanan kerja karena faktor lingkungan kerja telah dinyatakan oleh 75 % responden dan sebagai salah satu penyebab terbesar adalah karena udara yang berdebu (50,0 %), uap bahan kimia berupa uap Pb dan uap SO₂ dinyatakan sebesar 31,2 % dari jumlah responden.

Setiap responden yang mengeluh tidak hanya mengeluh pada salah satu gangguan saja, tetapi ada yang mengeluh > 1 gangguan (menurut apa yang dirasakan oleh responden). Hal ini kemungkinan terjadi karena Alat Pelindung Diri (APD) yang digunakan sesuai dengan sebab gangguan yaitu penggunaan masker sebesar 59,4 % dan kaca mata gogle sebesar 12,5 %.

Ada beberapa responden yang disiplin memakai APD tersebut, bahkan dua-duanya digunakan, dan 34,4 % tidak menggunakan sama sekali. Alasan responden tidak menggunakan APD yang terbesar karena tidak diharuskan memakai (25,0%), malas memakai (21,9 %), jumlah tidak cukup (18,7 %). Lainnya tidak menjawab sebesar 25 % atau tanpa alasan, hanya menganggap bahwa memakai APD sangat mengganggu pekerjaan.

Faktor lain yang mempengaruhi peningkatan paparan kadar Pb dalam udara adalah kondisi lingkungan dan letak rumah serta jarak yang ditempuh, kendaraan yang digunakan responden dari rumah ke tempat kerja.

Menurut artikel dari Robert Malkin, *Environmental Research*, 1995, disebutkan bahwa kondisi rumah juga mempengaruhi kadar Pb dalam darah dimana kondisi rumah tembok sangat dipengaruhi oleh pengecatan tembok (cat mengandung Pb)

Pada tabel 4.9 terlihat bahwa responden yang mempunyai rumah dengan tembok dan lantai semen (40,6%) dan tembok dengan lantai keramik sebesar 34,4 % . sebenarnya responden sangat memperhatikan kondisi rumah sehingga diharapkan kesehatannya dapat terjamin.

Letak rumah responden ditunjukkan pada tabel 4.10, sebagian besar responden bertempat tinggal dekat dengan jalan raya,(37,5 %) dan ditepi jalan raya (12,5 %), sebagian lagi menempati rumah jauh dari jalan raya (12,5 %) dan agak jauh dari jalan raya (37,5 %).

Letak rumah ini merupakan salah satu penyebab responden terpapar Pb yang disebabkan oleh arus kendaraan yang mengeluarkan gas buang dari premium (TEL) dari arah angin, sehingga pada tabel sesuai arah angin, responden sebesar 31,4 % terpapar Pb.

Jarak yang ditempuh responden dari rumah ke tempat kerja juga berpengaruh pada paparan Pb karena di sepanjang jalan, responden menghirup asap knalpot terutama bagi responden yang menggunakan sepeda motor (43,8%) dan kendaraan angkutan umum sebesar 15,6 %. Memang sebagian dari mereka termasuk kriteria normal (Pb darah < 40 mgr /100 ml) hal ini disebabkan

pengaruh faktor lain, misalnya gizi cukup, rumah, kendaraan yang tidak mengandung resiko paparan Pb udara.

Gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh adanya paparan timah hitam (Pb) yang terjadi di industri peleburan timah hitam menimbulkan gangguan yang bermacam macam, misal : gangguan pada sistim syaraf pusat, sistim reproduksi, sistim darah khususnya haemoglobin/Hb, sistim respirasi dan cardio vasculer. Yang semuanya ini tergantung kadar yang mengendap dalam darah para responden (kadar Pb dalam darah). Gangguan yang ditimbulkan jika kadar Pb dalam darah sebesar 10 $\mu\text{gr}/100\text{ ml}$ adalah kelainan pada sistim perdarahan (haemopoitik) berupa hambatan pada ALAD (menghambat pertumbuhan haemoglobin), diantaranya menderita anaemia.

Menurut Ken Ariati Tengadi, 1996 Anaemia mulai timbul pada orang dewasa maupun anak anak baik secara lambat maupun sedang pada kondisi kadar Pb dalam darah 8 -12 $\mu\text{gr}/100\text{ml}$, permulaan terjadinya kelainan berupa keracunan dan adanya perubahan pada gambaran darah tepi yaitu microcytic (bentuk sel darah merah lebih kecil) dan hypochromic (warna sel darah merah/erythrocyt lebih muda) karena terjadi kerapuhan. Sedangkan pada tahap kronis anaemia sering menjadi normal kembali dengan ditandai dengan normocytic dan normachromic (warna dan bentuk erythrocyt menjadi normal kembali).

Pada penelitian yang sedang dilakukan ini, terjadi perubahan pada sistim darah terdapat pada responden yang bekerja di bagian pengupasan sel aki dengan masa kerja < 1 tahun ada 2 orang (100%), dan kembali normal dengan masa kerja 2 – 5 tahun, pada tabel 4.23 terlihat bahwa dari 25 responden yang dinyatakan normal sebesar 84% dan sisanya 16 % dinyatakan terpapar oleh Pb udara dengan kadar Pb dalam darah > 40 $\mu\text{gr}/100\text{ml}$. Responden dengan masa kerja > 5 tahun

timbul gangguan sistim darah kembali dimana dari 5 orang yang bekerja , 1 orang dinyatakan normal (20%) dan sisanya 4 orang (80%) dinyatakan terpapar Pb.

Gangguan pada sistim reproduksi menurut Antilla A, 1995 pernah dilakukan percobaan pada tikus putih jantan dan betina diberi perlakuan dengan ditambah 1%Pb asetat pada makanannya, hasil yang ditunjukkan adalah berkurangnya kemampuan sistim reproduksi dari hewan tersebut. Embrio yang dihasilkan dari perkawinan yang terjadi antara tikus jantan yang diberi perlakuan dengan tikus betina normal mengalami hambatan dalam pertumbuhannya, sedangkan janin yang terdapat pada tikus betina yang diberi perlakuan Pb asetat mengalami penurunan dalam ukuran, hambatan dalam pertumbuhan baik sewaktu dalam rahim maupun setelah dilahirkan.

Pada manusia (laki laki) pengaruh Pb terhadap fungsi reproduksi dapat menyebabkan berbagai kelainan pada sperma. Pengaruh Pb terhadap kualitas semen dapat melalui pengaruh langsung yaitu proses spermatogenesis atau secara tidak langsung terhadap transpor semen atau aksis hipotalamus – hipotesis – testis yaitu pengaruh hormonal.

Menurut ATSDR, Environmental Medicine, 1999 menyebutkan bahwa sangat berpengaruh kadar Pb dalam darah terhadap sistim reproduksi. Paparan Pb dalam darah yang diserap oleh pekerja wanita $> 40 \mu\text{gr}/100\text{ml}$ akan mengganggu sistim reproduksi, diantaranya : keguguran, BBLR dan kemandulan. Pengaruh kadar Pb dalam darah terhadap gangguan pada sistim syaraf, menurut Lewis P Roland pada Medicine Journal, 2002 dari pengamatan menunjukkan bahwa pengaruh dari paparan Pb menimbulkan kerusakan pada sistim syaraf pusat (SSP), diantaranya epilepsi, halusinasi dan kerusakan pada otak besar dan delirium, juga terjadi pada arteriol dan kapiler yang mengakibatkan edema otak,

meningkatnya tekanan cairan serebrospiral, degenerasi neuron dan yang lainnya. Secara klinis keadaan ini disertai dengan menurunnya fungsi memori dan konsentrasi, depresi, vertigo, tremor, kejang kejang dan koma.

Pengaruh kadar Pb dalam darah terhadap gangguan sistim endokrin, menurut Palar H, 1994 jarang dilakukan penelitian karena parameter pengujian sangat sulit dan kurang bervariasi. Menurut hasil penelitian paparan Pb yang berbeda terjadi pengurangan steroid yang dikeluarkan dan terus mengalami peningkatan sampai pada posisi minus. Kecepatan pengeluaran aldosteron juga mengalami penurunan selama pengurangan konsumsi garam pada orang yang terpapar Pb.

Pengaruh kadar Pb dalam darah terhadap gangguan sistim respirasi pada ginjal menyebabkan nefropati yang ditandai dengan gangguan fungsi ginjal progresif dan juga hipertensi. Kerusakan ginjal berupa fibrosis interstitialis kronis, degenerasi tubuler dan perubahan vasculer pada arteri kecil atau arteriol.

Ditemukan gambaran khas yaitu penuhnya badan inklusi intra nuklear pada sel dinding tubulus yang mengakibatkan menurunnya reabsorpsi asam amino, glukosa, fosfat dan asam sitrat, gangguan ginjal ini bersifat tidak menetap (Carl Zens, MD, ScD 1994).

Gangguan kesehatan terhadap sistim cardio vasculer akibat dari adanya paparan Pb dalam darah adalah jantung, namun sejauh ini perubahan dalam otot jantung baru ditemukan pada anak anak. Perubahan tersebut dapat dilihat dari ketidaknormalan EKG tetapi setelah diberi bahan khelat EKG akan kembali normal. Sampai sekarang belum ada laporan tentang perubahan kerja jantung pada pekerja pertambangan maupun industri pengolahan logam khususnya pengolahan/peleburan timah hitam. Pada percobaan yang dilakukan pada tikus

putih dengan memberikan perlakuan Pb juga tidak ditemukan difusi otot jantung , penelitian terhadap manusia ditemukan hanya mengalami kolik yang disertai peningkatan tekanan darah, kemungkinan timbulnya kerusakan miocard yang tidak boleh diabaikan. (Carl Zens , MD, ScD, 1994) pada penelitian yang sedang dilakukan tidak ditemukan responden yang menderita sakit jantung.

Encelopati merupakan bentuk keracunan Pb yang sangat buruk , menurut Suyono J,1995 ditemukan sindrom gejala neorologis yang berat dan berakhir dengan kerusakan otak atau kematian. Paling sering dijumpai pada anak anak dan orang dewasa yang mengkonsumsi makanan/minuman yang tercemar Pb, untuk anak anak mempunyai resiko yang lebih besar dibanding orang dewasa. Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan aktifitas interna.

Pengujian hipotesis untuk mengetahui keeratatan hubungan antara kadar Pb udara dengan kadar Pb dalam darah, menggunakan uji korelasi parsial. Namun sebelumnya dilakukan lebih dulu uji normalitas terhadap distribusi data dengan menggunakan one sample kalmogorof smirnov test. Berdasarkan uji tersebut diketahui bahwa distribusi data adalah normal, sehingga data diatas dapat diuji dengan menggunakan uji korelasi partial / Pearson Corelation.

Dari tabel 4.28 dimana pemeriksaan Pb udara dilakukan sebelum proses peleburan timah hitam akan terlihat bahwa ada hubungan antara peningkatan kadar Pb udara dengan peningkatan Pb darah atau Pb udara berbanding lurus dengan Pb dalam darah sebesar 0,368, namun secara statistik terlihat bahwa harga $p = 0,038$ ($p < 0,05$) maka hipotesa H_0 ditolak dan H_1 diterima, maka terbukti bahwa analisa statistik tersebut benar yaitu : “ *ada hubungan antara peningkatan Pb udara dan Pb dalam darah.* “ Demikian juga dengan hubungan lama pemaparan Pb udara dengan Pb dalam darah, pada tabel terlihat bahwa ada

hubungan antara lama pemaparan Pb udara yang besar maka kandungan Pb dalam darah yang meningkat sebesar 0,018 atau lama pemaparan Pb udara berbanding berbanding terbalik dengan kadar Pb dalam darah, analisa ini tidak ada hubungan lama pemaparan Pb udara dengan Pb dalam darah.

Tidak demikian dengan kadar Pb udara dengan kadar Hb dalam darah dimana pada tabel 4.30 terlihat bahwa makin tinggi kadar Pb dalam darah akan makin menurun kadar Hb dalam darah sebesar $-0,335$, secara statistik terlihat bahwa harga $p = 0,061$ sehingga ada hubungan kadar Pb udara dengan kadar Hb dalam darah yang signifikan, walaupun pada salah satu bagian (depan tungku) kadar Pb udara pada saat proses mengalami penurunan dari $0,29 \text{ mgr/m}^3$ menjadi $0,21 \text{ mgr/m}^3$.

Penurunan kadar Pb udara ini terjadi karena pada saat pemeriksaan/pengukuran kadar Pb udara muncul beberapa faktor yang mengganggu, diantaranya :

1. pintu depan (dekat tungku) terbuka ada angin yang masuk menuju kearah belakang pada bagian produksi/pengepakan lantakan Pb sehingga pada bagian tersebut mengalami kenaikan kadar Pb udara
2. pemeriksaan dilakukan tidak pada saat penuangan leburan timah hitam ke cetakan (tidak ada kegiatan) hanya responden menunggu saja.
3. Pemasangan alat sulit memilih tempat yang tepat,yang sangat berhubungan pemusatan partikel Pb udara (terjadfi fluktuasi udara)

Memang kelemahan pada penelitian ini karena pengukuran kadar Pb udara dilakukan hanya 1 kali pada setiap kegiatan (sebelum dan saat proses) dan keterbatasan jumlah sampel.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisa statistik dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

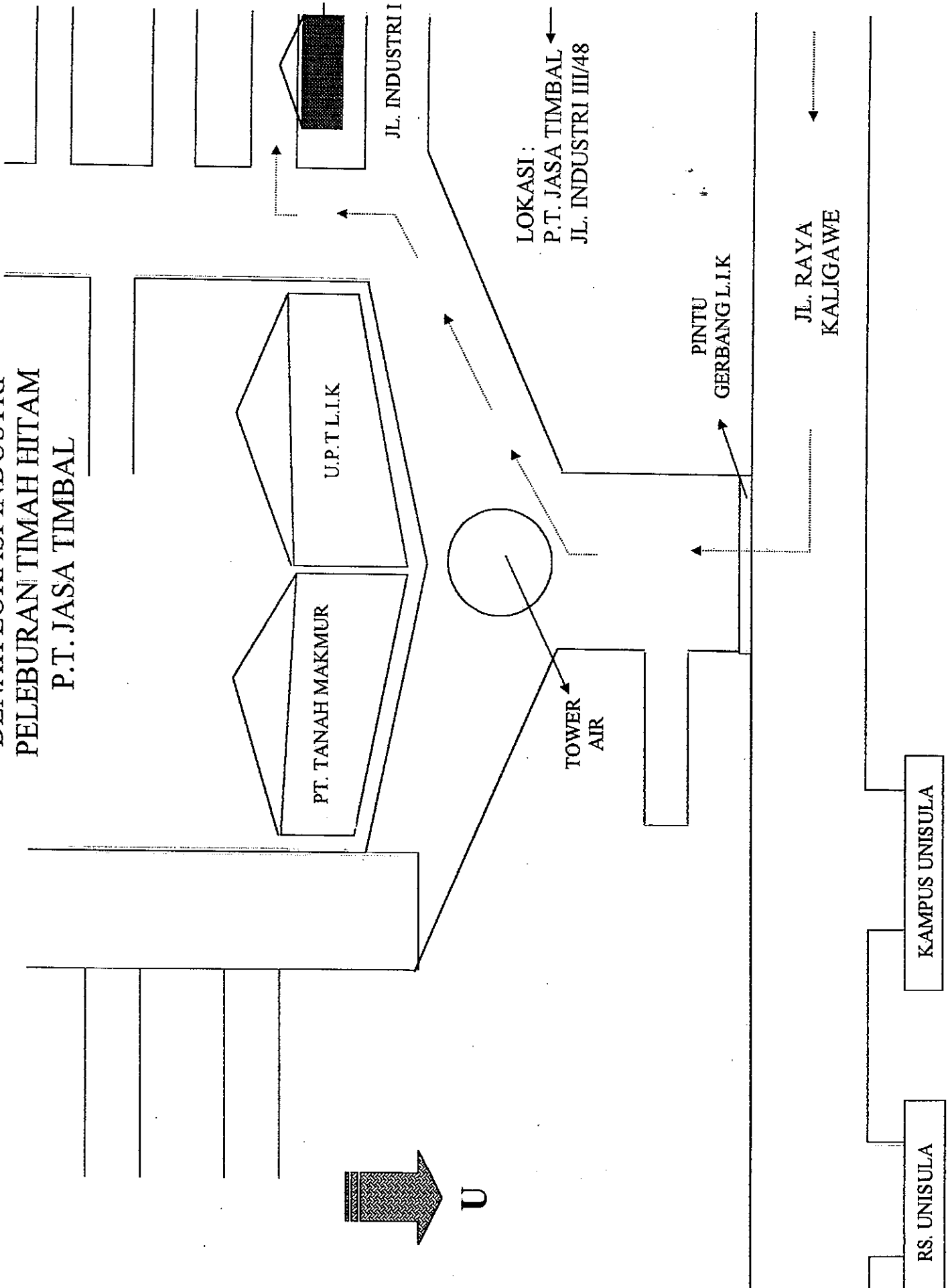
1. Gangguan kenyamanan kerja karena udara berdebu, serpihan sel aki bekas dan uap Pb serta SO₂ dinyatakan oleh sebagian besar pekerja (89,3%) sehingga perlu mendapat perhatian dari pemilik.
2. Ada hubungan yang bermakna antara kadar partikel Pb udara sebelum proses dengan kadar Pb dalam darah responden ($p = 0,038$) positif dimana dengan meningkatnya kadar Pb udara sebelum proses akan meningkat pula kadar Pb dalam darah atau kadar Pb udara berbanding lurus dengan kadar Pb dalam darah pekerja P.T. Jasa Timbal dengan koefisien korelasi sebesar $+ 0,368$.
3. Ada hubungan yang bermakna antara kadar Pb udara saat proses dengan kadar Hb dalam darah responden ($p = 0,061$) dengan koefisien korelasi sebesar $- 0,335$ dimana dengan meningkatnya kadar Pb udara saat proses akan menurunkan kadar Hb dalam darah atau kadar Pb udara berbanding terbalik dengan kadar Hb dalam darah pekerja P.T. Jasa Timbal.
4. Kebiasaan menggunakan Alat Pelindung Diri (A.P.D.) hanya dilakukan oleh sebagian kecil pekerja, lainnya hanya kadang kadang dan tidak menggunakan sama sekali (90,6%) karena menganggap A.P.D. sangat mengganggu pekerjaan dan tidak diwajibkan oleh pemilik.
5. Riwayat penyakit (terdahulu atau sekarang), diantaranya mudah ngantuk dan cepat lelah terdeteksi oleh sebagian besar responden dengan perkiraan sendiri karena keterbatasan dana dan kurang disediakan oleh pemilik,

walaupun kedokter obat yang diberi tidak diketahui namanya, mereka paham obat paten saja

V.2. SARAN

1. Kepada peneliti berikutnya yang ingin mengkaji lebih mendalam tentang hubungan pemaparan kadar partikel Pb udara dan Pb darah terhadap gangguan haemoglobin (Hb) diharapkan melakukan penelitian dengan mengembangkan teknologi proses untuk meminimasi limbah yaitu meningkatkan pengolahan gas buang agar debu partikel Pb dan gas SO₂ yang dibuang tidak mencemari lingkungan sehingga kesehatan para pekerja maupun masyarakat tidak terganggu.
2. Kepada pimpinan P.T. Jasa Timbal, diharapkan :
 - Hendaknya perlu diperhatikan pada saat rekrutmen karyawan melakukan medical check up (pemeriksaan darah lengkap) sehingga dapat diketahui kesehatan dan perkembangan yang terjadi selama karyawan bekerja dengan malakukan medical check up secara periodik
 - Penggunaan A.P.D. perlu diperhatikan kedisiplinannya dan jumlahnya cukup memadai
 - Sanitasi lingkungan perlu mendapat perhatian agar industri tersebut menjadi industri yang ramah lingkungan.

DENAH LOKASI INDUSTRI
PELEBURAN TIMAH HITAM
P.T. JASA TIMBAL



BAB VI RINGKASAN

LATAR BELAKANG

Industri peleburan timah hitam (Pb) ini sangat potensial mencemari lingkungan kerja dan lingkungan disekitarnya terutama pencemaran udara saat proses peleburan berlangsung dengan tersebarnya partikel debu yang berupa logam Pb dan uap sulfur dioksid (SO_2). Kedua parameter ini sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan hidup, hal ini disebabkan sifat Pb sangat toksik dan uap sulfur dioksida sangat korosif terutama sangat berbahaya bagi pernapasan.

Oleh karena itu dalam pembangunan industri ini, jauh sebelumnya harus sudah dipersiapkan langkah penanggulangan dampak negatif kemungkinan yang terjadi yaitu mengendalikan partikel Pb dan gas buang agar tidak mencemari lingkungan disekitarnya ⁽¹⁾ Menurut hasil penelitian Didik Harsono, 1994 menyebutkan bahwa kadar emisi gas buang yang ditimbulkan oleh pencemaran industri peleburan timah hitam (Pb) di UD. Jaya Abadi kabupaten Tegal ternyata tiga parameter tersebut masih diatas N.A.B. yaitu gas SO_2 mencapai $0,8325 \text{ gr/Nm}^3 (< 0,3 \text{ gr/Nm}^3)$, partikel debu $0,6312 \text{ gr/Nm}^3 (< 0,6 \text{ gr/Nm}^3)$ dan partikel Pb $0,0752 \text{ gr/Nm}^3 (< 0,04 \text{ gr/Nm}^3)$

Gas buang (SO_2) dan partikel Pb didalam cerobong asap disebabkan karena pembakaran sel aki bekas, dimana masih ada kandungan sulfat yang terikat pada sel aki sehingga setelah mengalami proses peleburan pada suhu $> 300^\circ\text{C}$ akan timbul gas SO_2 dan partikel Pb.

Pada pengukuran gas SO_2 , hasil analisa pada emisi melebihi N.A.B. tetapi pada analisa ambien kurang dari N.A.B., karena gas SO_2 diudara mengalami

pengenceran dan sifat gasnya lebih ringan dibanding dengan partikel debu yang mengandung timah hitam (Pb). Adanya kondisi seperti diatas, daerah tersebut mengalami pencemaran udara Pb baik dilingkungan kerja maupun masyarakat sekitarnya, juga akibat adanya pencemaran udara Pb terlihat pada kondisi fisik para pekerja dan pemilik dimana mereka terlihat kurus, pucat.

Juga keluhan dari warga disekitarnya, dimana keberadaan industri ini sangat mengganggu keberadaannya, terutama warga Perumahan Genuk Indah yang berada disebelah selatan lokasi sangat terganggu kesehatan mereka, yaitu menimbulkan rasa yang tidak nyaman, mengalami sesak nafas, lesu, pucat, flek paru paru, bau menyengat dan pakaian yang dijemur menjadi kehitam hitaman dan warga memohon agar ditinjau kembali.

Walaupun kadar Pb di udara sangat kecil, karena sifat toksiknya dianggap sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Seperti diketahui bahwa debu timah hitam (Pb) adalah logam berat yang bila terhirup melalui pernafasan dalam waktu tertentu masuk dalam peredaran darah (30 - 37 %), hal ini akan mempengaruhi kesehatan dan pada tingkat akut dapat menimbulkan gangguan haemoglobin (Hb), kerusakan jaringan syaraf di otak dan dapat menimbulkan kerusakan paru paru. Jadi meskipun kadar timah hitam (Pb) masih dibawah baku mutu tetap harus mendapat perhatian ⁽³⁾.

Belum adanya informasi bagi para pengrajin tentang dampak pencemaran pada pekerja maupun lingkungan dan masyarakat disekitarnya, terutama mereka yang merasa tidak nyaman selama ini. Dengan demikian diharapkan peneliti memberikan perhatian tentang “ Adakah hubungan kadar dan lama pemaparan partikel Pb udara dengan Pb darah dan gangguan haemoglobin (Hb) bagi pekerja industri peleburan timah hitam / Pb maupun masyarakat disekitarnya”

PERUMUSAN MASALAH

Beberapa masalah yang dihadapi industri kecil timah hitam / Pb kecuali pada teknologi proses, maka yang perlu diperhatikan adalah

- mengganggu kenyamanan berupa bau yang menyengat, sesak nafas, pucat, flek paru paru dan debu berwarna hitam menempel dipakaian yang dijemur, bau tersebut sangat terasa dimalam hari.
- Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa banyaknya kadar debu total dan Pb melebihi Nilai Ambang Batas (N.A.B.)⁽²⁾
- Pada observasi awal dilapangan terlihat bahwa industri peleburan timah hitam (Pb) sangat tidak memenuhi syarat baik kesehatan lingkungan maupun kesehatan karyawannya dimana sanitasi lingkungan kurang diperhatikan, hal ini disebabkan karena keterbatasan pengetahuan (teknologi proses, pengendalian pencemaran dan dampak terhadap kesehatan) serta keterbatasan dana.

Belum adanya informasi bagi pengrajin tentang dampak pencemaran pada pekerja dan lingkungan masyarakat sekitarnya yang dirasa tidak nyaman selama ini, sehingga peneliti perlu memberikan perhatian tentang “ Adakah hubungan kadar dan lama pemaparan partikel Pb udara dengan Pb darah dan gangguan haemoglobin / Hb bagi pekerja industri peleburan timah hitam (Pb) maupun masyarakat disekitarnya “.

TUJUAN DAN MANFAAT

TUJUAN UMUM :

Mengetahui hubungan kadar dan lama pemaparan partikel Pb udara dengan Pb darah dan gangguan haemoglobin (Hb) pada pekerja

industri peleburan timah hitam (Pb) di Lingkungan Industri Kecil
Bugangan Baru Semarang .

TUJUAN KHUSUS :

1. Mengukur kadar partikel Pb udara yang dihasilkan dari proses peleburan
2. Menganalisa kadar partikel Pb udara yang dihasilkan dari proses peleburan Pb didalam industri
3. Mengukur kadar Pb dalam darah pekerja .
4. Mengukur kadar Hb dalam darah pekerja
5. Menganalisa hubungan kadar Pb udara dengan Pb dalam darah pekerja
6. Menganalisa hubungan lama pemaparan Pb udara dengan Pb darah pekerja
7. Menganalisa hubungan Pb darah pekerja dengan gangguan haemoglobin (Hb) para pekerja

MANFAAT :

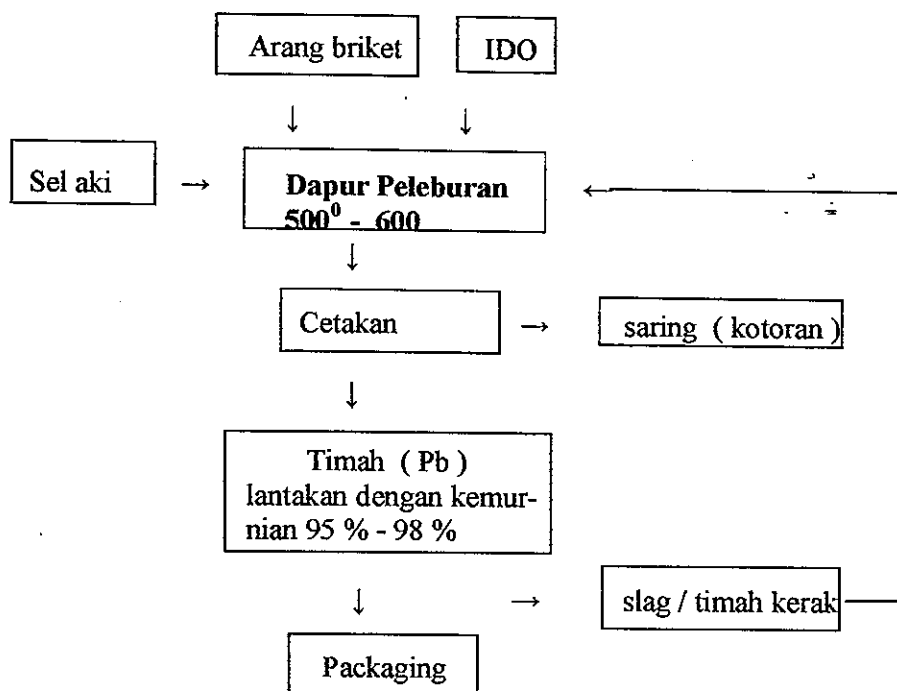
Bagi pengusaha

- meningkatkan pengetahuan tentang dampak terhadap kesehatan pada pekerja,
- meningkatkan pengetahuan yang benar tentang teknologi proses dan penanganan limbah sehingga dapat memperbaiki sanitasi lingkungan yang sesuai persyaratan.

Bagi pekerja dan masyarakat sekitar

- mengharapkan sanitasi lingkungan yang memenuhi persyaratan(ada pengolahan gas buang dan minimasi limbah)
- Keberadaan industri akan diterima oleh lingkungan disekitarnya

PROSES PELEBURAN TIMAH HITAM, secara skematis dapat digambarkan



Gambar 1.1: DIAGRAM ALIR PROSES PELEBURAN AKI BEKAS⁽²⁾

METHODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian survey observasional analitik dengan pendekatan Cross Sectional, yaitu rancangan studi epidemiologi yang mempelajari hubungan penyakit dengan paparan (faktor penelitian) dengan cara mengamati status paparan dan penyakit serentak pada individu dari populasi tunggal suatu saat atau periode

Sebagai populasi adalah para pekerja di industri kecil peleburan timah hitam / Pb pada P.T. Jasa Timbal sejumlah 32 orang, baik laki laki maupun perempuan dengan lama bekerja antara 2 - 10 tahun dan 4 - 10 jam setiap harinya.

Sebagai sampel penelitian diambil semua (32 orang) atau total populasi yang bekerja di beberapa bagian yang ada di industri kecil tersebut.

Penelitian ini dilakukan di industri kecil peleburan timah hitam / Pb P.T. Jasa Timbal jalan Industri III / D 48 - 49 Lingkungan Industri Kecil (L.I.K.) Bugangan Baru Semarang, mengamati khusus kadar dan lama pemaparan Pb udara dengan Pb darah dan gangguan haemoglobin pada pekerja.

PELAKSANAAN PENELITIAN

1. mempersiapkan materi, lokasi, pekerja yang akan diambil sebagai data dan sampel
2. Pemeriksaan pendahuluan terhadap kadar Pb udara pada emisi atau stack di industri yang telah ditentukan.
3. Pemeriksaan kadar Pb udara di lingkungan kerja industri pada titik yang sudah ditentukan , yaitu 4 – 5 titik dimana setiap titik diulang sebanyak 2 kali (sebelum dan saat proses)
4. Pemeriksaan kadar Pb dan Hb dalam darah dari sejumlah sampel (32 orang) pekerja
5. Pemeriksaan gambaran darah tepi (fragmented erythrocyt) dari sejumlah sampel (32 orang) pekerja.
6. Melakukan wawancara dan mengisi kuesioner yang telah disediakan tentang karakteristik pekerja sebagai data pendukung

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut tabel 4.29 tentang hasil pengujian korelasi partial antara kadar Pb udarasebelum proses, lama pemaparan dengan kadar Pb darah, Hb darah responden PT Jasa Timbal tahun 2002

Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa dengan meningkatnya kadar Pb udara sebelum proses, meningkat pula kadar Pb dalam darah responden sebesar 0,368 dengan $p=0,038$, demikian juga dengan lama pemaparan Pb udara atau dapat dikatakan bahwa kadar Pb udara berbanding lurus dengan kadar Pb darah. Namun sangat berbeda dengan hubungan kadar Hb dalam darah, kadar Pb udara dan lama pemaparan berbanding terbalik dengan kadar Hb dalam darah baik untuk responden laki laki maupun responden wanita.

Hasil pengujian statistik dengan menggunakan korelasi parsial antara variabel independen dan variabel dependen dimana kadar Pb udara pada saat proses berlangsung dapat dilihat pada tabel 4.30 tentang hasil pengujian korelasi parsial antara kadar Pb udara pada saat proses, lama pemaparan Pb udara dengan kadar darah responden pada P.T. Jasa Timbal tahun 2002

Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa dengan meningkatnya kadar Pb udara pada saat proses menunjukkan peningkatan pula kadar Pb dalam darah atau hubungan kadar Pb udara saat proses berbanding terbalik dengan kadar Pb dalam darah responden (32) sebesar 0,269 demikian juga dengan hubungan lama pemaparan Pb udara dengan kadar Pb dalam darah, lama pemaparan berbanding lurus dengan kadar Pb dalam darah.

Berbeda dengan kadar Pb udara, lama pemaparan Pb udara dengan kadar Hb dalam darah merupakan hubungan berbanding terbalik dimana dengan peningkatan kadar Pb udara akan menurunkan kadar Hb dalam darah baik responden laki laki maupun responden wanita, demikian juga peningkatan lama pemaparan Pb udara akan menurunkan kadar Hb dalam darah baik responden laki laki maupun responden wanita.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisa statistik dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Gangguan kenyamanan kerja karena udara berdebu, serpihan sel aki bekas dan uap Pb serta SO_2 dinyatakan oleh sebagian besar pekerja (89,3%) sehingga perlu mendapat perhatian dari pemilik
2. Ada hubungan yang bermakna antara kadar partikel Pb udara sebelum proses dengan kadar Pb dalam darah responden ($p = 0,038$) secara positif dimana dengan meningkatnya kadar Pb udara sebelum proses akan meningkat pula kadar Pb dalam darah atau kadar Pb udara berbanding lurus dengan kadar Pb dalam darah pekerja P.T. Jasa Timbal sebesar $+ 0,368$.
3. Ada hubungan yang bermakna antara kadar Pb udara saat proses dengan kadar Hb dalam darah responden ($p = 0,061$) dimana dengan meningkatnya kadar Pb udara saat proses akan menurunkan kadar Hb dengan koefisien korelasi sebesar $- 0,335$ dalam darah atau kadar Pb udara berbanding terbalik dengan kadar Hb dalam darah pekerja P.T. Jasa Timbal sebesar
4. Kebiasaan menggunakan Alat Pelindung Diri (A.P.D.) hanya dilakukan oleh sebagian kecil pekerja, lainnya hanya kadang kadang dan tidak menggunakan sama sekali (90,6%) karena menganggap A.P.D. sangat mengganggu pekerjaan dan tidak diwajibkan oleh pemilik.
5. Riwayat penyakit (terdahulu atau sekarang) terutama sakit influenza terdeteksi oleh sebagian besar responden dengan perkiraan sendiri karena keterbatasan dana dan kurang disediakan oleh pemilik, walaupun

kedokter obat yang diberi tidak diketahui namanya, mereka paham obat paten saja.

SARAN

1. Kepada peneliti berikutnya yang ingin mengkaji lebih mendalam tentang hubungan pemaparan kadar partikel Pb udara dan Pb darah terhadap gangguan haemoglobin (Hb) diharapkan melakukan penelitian dengan mengembangkan teknologi proses untuk meminimasi limbah yaitu meningkatkan pengolahan gas buang agar debu partikel Pb dan gas SO₂ yang tidak mencemari lingkungan sehingga kesehatan para pekerja maupun masyarakat tidak terganggu.
2. Kepada pimpinan P.T. Jasa Timbal, diharapkan :
 - Hendaknya perlu diperhatikan pada saat rekrutmen karyawan melakukan medical check up (pemeriksaan darah lengkap) sehingga dapat diketahui kesehatan dan perkembangan yang terjadi selama karyawan bekerja dengan malakukan medical check up secara periodik
 - Penggunaan A.P.D. perlu diperhatikan kedisiplinannya dan jumlahnya cukup memadai
 - Sanitasi lingkungan perlu mendapat perhatian agar industri tersebut menjadi industri yang ramah lingkungan.

UPT-PUSTAK-UNDIP

DAFTAR PUSTAKA

1. Harsono Didik , dkk “ **Desain Prototipe penanganan gas buang dari industri kecil pemanfaatan aki bekas** “ Laporan penelitian B.P.P.I Jawa Tengah 1994 – 1995 ; 4 – 11 , 16 – 17
2. Harsono Didik , dkk “ **Pembuatan alat penanganan gas buang pada industri pemanfaatan aki bekas** “ Laporan penelitian B.P.P.I Jawa Tengah 1995 – 1996 ; 1 – 2 , 8 – 10
3. Departemen Tenaga Kerja R.I. , 1997 “ **Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja no. SE / 01 / Men / 1997 tentang N.A.B. faktor Kimia diudara lingkungan kerja** “ Jakarta
4. Hiperkes , “ **Kualitas udara emisi stack di P.T. Jasa Timbel** “ Laporan hasil pengukuran, Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Departemen Tenaga kerja Jawa Tengah , 2002 ; 2 – 4
5. Keenan, Kleinfelter “ **Kimia untuk Universitas** “ jilid II Penerbit Erlangga Surabaya, 1999 ; 214 - 220
6. Rania Habal, , “ **Toxicity Lead** “ Article volume 3 , Number 1 , Medicine Journal 11 Januari 2002 ; 1 - 5 ; 10 - 15
7. Kusno Putranto H, “ **Toksikologi Lingkungan** “ FKM – UI dan Pusat Daya Manusia dan Lingkungan , Jakarta , 1995 ; 127 - 132
8. Aditama T.Y. , “ **Penilaian polusi Udara** “ Jurnal Respirologi Indonesia volume 19 no. 1 , 1999 ; 5 - 10 .
9. Freeman M.H. “ **Industrial Pollution Prevention Handbook** “ Mc. Graw Hill Inc New York , 1995 ; 711 - 721
10. Darmono , “ **Logam dalam sistim biologi makhluk hidup** “ Penerbit Universitas Indonesia Jakarta , 1995 ; 96 - 103

UPT-PUSTAKA-UNDIP

11. Slamet YS , “ **Kesehatan Lingkungan** “ Gajah Mada University Press Yogyakarta , 1995 ; 54 - 59
12. Bambang Hariono , “ **Dampak polusi timah hitam / Pb pada kesehatan lingkungan** “ Bulletin Fakultas Kedokteran Hewan U.G.M. volume X no. 1 Juli 1991 37 - 38
13. Carl. Zenz , “ **Occupational Medicine** “ 3rd St. Louis, Missouri USA, Mosby Year Book Inc , 1994 ; 504 - 538
14. Suyono J “ **Deteksi dini penyakit akibat kerja** “ World Health Organization (W.H.O.) 1995 ; 86 - 95
15. Majalah Kedokteran Indonesia “ **Effek Pb terhadap karsinogen** “ volume 51 no. 5 , Mei 2001 ; 2 - 5
16. David J Finner “ **Toxicity – Heavy Metals** “ Article volume 2 number 5 , Medicine Journal May 2001 ; 2 - 10
17. Silvia Anderson , Lorraine , “ **Patofisiologi, konsep klinis proses proses penyakit** “ edisi IV buku 1 Penerbit buku kedokteran EGC , 1995 ; 223 - 230.
18. Martin Muliawan , “ **Biokimia** “ terjemahan Penerbit Buku Kedokteran EGC 1995 ; 198 - 217 ; 240 - 250
19. Petrus Andrianto , “ **Fisiologi Manusia dan mekanisme penyakit** “ terjemahan edisi III Penerbit buku Kedokteran EGC, 1996 ; 45 - 49
20. Anugrah Pieter, DR , “ **Fisiologi proses proses penyakit** “ Buku ajar edisi ke 4 buku 1 Penerbit buku Kedokteran EGC , 1995 ; 231 - 242
21. Devy H. Ronardy , “ **Hematologi Klinik ,pendekatan berorientasi masalah** “ , Hipocrates , 1995 ; 38 - 77
22. Ken Ariati Tengadi , dkk , “ **Fisiologi Kedokteran** “ Buku ajar cetakan III Penerbit buku Kedokteran EGC 1996 ; 201 - 220

23. Palar H , “ **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat** “ cetakan I penerbit Bhinneka Cipta Jakarta , 1994 , 82 - 93
24. Lewis P. Roland , “ **Toxic Neuropathy** “ Medicine Journal , February 18, volume III number 2, 2002 ; 1 - 5 .
25. Paasivirta, Jaako , “ **Chemical Ecotoxicology** “ Lewis Publishers Printed in the U.S.A , 1991 ; 13 - 15
26. Antilla A , Solmen M “ **Effect of parential occupational exposure to lead and other metals on spontaneous abortion** **JOEM** ,1995; 10 - 13
27. Noyes R , “ **Handbook of Pollution Control Process** “ Ashwin J Dhak, Jaico Publishing House , 2001 , 170 - 172
28. Soedomo M , “ **Kumpulan Karya Ilmiah mengenai pencemaran udara** “ Penerbit ITB Bandung , 1999 ; 150 - 170
29. Murti B , “ **Prinsip dan Methode riset Epidemiologi** “ Gajah Mada University Press Yogyakarta , 1997 , 104 - 109
30. Lemeshow S, Hosmer D, Klar J , “ **besar sampel untuk penelitian kesehatan** “ edisi bahasa Indonesia, Gajah Mada University Press Yogyakarta , 1997 ; 63 - 68
31. Soekidjo Notoatmodjo , “ **Methodre Penelitian Kesehatan** “ Penerbit P.T. Rineka Cipta Jakarta , 1993 ; 152 - 179
32. Peraturan Pemerintah R.I. no. 41 th. “ **Pengendalian Pencemaran Udara** “ Bapedal Jakarta , 1999 , 10 - 15
33. Sudjana , “ **Desain dan Analisis Experimen** “ Penerbit Tarsito Bandung , edisi IV , 1995 ; 296 - 310 ; 352 - 372
34. Wijaya , “ **Analisa statistik dengan program S.P.S.S. versi 10,0** “ cetakan ke 5 Penerbit Alfabeta Bandung ; 121 - 123

35. Sugiyono , “ **Statistika untuk penelitian** “ cetakan II C.V. Alfabeta Bandung , 1999 , 212 - 265
36. Program Pasca Sarjana “ **Petunjuk Penulisan Thesis** “ Universitas Diponegoro Semarang , 2001
37. ATSDR, 2000 “ **Lead Toxicity** “ Case Study in Environmental Medicine,
U.S. Department of health and human services, 21 – 24
38. Sastroasmoro Sudigdo DR, Prof, Ismail Sofyan DR, Prof, 2000 “ **Dasar Dasar Metodologi Penelitian Klinis** “ Sagung Seto Jakarta