

**HUBUNGAN ANTARA KADAR FENOL DALAM URIN  
DENGAN KADAR Hb, ERITROSIT, TROMBOSIT &  
LEUKOSIT (STUDI PADA TENAGA KERJA DI INDUSTRI  
KAROSERI CV LAKSANA SEMARANG)**



**Tesis  
untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-2**

**Magister Kesehatan Lingkungan**

**ENI MAHAWATI  
E4B002055**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG  
2005**

UPT-PUSTAK-UNSDP	
No. Daft:	5418/IT/MKL/e,
Tgl.	22/8.07

PENGESAHAN TESIS

HUBUNGAN ANTARA KADAR FENOL DALAM URIN DENGAN KADAR  
Hb,ERITROSIT, TROMBOSIT & LEUKOSIT (STUDI PADA TENAGA KERJA  
DI INDUSTRI KAROSERI CV LAKSANA SEMARANG)

Dipersiapkan dan disusun oleh

Eni Mahawati  
E4B.002055

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji pada tanggal 26 Juli 2005  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Pembimbing I



dr. Suhartono, M.Kes  
NIP. 131 962 238

Pembimbing II



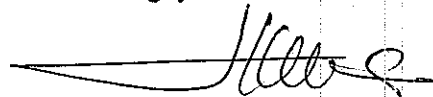
Nuriazuli, SKM, M.Kes  
NIP. 132 139 527

Penguji I

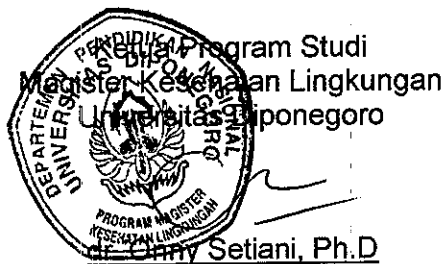


dr. Onny Setiani, Ph.D  
NIP. 131 958 807

Penguji II



dr. M. Sakundarno Adi, M.Sc  
NIP. 131 875 459



## 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 di suatu perguruan tinggi & lembaga pendidikan lainnya. Pengetahuan yang diperoleh dari hasil penelitian maupun yang belum/tidak diterbitkan, sumbernya dijelaskan di dalam tulisan & daftar pustaka.

Semarang, Juli 2005

Eni Mahawati

*yang menjadi sumber api semangat dan setia mendampingi dalam suka dan duka.*

*Rano, Rafia dan Rafi; Suami dan anak-anakku tercinta*

*Adik-adikku yang senantiasa memberikan dorongan dan semangat*

*Kedua orang tuaku yang selalu berdoa untuk keberhasilan anak-anaknya*

*Tesis ini kupersembahkan untuk:*

## RIWAYAT HIDUP

Nama : Eni Mahawati

Tempat lahir : Kudus

Tanggal lahir : 27 November 1975

Agama : Islam

Alamat : Plamongan Indah Blok AA-5 No. 12A – Semarang

Pendidikan :

- Lulus SD Negeri II Pasuruhan Lor Kudus tahun 1988
- Lulus SMP Negeri 2 Kudus tahun 1991
- Lulus SMA Negeri 1 Kudus tahun 1994
- Lulus Fakultas Kesehatan Masyarakat UNDIP tahun 1999
- Mengikuti Pascasarjana Magister Kesehatan Lingkungan  
Peminatan Kesehatan Lingkungan Industri Program Pasca  
Sarjana Universitas Diponegoro mulai tahun 2002

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul "Hubungan Antara Kadar Fenol Dalam Urin Dengan Kadar Hb, Eritrosit, Trombosit & Leukosit (Studi Pada Tenaga Kerja di Industri Karoseri CV Laksana Semarang)" untuk memenuhi sebagian persyaratan guna mencapai derajat S-2 Magister Kesehatan Lingkungan Konsentrasi Kesehatan Lingkungan Industri Program Pasca Sarjana UNDIP.

Keberhasilan dalam penyusunan Tesis ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tulus dan penghargaan yang tinggi kepada Yang Terhormat:

1. Prof. Ir. Eko Budihardjo, MSc, selaku Rektor Universitas Diponegoro Semarang.
2. Dr. Ir. Edi Noersasongko, M.Kom, selaku Rektor Universitas Dian Nuswantoro Semarang, yang telah memberikan fasilitas dan kesempatan untuk menempuh pendidikan jenjang S-2 di Program Pasca Sarjana Magister Kesehatan Lingkungan UNDIP.
3. dr. Onny Setiani, Ph.D selaku Ketua Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang
4. dr. Suhartono, M.Kes selaku pembimbing I yang dengan penuh kesabaran menyempatkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan Tesis ini.

5. Bapak Nurjazuli, SKM, M.Kes selaku pembimbing II yang dengan penuh kesabaran menyempatkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan Tesis ini.
6. Bapak Johnny Wijanarko, SE.Akt Selaku Kepala Bagian Personalia beserta seluruh responden di CV Laksana Semarang yang telah memberi ijin, dukungan, bantuan dan masukan dalam segala bentuknya.
7. Bapak Ibu Dosen pengampu mata kuliah beserta seluruh staf Program Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang
8. Suami dan Anak-anakku tercinta (Rano, Rafa & Rafi) yang selalu memberikan semangat, dorongan dan doa.
9. Teman-teman seperjuangan di Program Magister Kesehatan Lingkungan UNDIP Angkatan 2002/2003, serta di Fakultas Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro Semarang, yang turut memberikan dorongan dan semangat.
10. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Kami menyadari bahwa tesis ini masih belum sempurna, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan. Semoga penyusunan tesis ini dapat memberi manfaat bagi pembaca dan bagi pengembangan keilmuan kesehatan lingkungan industri di Indonesia. Amin.

Semarang, Juli 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL .....	i
PENGESAHAN TESIS .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	iv
RIWAYAT HIDUP .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Perumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Manfaat Penelitian .....	5
E. Keaslian Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	8
A. Eritrosit .....	8
B. Hemoglobin .....	11
C. Trombosit.....	17
D. Leukosit .....	19
E. Kesehatan Kerja .....	20
F. Faktor Risiko di Tempat Kerja .....	21



G. Toksikologi Bahan Kimia .....	22
H. Zat Kimia Cat .....	29
I. Benzene .....	34
J. Phenol .....	41
K. Kerangka Teori .....	43
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>44</b>
A. Kerangka Konsep .....	44
B. Hipotesis Penelitian .....	44
C. Jenis Penelitian .....	44
D. Populasi dan Sampel .....	45
E. Identifikasi Variabel Penelitian .....	45
F. Definisi Operasional .....	46
G. Alat Penelitian .....	49
H. Prosedur Penelitian .....	50
I. Proses Pengolahan Data .....	53
J. Analisis Data .....	54
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN .....</b>	<b>56</b>
A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	56
B. Analisis Univariat .....	57
1. Karakteristik Responden .....	57
2. Kadar Fenol Dalam Urin dan Prevalensi Keracunan Benzen ..	60
3. Gambaran Hematologi Responden .....	61
C. Analisis Bivariat .....	62
<b>BAB V PEMBAHASAN .....</b>	<b>64</b>
A. Kadar Fenol Dalam Urin .....	64
B. Gambaran Hematologi Responden .....	69

C. Hubungan Antara Kadar Fenol Dalam Urin Dengan Kadar Hb, Jumlah Eritrosit, Trombosit dan Leukosit .....	71
BAB VI SIMPULAN dan SARAN.....	74
A. Simpulan .....	74
B. Saran .....	74
RINGKASAN .....	77
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

Nomor tabel	Judul Tabel	Halaman
Tabel 2.1.	Batas Bahan Kimia Yang Dianjurkan WHO	30
Tabel 4.1.	Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Pekerjaan di CV Laksana tahun 2005	57
Tabel 4.2.	Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Umur, Masa Kerja dan Indeks Massa Tubuh di CV Laksana tahun 2005	58
Tabel 4.3.	Distribusi Frekuensi Penggunaan Alat Pelindung Diri di CV Laksana tahun 2005	59
Tabel 4.4.	Prevalensi Keracunan Benzen Berdasarkan Kadar Fenol Urin Responden di CV Laksana tahun 2005	61
Tabel 4.5.	Gambaran Hematologi Responden di CV Laksana tahun 2005	61
Tabel 4.6.	Hasil Uji Korelasi <i>Rank-Spearman</i> Antara Kadar Fenol Dalam Urin Dengan Kadar Hb, Eritrosit, Trombosit dan Leukosit Responden di CV Laksana tahun 2005	62

## DAFTAR GAMBAR

<b>Nomor gambar</b>	<b>Judul gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1.	Mekanisme Toksisitas Benzen	38
Gambar 2.2.	Kerangka Teori	43
Gambar 3.1.	Kerangka Konsep	44
Gambar 4.1.	Bagan Alir Proses Produksi di CV Laksana tahun 2005	56

## DAFTAR LAMPIRAN

### Nomor Lampiran

- 1 Kuesioner Penelitian
- 2 Surat Keterangan Ijin Penelitian dari CV Laksana Semarang
- 3 Keterangan Hasil Pemeriksaan Fenol Urin
- 4 Keterangan Hasil Pemeriksaan Hematologi
- 5 Raw Data Penelitian
- 6 Output Data SPSS

**ABSTRAK**

**ENI MAHAWATI**

**Hubungan Antara Kadar Fenol Dalam Urin Dengan Kadar Hb, Eritrosit, Trombosit dan Leukosit (Studi Pada Tenaga Kerja di Industri Karoseri CV Laksana Semarang)**

**xv + 96 halaman + 4 gambar + 10 tabel + 6 lampiran**

Kadar fenol dalam urin merupakan indikator biologis paparan benzen yang akurat pada tenaga kerja. Salah satu efek kronis paparan benzen berupa gangguan sumsum tulang yang menimbulkan gangguan sistem pembentukan darah sehingga menyebabkan penurunan jumlah elemen darah. Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan di CV Laksana menunjukkan adanya paparan benzene di tempat kerja dan prevalensi keracunan benzene yang cukup tinggi. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan kadar Hb, jumlah eritrosit, trombosit dan leukosit pada tenaga kerja yang terpapar benzen di perusahaan tersebut.

Desain penelitian ini adalah observasional eksplanatori dengan pendekatan *cross-sectional* untuk menganalisis hubungan secara statistik antara variabel terikat dan variabel bebas pada satu saat. Data yang dikumpulkan meliputi karakteristik responden (umur, pekerjaan, masa kerja, indeks massa tubuh, penggunaan alat pelindung diri), kadar fenol dalam urin, kadar Hb, jumlah eritrosit, trombosit dan leukosit. Data dianalisis secara univariat dan bivariat dengan *uji korelasi rank-spearman*.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui rata-rata kadar fenol dalam urin responden sebesar 20 ( $\pm$  SD 4,519) mg/l, dimana prevensi keracunan benzene sebesar 57,1%. Adapun hasil pemeriksaan hematologi menunjukkan nilai rata-rata kadar Hb 14,8 ( $\pm$  SD 0,7) mg/dl, leukosit 8.072,99 ( $\pm$  SD 1.627,9) sel/ul, trombosit 282.857,1 ( $\pm$  SD 64.389,5) sel/ul dan eritrosit 4.651.428,6 ( $\pm$  SD 25.403,5) sel/ul. Sebagian besar responden (60%) bekerja di "pendempulan", umur 21-50 tahun, masa kerja 3-25 tahun, rata-rata indeks massa tubuh 23,4. Sebanyak 51,43% responden tidak menggunakan masker dan 97,14% responden tidak menggunakan sarung tangan sebagai alat pelindung diri. Hasil *uji rank-spearman* menunjukkan ada hubungan yang bermakna antara kadar fenol dalam urin dengan kadar eritrosit dengan nilai p sebesar 0,030 dan koefisien korelasi  $-0,368$ ; berarti arah hubungan antara dua variabel tersebut negatif. Sedangkan uji statistik antar variabel lainnya menunjukkan tidak ada hubungan yang signifikan.

Kesimpulan penelitian ini adalah tingkat keracunan benzene berdasarkan kadar fenol dalam urin responden masih dalam kategori paparan awal. Jumlah elemen darah yang menunjukkan penurunan dibawah nilai normal adalah eritrosit, sedangkan kadar Hb, trombosit dan leukosit masih dalam batas normal. Berdasarkan kesimpulan tersebut, maka perlu dilakukan berbagai upaya penanganan dan pencegahan keracunan lebih lanjut akibat benzen oleh tenaga kerja, pihak perusahaan dan Departemen Tenaga Kerja secara komprehensif. Bagi peneliti lain dapat melanjutkan penelitian ini dengan menggunakan desain penelitian kohort.

**Kata kunci : fenol, benzen, Hb, eritrosit, trombosit, leukosit**

**Daftar Pustaka : 34 ( 1983 – 2005 )**

**Master's Degree Program of Environmental Health  
Majoring on Industrial Environmental Health  
Post Graduate Program of Diponegoro University Semarang  
July 2005**

**ABSTRACT**

**ENI MAHAWATI**

**The Correlation between Phenol Urine Concentration and Hb, Erythrocyte, Thrombocyte, and Leukocyte Concentration (Study on Workers in Karoseri Industry CV Laksana Semarang)**

**xv + 86 pages + 4 figures + 7 tables + 6 appendixes**

The concentration of phenol within urine represent accurate biological indicator of benzene exposure on workers. One of chronic effect of benzene exposure is bone marrow disorder that disturbs hematopoiesis system, which causes decreasing of blood component count. Research done in CV Laksana showed the presence of benzene exposure within working area and high prevalence of benzene toxicity. The aim of this research was to analyze correlation between phenol urine concentration and Hb; erythrocyte; thrombocyte; and leukocyte concentration on workers that exposed with benzene in CV Laksana.

This is an explanatory research. Observation and interview were done by cross sectional approach. The data include respondent's characteristics (age, job, work periode, body mass index, the use of personal protection equipment), phenol urine, Hb; erythrocyte; thrombocyte; leukocyte concentration. The data were analyzed by univariate and bivariate with Rank-Spearman correlation test.

This research shows that the mean of phenol urine concentration was 20 ( $\pm$  SD 4,519) mg/l and prevalence of benzene toxicity 57,1%. The result of haematological examination shows that the mean of Hb concentration was 14,8 ( $\pm$  SD 0,7) mg/dl, leukocyte 8.072,99 ( $\pm$  SD 1.627,9) cells/ul, thrombocyte 282.857,1 ( $\pm$  SD 64.389,5) cells/ul and erythrocyte 4.651.428,6 ( $\pm$  SD 25.403,5) cells/ul. Most of respondents (60%) worked at "pendempulan", age 21-50 years old, work period 3-25 years, mean of body mass index was 23,4. There were 51,43% respondents who didn't use masker and 97,14% respondents who didn't use gloves as personal protection equipment. Based on Rank-Spearman correlation test, there was a significant correlation between phenol urine concentration and erythrocyte concentration with  $p$  value 0,030 and correlation coefficient -0,368. It was means that there was a negative correlation between those two kinds of variables. Other statistical tests for the other variables have no significant correlation.

The conclusions of this research were benzene toxicity levels based on phenol urine concentration still in early exposure category, erythrocyte count was decreased under normal value, but Hb; thrombocyte and leukocyte concentration were still normal. Workers, company, and worker department need to handle and prevent of benzene toxicity furthermore. This research should be continued with cohort design.

**Keyword : phenol, benzene, Hb, erythrocyte, thrombocyte, leukocyte**  
**Reference : 34 (1983 – 2005)**

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Setiap tenaga kerja berhak mendapatkan kesehatan dan keselamatan kerja secara optimal, namun risiko gangguan kesehatan dan keselamatan kerja biasanya selalu ada dalam setiap pekerjaan. Risiko-risiko tersebut antara lain berasal dari kurangnya pengetahuan, sikap dan praktik secara benar, yang ditunjang dengan faktor lingkungan yang tidak aman. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian tentang faktor-faktor risiko keracunan benzene yang menyatakan adanya hubungan yang bermakna antara perilaku (pengetahuan, sikap dan praktek) tenaga kerja dan konsentrasi benzene di udara dengan risiko keracunan benzene sebagai salah satu bahan kimia berbahaya yang digunakan di tempat kerja.<sup>(1)</sup>

Penggunaan bahan kimia dalam industri jika tidak ditangani sesuai dengan prosedur yang tepat akan menyebabkan gangguan kesehatan. Salah satu bahan kimia yang dapat menimbulkan gangguan tersebut dan banyak digunakan dalam industri adalah benzene. Tenaga kerja yang mempunyai risiko terbesar terpapar benzene adalah tenaga kerja petrokimia; tenaga kerja di industri kimia dan laboratorium yang menggunakan benzene; pembuat lem sintesis di perusahaan sepatu, kulit dan *furniture*; pembuat zat warna; dan penyemprot cat.<sup>(2)</sup> Nilai ambang batas (NAB) benzene di tempat kerja berdasarkan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor SE-01/MEN/1997 tentang NAB Faktor Kimia di Lingkungan Kerja adalah sebesar 10 ppm.<sup>(3)</sup>



Jalur absorpsi benzene adalah melalui pernafasan/inhalasi, kulit atau mukosa mata. Paparan tersebut dapat menyebabkan keracunan yang bersifat akut maupun kronik. Efek paparan benzene secara akut yaitu depresi pada susunan saraf pusat merupakan kasus yang jarang terjadi dibandingkan efek secara kronik yaitu kerusakan pada sistem pembentukan darah (sumsum tulang). Salah satu dampak lanjut dari kerusakan sumsum tulang ini adalah risiko terjadinya penurunan jumlah elemen sel darah secara progresif yang meliputi penurunan kadar hb, jumlah eritrosit, trombosit dan leukosit.<sup>(2)</sup>

Metabolisme benzene yang masuk ke dalam tubuh terutama melalui inhalasi, sebagian dikeluarkan lagi oleh paru-paru dan sebagian mengalami proses metabolisme. Pada proses metabolisme, benzene mengalami oksidasi menjadi senyawa fenolik seperti fenol, katekol dan quinol. Fenol kemudian dikonyugasikan dengan sulfat anorganik menjadi fenol sulfat lalu dikeluarkan melalui urin. Oleh karena itu kadar fenol di dalam urin digunakan sebagai indikator biologik atas paparan benzene terhadap manusia pada umumnya dan tenaga kerja pada khususnya. Kadar fenol dalam urin melebihi 20 mg/l dianggap berlebihan dan petunjuk pemaparan minimal terhadap benzen, sedangkan kadar phenol 100 mg/l dalam urin dapat dikaitkan dengan kira-kira pemaparan 8 jam pada kadar benzene 30 ppm. Semakin tinggi kadar fenol dalam urin mengindikasikan semakin tingginya derajat keracunan benzene pada tenaga kerja. Hal ini didukung oleh hasil penelitian tentang benzene yang menyatakan adanya hubungan yang bermakna antara kadar benzene di udara tempat kerja dengan kadar fenol dalam urin tenaga kerja.<sup>(3)</sup> Berdasarkan hasil penelitian pada tenaga kerja

yang terpapar benzene di pabrik sepatu, juga telah dilaporkan adanya kasus anemia 33 persen; leukopenia 9,7 persen; trombositopenia 1,8 persen; pansitopenia 2,7 persen; trombositopenia dan leukopenia 4,6 persen. <sup>(4)</sup>

CV Laksana Semarang merupakan salah satu industri karoseri yang memproduksi mobil jenis bus dengan kapasitas produksi dalam 10 tahun terakhir rata-rata 425 bus per tahun dan menggunakan benzene sebagai pelarut cat. Tenaga kerja yang ada sebanyak 437 orang yang terdiri dari 142 orang tenaga kerja harian, 52 orang tenaga kerja bulanan dan 243 orang tenaga kerja borong bagian produksi (pembentukan rangka mobil, pendempulan, pengecatan, pengoplosan, pengovenan dan *finishing*) Berdasarkan jenis pekerjaan tersebut, tenaga kerja yang berisiko mengalami keracunan benzen diperkirakan di bagian pendempulan, pengecatan, pengovenan, dan pengoplosan. Dari data awal diketahui bahwa kadar benzene di udara bagian pendempulan dan pengecatan ( $13,60 \pm 0,74$  ppm), pengoplosan ( $15,25 \pm 0,35$  ppm) dan pengovenan ( $17,90 \pm 0,65$  ppm). Hal ini berarti bahwa kadar benzene di udara pada 4 bagian kerja tersebut telah melebihi nilai ambang batas (lebih dari 10 ppm). Dalam sebuah penelitian yang pernah dilakukan di perusahaan tersebut juga ditemukan adanya kejadian anemia 68,9 persen; anemia dan trombositopenia 6,6 persen; serta anemia dan leukopenia 1,6 persen pada tenaga kerja yang terpapar benzene. <sup>(1)</sup>

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan benzene yang saat ini masih banyak dijadikan bahan produksi di lingkungan industri ternyata memiliki efek kesehatan yang secara nyata

merugikan sebagaimana telah dilaporkan dalam beberapa penelitian, khususnya berkaitan dengan gangguan pembentukan darah sebagai salah satu efek keracunan kronis. Mengingat indikator paparan benzene secara biologis adalah fenol dalam urin dan sejauh ini belum pernah dilakukan pengukuran kadar fenol dalam urin dan hubungannya dengan kadar Hb, eritrosit, trombosit dan leukosit maka perlu dilakukan penelitian tentang *"Hubungan Antara Kadar Fenol Dalam Urin dengan Kadar Hb, Eritrosit, trombosit dan Leukosit Pada Tenaga Kerja Yang Terpapar Benzene"*

## **B. Perumusan Masalah**

1. Adakah hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan kadar Hb pada tenaga kerja yang terpapar benzene?
2. Adakah hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah eritrosit pada tenaga kerja yang terpapar benzene?
3. Adakah hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah trombosit pada tenaga kerja yang terpapar benzene?
4. Adakah hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah leukosit pada tenaga kerja yang terpapar benzene?

## **C. Tujuan Penelitian**

### **(1) Tujuan Umum**

Untuk mengetahui hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan kadar Hb, eritrosit, trombosit dan leukosit pada tenaga kerja yang terpapar benzene.

(2). Tujuan Khusus

- a. Mengidentifikasi karakteristik tenaga kerja (pekerjaan, masa kerja, umur, penggunaan alat pelindung diri dan indeks massa tubuh)
- b. Mengukur kadar fenol dalam urin tenaga kerja
- c. Mengidentifikasi prevalensi keracunan benzene berdasarkan kadar fenol dalam urin tenaga kerja
- d. Mengukur kadar Hb, jumlah eritrosit, trombosit dan leukosit tenaga kerja
- e. Menganalisis hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan kadar Hb tenaga kerja
- f. Menganalisis hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah eritrosit tenaga kerja
- g. Menganalisis hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah trombosit tenaga kerja
- h. Menganalisis hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah leukosit tenaga kerja

**D. Manfaat Penelitian**

(1) Bagi CV Laksana Semarang

Sebagai bahan masukan untuk pengelolaan lingkungan kerja dan menyempurnakan prosedur kerja berkaitan dengan pemakaian benzene oleh tenaga kerja di perusahaan.

(2) Bagi Tenaga Kerja CV Laksana Semarang

Dengan diketahuinya tingkat paparan benzene pada tenaga kerja berdasarkan indikator biologis melalui kadar fenol urin, dapat dilakukan upaya pencegahan secara dini dan tepat.

(3) Bagi Institusi Pendidikan

Diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan studi kasus dan data dasar untuk penelitian lebih lanjut dalam bidang toksikologi industri dan kesehatan kerja

#### **E. Keaslian Peneitian**

Telah ada beberapa penelitian mengenai benzene, antara lain :

- (1) Aksoy (1989 ) dalam desain penelitian observasional secara "*cross sectional*" dan bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kadar benzene di udara dengan penurunan jumlah elemen darah, menemukan kasus anemia 33 persen; leukopenia 9,7 persen; trombositopenia 1,8 persen; pansitopenia 2,7 persen; trombositopenia dan leukopenia 4,6 persen pada tenaga kerja yang terpapar benzene di pabrik sepatu.
- (2) Tusmiyati (1998) dalam desain penelitian observasional secara "*cross sectional*" dan bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor risiko keracunan benzene pada tenaga kerja, menyimpulkan adanya hubungan yang bermakna antara umur, perilaku dan konsentrasi benzene di udara tempat kerja dengan keracunan benzene.
- (3) Heryuni (2000 ) dalam desain penelitian observasional secara "*cross sectional*" dan bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kadar benzene di tempat kerja dengan kadar fenol urin tenaga kerja, menyimpulkan adanya hubungan yang bermakna antara kadar benzene di udara tempat kerja dengan kadar fenol urin tenaga kerja.

Namun, sejauh pengetahuan peneliti, belum pernah peneliti temukan adanya penelitian yang menghubungkan antara tingkat keracunan benzene berdasarkan indikator kadar fenol dalam urin dengan kadar Hb, jumlah eritrosit, trombosit dan leukosit pada tenaga kerja yang terpapar benzene.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Eritrosit

Fungsi utama sel darah merah (eritrosit) adalah untuk mentransport hemoglobin, yang selanjutnya membawa oksigen dari paru-paru ke jaringan. Fungsi lainnya yaitu eritrosit mengandung anhidrase karbonat dalam jumlah besar yang mengkatalis reaksi antara karbondioksida dan air, meningkatkan kecepatan reaksi sekitar 250 kali sehingga memungkinkan darah bereaksi dengan sejumlah besar karbondioksida dan mentransportnya dari jaringan ke paru-paru. Sel darah merah normal merupakan lempeng bikonkaf yang mempunyai garis tengah rata-rata sekitar 8 mikron dan tebalnya diukur dari bagian yang paling tebal 2 mikron dan di tengahnya mempunyai tebal 1 mikron atau kurang. Volume rata-rata sel darah merah adalah 87 ( $\pm 5$ ) mikron kubik. Konsentrasi sel darah merah dalam darah pada laki-laki normal rata-rata per milimeter kubik adalah 5.200.000 ( $\pm 300.000$ ) dan pada wanita normal 4.700.000 ( $\pm 300.000$ ). Sel darah merah mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasikan hemoglobin dalam cairan sel sampai sekitar 34 gram per ml sel. Konsentrasi tidak pernah meningkat melampaui nilai ini, karena adanya pembatasan metabolik dari mekanisme pembentukan hemoglobin dalam sel. Selanjutnya pada orang normal, persentase hemoglobin tiap-tiap sel hampir selalu mendekati maksimal. Akan tetapi bila pembentukan hemoglobin dalam sumsum tulang berkurang, persentase hemoglobin dalam sel dapat turun sampai serendah 15 gram atau kurang. Bila hematokrit dan jumlah hemoglobin dalam masing-masing sel adalah normal, darah seorang pria mengandung rata-rata 15 gram persen

hemoglobin per 100 ml, dan wanita rata-rata mengandung 14 gram persen hemoglobin per 100 ml. Tiap-tiap gram hemoglobin mampu mengikat kira-kira 1,33 ml oksigen. Oleh karena itu pada laki-laki normal, 20 ml oksigen dapat diangkut dalam ikatan dengan hemoglobin dalam tiap-tiap 100 ml darah dan wanita normal dapat diangkut 18 ml oksigen. Sel darah merah berasal dari sel hemositoblast, yang secara kontinyu dibentuk dari stem sel primordial yang terdapat di seluruh sumsum tulang. Hemositoblast mula-mula membentuk eritroblast basofil yang mulai mensintesis hemoglobin. Eritroblast kemudian menjadi eritroblast polikromatofilik, kemudian inti sel menyusut, sedangkan hemoglobin dibentuk dalam jumlah lebih banyak dan sel menjadi normoblast. Selama stadium permulaan, berbagai sel terus menerus membelah sehingga makin lama makin banyak jumlahnya. Akhirnya, setelah sitoplasma normoblast telah terisi dengan hemoglobin sampai konsentrasi kira-kira 34 persen, inti menjadi sangat kecil dan dibuang. Oleh karena itu sel yang terakhir dibentuk, eritrosit, bila ia keluar dengan proses diapodesis (menerobos melalui pori-pori membran) masuk ke dalam kapiler darah hampir tidak mengandung zat inti. Sebagian eritrosit yang masuk ke dalam aliran darah mengandung retikulum basofilik dalam jumlah kecil yang tersebar di antara hemoglobin dalam sitoplasma. Retikulum ini terutama merupakan sisa-sisa retikulum endoplasma yang menghasilkan bagian globin dari hemoglobin pada sel yang muda, dan hemoglobin terus menerus dihasilkan selama retikulum tetap ada, lamanya mencapai dua hari. Pada stadium ini, sel dikenal sebagai retikulosit. Biasanya perbandingan total retikulosit dalam darah adalah kurang dari 1 persen. <sup>(5)</sup>



Banyak substansi esensial yang diperlukan untuk pembentukan eritrosit dan hemoglobin, diantaranya adalah asam amino, besi, tembaga, kobalt, piridoksin, vitamin B12, asam folat.<sup>(6)</sup> Hakekatnya, semua tulang menghasilkan sel darah merah sampai usia 5 tahun, tetapi sumsum tulang panjang, kecuali humerus dan tibia, menjadi sangat berlemak dan tidak lagi menghasilkan sel darah merah setelah kira-kira usia 20 tahun. Di atas usia ini, sebagian besar sel darah merah dihasilkan dalam sumsum tulang membranosa, seperti vertebra, sternum, iga dan pelvis. Walaupun dalam tulang-tulang ini sumsum menjadi kurang produktif dengan meningkatnya usia, kadang-kadang bila berbagai faktor merangsang sumsum tulang membentuk sel darah merah dalam jumlah yang sangat banyak, banyak sumsum yang telah berhenti menghasilkan sel darah merah dapat menjadi produktif kembali, dan sumsum yang tetap menghasilkan sel darah merah menjadi sangat hiperplastik dan menghasilkan sel darah merah jauh lebih banyak daripada normal. Bila sel darah merah dikirim dari sumsum tulang ke dalam sistem sirkulasi dalam keadaan normal mereka beredar rata-rata 120 hari sebelum mereka didestruksi. Walaupun sel darah merah tidak mempunyai inti, mereka tetap mempunyai enzim-enzim sitoplasma untuk metabolisme glukosa dan zat-zat lain dan untuk penggunaan oksigen. Tetapi banyak sistem metabolisme ini secara progresif menjadi kurang aktif dengan berjalannya waktu. Waktu sel menjadi lebih tua, mereka secara progresif menjadi rapuh, mungkin karena proses hidupnya mudah rusak. Bila sel darah merah telah mencapai masa hidupnya dan dihancurkan, hemoglobin yang dikeluarkan dari sel-sel dicernakan oleh sel-sel retikuloendotel. Disini

dikeluarkan besi bebas, dan besi ini kemudian dapat disimpan dalam pool ferritin atau dipakai kembali untuk pembentukan hemoglobin. <sup>(5)</sup>

Jumlah eritrosit yang lebih tinggi dari normal mengindikasikan adanya :

- penyakit jantung kongenital
- penyakit jantung-paru
- dehidrasi
- penyakit ginjal dengan produksi erithropoietin yang tinggi
- fibrosis paru

Jumlah eritrosit yang lebih rendah dari normal mengindikasinya adanya :

- anemia
- perdarahan
- kegagalan/kerusakan sumsum tulang
- leukemia
- kurang gizi ( besi, folat, vitamin B-12, vitamin B-6 )
- hemolisis
- kekurangan erithropoietin
- hemolisis dari reaksi tranfusi
- multiple myeloma <sup>(7)</sup>

## **B. Hemoglobin**

Hemoglobin adalah protein berupa pigmen merah pembawa oksigen yang kaya zat besi dan memiliki daya gabung terhadap oksigen untuk membentuk hemoglobin dalam sel darah merah. Dengan dimulainya fungsi ini, maka oksigen dibawa dari paru-paru ke dalam jaringan. Kemampuan hemoglobin mengikat oksigen adalah lemah dan secara reversibel,

kemampuan ini berhubungan dengan respirasi. Fungsi primer hemoglobin dalam tubuh tergantung pada kemampuan untuk berikatan dengan oksigen dalam paru-paru dan kemudian melepaskan oksigen ini ke kapiler jaringan.<sup>(8)</sup>

Sintesis hemoglobin mulai dalam eritroblast dan terus berlangsung sampai tingkat normoblast. Meskipun sel darah merah muda meninggalkan sumsum tulang dan masuk ke dalam aliran darah, mereka terus membentuk hemoglobin dalam jumlah kecil selama hari-hari berikutnya. Bagian hem dari hemoglobin terutama disintesis dari asam asetat dan glisin, sebagian besar sintesis ini terjadi dalam mitokondria. Asam asetat diubah dalam siklus krebs menjadi asam alfa-ketogutarat, kemudian dua molekul asam alfa-ketogutarat berikatan dengan satu molekul glisin membentuk senyawa pirol. Empat senyawa pirol bersatu membentuk senyawa portoporfirin, kemudian berikatan dengan besi membentuk molekul hem. Empat molekul hem berikatan dengan satu molekul globin, satu globulin yang disintesis dalam ribosom retikulum endoplasma membentuk hemoglobin. Zat-zat esensial dalam pembentukan hemoglobin antara lain meliputi asam amino, besi, tembaga, kobalt, nikel, piridoksin.<sup>(5)</sup>

Hemoglobin yang dilepaskan dari sel sewaktu mereka pecah difagosit segera oleh sel-sel retikulosit. Selama beberapa hari kemudian melepaskan besi dari hemoglobin kembali ke darah untuk digunakan kembali oleh bagian hem. Molekul hemoglobin diubah oleh retikuloendotel melalui berbagai tingkatan menjadi pigmen empedu, bilirubin yang dilepaskan ke dalam darah dan diekskresi oleh hati ke dalam empedu.<sup>(8)</sup>

Kadar normal hemoglobin dalam darah :

- laki-laki : 13,8 – 17,2 gram/dl
- wanita : 12,1 – 15,1 gram/dl

Kadar Hb yang lebih tinggi dari kadar normal mengindikasikan adanya :

- penyakit jantung kongenital
- penyakit jantung-paru
- fibrosis paru

Kadar Hb yang lebih rendah dari normal mengindikasikan adanya :

- anemia
- kekurangan erithropoietin (dari penyakit ginjal)
- kerusakan sel darah merah yang berhubungan dengan reaksi tranfusi
- perdarahan
- kurang gizi (folat, vitamin B-12, vitamin B-6, besi)
- zat toksik <sup>(7)</sup>

Anemia berarti defisiensi sel darah merah yang dapat disebabkan karena kehilangan sel darah merah yang terlalu banyak atau pembentukan sel darah merah yang terlalu lambat.<sup>(5)</sup> Istilah anemia mengacu pada suatu kondisi dimana penurunan konsentrasi hemoglobin, jumlah eritrosit, atau volume sel darah tanpa plasma dibandingkan dengan nilai-nilai normal.<sup>(6)</sup> Anemia adalah suatu kondisi dimana jumlah sel darah merah/eritrosit atau hemoglobin dalam darah di bawah normal. Biasanya dokter mendiagnosis anemia berdasarkan pemeriksaan fisik, riwayat medis dan pemeriksaan kadar hemoglobin dan eritrosit dalam darah.<sup>(9)</sup> Anemia dapat dibuktikan melalui jumlah sel darah merah/eritrosit atau kadar hemoglobin. <sup>(7)</sup>

Beberapa jenis anemia dan penyebab fisiologinya adalah sebagai berikut :

- a. Anemia kehilangan darah. Setelah perdarahan yang cepat tubuh mengganti plasmanya dalam satu atau dua hari, tetapi konsentrasi sel darah merahnya rendah. Bila perdarahan yang kedua terjadi, konsentrasi sel darah merah kembali ke normal dalam tiga sampai empat minggu. Pada kehilangan darah kronik, orang seringkali tidak dapat mengabsorpsi besi dalam jumlah cukup dari usus untuk membentuk hemoglobin secepat kehilangannya. Oleh karena itu, sel darah merah seringkali dibentuk dalam jumlah yang terlalu sedikit dan terlalu sedikit hemoglobin di dalamnya menimbulkan anemia mikrositik hipokromik.<sup>(5)</sup> Penyebab anemia mikrositik selain karena kehilangan darah menahun, juga karena diet yang tidak mencukupi atau kebutuhan yang meningkat.<sup>(6)</sup>
- b. Anemia aplastik. Aplasia sumsum tulang berarti fungsi sumsum tulang berkurang. Misalnya, orang yang terkena penyinaran sinar gamma dari ledakan bom nuklir biasanya menderita destruksi lengkap dari sumsum tulangnya yang dalam beberapa minggu oleh anemia yang mematikan. Hal yang sama, pengobatan sinar-x yang berlebihan, zat kimia industri tertentu, dimana orang tersebut menjadi sensitif dapat menyebabkan efek yang sama.<sup>(5)</sup> Diagnosis anemia aplastik dapat dilakukan dengan observasi gejala, riwayat medis, pemeriksaan fisik oleh dokter, pemeriksaan laboratorium terhadap darah dan sumsum tulang. Adapun perawatan kesehatan yang sesuai untuk penyakit ini meliputi perawatan intensif oleh dokter, transplantasi sumsum tulang

dan tranfusi darah jika diperlukan.<sup>(10)</sup> Gambaran hematologis dan klinis anemia aplastik akibat bahan kimia (benzen) tidak berbeda dari anemia aplastik secara umum.<sup>(4)</sup> Beberapa bahan kimia yang dilaporkan berhubungan dengan kejadian anemia aplastik, antara lain adalah benzen, pelarut, insektisida.<sup>(11)</sup> Anemia aplastik dapat juga disebabkan oleh keracunan obat (misalnya pada penggunaan obat anti metabolit, antitumor, chloramphenicol, phenilbutazone dan sulfonamide), infeksi atau kegagalan genetik.<sup>(6)</sup>

c. Anemia kegagalan pematangan (makrositik).

Kehilangan salah satu faktor berikut: vitamin B12, asam folat dan faktor intrinsik dari mukosa lambung dapat mengakibatkan kegagalan pematangan sel darah merah. Karena sumsum tulang pada kegagalan pematangan tidak dapat berproliferasi dengan cukup cepat untuk membentuk sel darah merah dalam jumlah normal, sel yang dibentuk ukurannya lebih besar, bentuknya aneh dan mempunyai membran yang rapuh. Oleh karena itu sel mudah pecah, mengakibatkan orang sangat membutuhkan jumlah sel darah merah yang adekuat.<sup>(5)</sup>

d. Anemia hemolitik. Berbagai kelainan sel darah merah yang sebagian besar diperoleh secara herediter sel-selnya sangat rapuh, sehingga mereka pecah dengan mudah waktu mereka melalui kapiler, khususnya melalui limpa. Oleh karena itu, walaupun jumlah sel darah merah yang dibentuk normal, masa hidup sel darah merah demikian pendek sehingga mengakibatkan anemia yang berbahaya.<sup>(5)</sup> Anemia hemolitik disebabkan karena cedera mekanik, reaksi antigen-antibodi

eritrosit, ikatan komplemen, reaksi kimia atau defek membran herediter.<sup>(6)</sup>

Gejala utama dari sebagian besar jenis anemia adalah kelelahan. Gejala lain meliputi nyeri dada, nafas pendek, kulit pucat, lemas, sakit kepala, denyut jantung cepat.<sup>(9)</sup> Anemia yang terjadi akan memiliki efek negatif terhadap sistem sirkulasi. Pada anemia, berat viskositet darah dapat turun sampai kurang dari setengah nilai normal. Menurunkan resistensi aliran darah dalam pembuluh perifer hingga jauh lebih banyak darah kembali ke jantung mengakibatkan curah jantung meningkat dua kali dari normal atau lebih. Hipoksia (kekurangan oksigen dalam jaringan) yang disebabkan pengurangan transport oksigen oleh darah menyebabkan pembuluh-pembuluh jaringan melebar dan diikuti oleh pengembalian darah ke jantung. Oleh karena itu salah satu efek utama anemia ialah menimbulkan peningkatan beban kerja jantung.<sup>(8)</sup>

Faktor-faktor risiko anemia meliputi :

- a. Diet buruk. Seseorang yang secara terus menerus rendah dalam konsumsi besi dan vitamin, terutama asam folat memiliki risiko terkena anemia. Tubuh kita membutuhkan besi dan vitamin untuk memproduksi sel darah merah/eritrosit dalam jumlah cukup.
- b. Gangguan pencernaan. Gangguan pencernaan dapat mempengaruhi absorpsi makanan dalam usus halus, sehingga berisiko terkena anemia.
- c. Menstruasi. Pada umumnya, wanita memiliki risiko lebih besar mengalami kekurangan zat besi daripada laki-laki. Hal ini disebabkan

- wanita kehilangan darah dan besi tiap bulan dalam periode menstruasi.
- d. Kehamilan. Wanita hamil memiliki risiko lebih tinggi terhadap anemia kekurangan besi karena cadangan besi dalam tubuh harus melayani juga peningkatan kebutuhan zat besi sebagai sumber hemoglobin untuk perkembangan janin.
  - e. Kondisi kronis. Misalnya kanker, kegagalan jantung atau hati, atau kondisi kronis yang lain. Penderita diabetes juga meningkatkan risiko penyakit ini.
  - f. Riwayat keluarga. Keluarga yang memiliki riwayat anemia, dapat meningkatkan risiko terhadap penyakit ini.
  - g. Infeksi tertentu, gangguan sistem pembentukan darah, paparan bahan kimia, penggunaan obat, dapat juga mempengaruhi produksi eritrosit yang memicu anemia.
  - h. Penggunaan alkohol dapat meningkatkan risiko anemia karena mengganggu absorpsi folat.<sup>(9)</sup>

### C. Trombosit

Trombosit atau platelet bukan merupakan sel, namun pecahan granular sel, berbentuk piringan dan tidak berinti. Trombosit adalah bagian terkecil dari unsur selular sumsum tulang dan sangat penting peranannya dalam homeostasis dan pembekuan darah. Trombosit berdiameter 1 sampai 4  $\mu$ m dan berumur kira-kira 10 hari. Kira-kira sepertiga berada dalam limpa sebagai sumber cadangan dan sisanya berada dalam sirkulasi. Pada umumnya satu  $\text{mm}^3$  darah orang dewasa mengandung 150.000 – 400.000



butir trombosit. Abnormalitas dalam jumlah dan fungsi trombosit dapat mempengaruhi pembekuan darah. Peningkatan jumlah trombosit di atas  $400.000 / \text{mm}^3$  darah didefinisikan sebagai *trombositosis*, dimana terjadi proliferasi abnormal pada sumsum tulang atau menyertai peningkatan permintaan sumsum tulang seperti pada perdarahan atau anemia hemolitik. Fungsi trombosit yang abnormal menyebabkan perdarahan dan trombotik. Masa perdarahan mungkin memanjang, perdarahan biasanya berasal dari mukosa, khususnya saluran cerna. Mekanisme perdarahan diduga berkaitan dengan peningkatan jumlah trombosit. Konsentrasi trombosit kurang dari  $100.000 / \text{mm}^3$  didefinisikan sebagai *trombositopenia* yang bisa disebabkan oleh pembentukan trombosit yang berkurang atau penghancuran yang meningkat. Namun, umumnya tidak ada manifestasi klinis sampai jumlahnya di bawah  $100.000 / \text{mm}^3$  dan dipengaruhi oleh keadaan-keadaan lain atau disertai dengan leukemia atau penyakit hati. Pembentukan trombosit yang menurun dibuktikan dengan oleh aspirasi dan biopsi sumsum tulang dan bisa terjadi pada setiap keadaan yang mengganggu atau menghambat fungsi sumsum tulang, misalnya pada kejadian anemia aplastik, leukemia akut, defisiensi vitamin B12 & asam folat, paparan agen kimia seperti benzene, dll. Keadaan *trombositopenia* dengan pembentukan trombosit normal biasanya disebabkan oleh penghancuran atau penyimpanan yang berlebihan. Trombosit dapat juga dihancurkan oleh pembentukan antibodi yang diakibatkan oleh obat, seperti kinidin. Fungsi trombosit dapat berubah (*trombositopati*) melalui berbagai cara, yang mengakibatkan perdarahan yang lama. Obat-obatan seperti aspirin, indometasin dan fenilbutason menghambat agregasi dan reaksi pengeluaran trombosit, sehingga

menyebabkan perdarahan lama walaupun jumlah trombosit normal. Pengaruh dosis tunggal aspirin dapat berlangsung selama 7–10 hari.<sup>(12)</sup>

#### D. Leukosit

Pertahanan tubuh melawan infeksi adalah peranan utama dari leukosit atau sel darah putih. Batas normal jumlah sel darah putih adalah 3900–10.600 / mm<sup>3</sup>.<sup>(5)</sup> Lima sel darah putih yang sudah didefinisikan dalam darah perifer adalah netrofil (55%), eosinofil (1-2%), basofil (0,5-1%), monosit (6%), limfosit (36%). Sel-sel menjalani suatu fase proliferasi (pembelahan) mitotik, kemudian diikuti fase pematangan. Waktu yang diperlukan bervariasi untuk tiap-tiap leukosit yang berbeda dari bervariasi dari 9 hari untuk eosinofil sampai 12 hari untuk netrofil. Semua fase ini akan mengalami pertambahan kecepatan selama terjadi infeksi. Di dalam sumsum tulang, setelah sel menjadi matang, sel tersebut menjadi lebih kecil, inti berbentuk bulat atau oval dan memiliki 2-5 bolus, dikelilingi oleh sitoplasma yang mengandung granula halus yang tersebar merata. Granula ini mengandung enzim yang pada degranulasi sel-sel darah putih, membunuh dan mencernakan bakteri. Sumsum tulang memiliki tempat penyimpanan cadangan yang tetap, kapasitasnya sekitar 10 kali jumlah netrofil yang dihasilkan setiap hari. Gangguan sel darah putih dapat mengenai setiap lapisan sel dan pada umumnya berkaitan dengan gangguan pembentukan atau penghancuran dini. Peningkatan jumlah leukosit melebihi jumlah maksimal didefinisikan sebagai *leukositosis*, biasanya sebagai respon fisiologis untuk melindungi tubuh dari serangan mikroorganisme. Terhadap respon infeksi atau radang akut, sumsum tulang melepaskan sumber cadangannya dan meningkatkan

*granulopoiesis*. Ini akibat respon terhadap infeksi, bahan toksik, peradangan, keganasan, khususnya pada ginjal, paru-paru, payudara dan karsinoma metastatik.<sup>(12)</sup>

## E. Kesehatan Kerja

Kesehatan kerja adalah spesialisasi dalam ilmu kesehatan/kedokteran beserta prakteknya yang bertujuan agar tenaga kerja memperoleh derajat kesehatan setinggi-tingginya baik fisik, mental maupun sosial dengan usaha preventif atau kuratif terhadap penyakit gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh faktor pekerjaan atau lingkungan kerja serta terhadap penyakit umum.<sup>(13)</sup>

Tenaga kerja adalah tiap orang yang mampu melakukan pekerjaan baik di dalam ataupun di luar hubungan kerja guna menghasilkan jasa atau barang untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.<sup>(14)</sup>

Sebagai bagian spesifik keilmuan dalam ilmu kesehatan, kesehatan kerja lebih memfokuskan lingkup kegiatannya pada peningkatan kualitas hidup tenaga kerja melalui penerapan upaya kesehatan yang bertujuan untuk:

1. Meningkatkan dan memelihara derajat kesehatan tenaga kerja
2. Melindungi dan mencegah tenaga kerja dari semua gangguan kesehatan akibat lingkungan kerja dan pekerjaannya.
3. Menempatkan tenaga kerja sesuai dengan kemampuan fisik, mental dan pendidikan atau ketrampilannya.
4. Meningkatkan efisiensi dan produktifitas kerja.

Kesehatan kerja lebih menekankan upaya pemeliharaan, peningkatan kesehatan dan kapasitas kerja, perbaikan lingkungan dan pekerjaan yang mendukung keselamatan dan kesehatan tenaga kerja serta mengembangkan organisasi dan budaya kerja agar tercapai iklim sosial yang positif, kelancaran produksi dan peningkatan produktivitas.

Kesehatan kerja mencakup kegiatan yang bersifat komprehensif berupa upaya promotif, preventif, kuratif dan rehabilitatif. Upaya promotif berupa penyuluhan, pelatihan dan peningkatan pengetahuan tentang upaya hidup sehat dalam bekerja, di samping kegiatan pencegahan terhadap risiko gangguan kesehatan, lebih mengemuka dalam disiplin kesehatan kerja.<sup>(15)</sup>

#### **F. Faktor Risiko Di Tempat Kerja**

Agar seorang tenaga kerja ada dalam keserasian sebaik-baiknya, yang berarti dapat terjamin keadaan kesehatan dan produktivitas kerja setinggi-tingginya, maka perlu ada keseimbangan yang menguntungkan dari faktor:<sup>(13)</sup>

##### **1. Beban kerja**

Setiap pekerjaan merupakan beban bagi pelakunya. Beban dimaksud adalah fisik, mental dan sosial. Adakalanya tenaga kerja memikul beban fisik saja, mental saja, sosial saja maupun kolaborasi di antara ketiga-tiganya.

##### **2. Beban tambahan akibat dari lingkungan kerja**

Terdapat 5 faktor penyebab beban tambahan, antara lain:

- a. Faktor fisik, seperti : penerangan, suhu, kebisingan, kelembaban
- b. Faktor kimia, seperti : gas, uap
- c. Faktor biologi, seperti : bibit penyakit, tumbuhan, dan hewan

- d. Faktor fisiologi, seperti : sikap dan cara kerja
- e. Faktor mental – psikologis, seperti : suasana kerja dan hubungan kerja antar tenaga kerja dan juga antar pengusaha

### 3. Kapasitas kerja

Kemampuan kerja seorang tenaga kerja berbeda satu sama lain, hal ini tergantung dari ketrampilan, keserasian, keadaan gizi, usia dan ukuran tubuh. <sup>(13)</sup>

Status Gizi seseorang dapat diukur dengan berbagai indikator, antara lain dengan indeks massa tubuh (IMT). Penggunaan IMT hanya berlaku untuk orang dewasa berumur di atas 18 tahun. Adapun perhitungan IMT menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{IMT} = \frac{\text{Berat Badan (kg)}}{\text{Tinggi Badan}^2 \text{ (m)}}$$

Kategori status gizi dapat ditentukan berdasarkan IMT dengan ketentuan sebagai berikut :

- Kurus jika IMT < 18,5
- Normal jika iMT 18,5 – 25,0
- Gemuk jika IMT > 25,0 <sup>(16)</sup>

## G. Toksikologi Bahan Kimia

### 1. Toksikologi Industri

Ilmu yang digunakan untuk mengetahui faktor kimia dalam industri adalah toksikologi industri.

Toksikologi secara umum diartikan sebagai “ilmu pengetahuan mengenai senyawa kimia yang merugikan terhadap organisme hidup”.

Sesuatu zat dinyatakan sebagai racun bila zat tersebut menyebabkan efek yang merugikan bagi yang menggunakannya, namun dalam praktiknya hanya zat dengan risiko relatif besar untuk menyebabkan kerusakan yang dinyatakan sebagai racun, dalam hal ini perlu diperhatikan bahwa "*sola dos facit venenum*" (*pracelsus*), artinya, kehadiran suatu zat yang potensial toksik di dalam organisme belum tentu menghasilkan juga keracunan, hanya dalam dosis toksik suatu senyawa menjadi racun. Toksikologi industri membahas tentang berbagai bahan beracun yang digunakan, diolah atau dihasilkan oleh industri.<sup>(17)</sup>

## 2. Pengenalan Bahaya Bahan Kimia

Seperti diketahui, terdapat ribuan jenis bahan kimia yang digunakan/diolah/dihasilkan dalam industri sehingga perlu diupayakan:<sup>(18)</sup>

- a. Survei pendahuluan untuk mengenal/mengidentifikasi bahan kimia yang terdapat di industri dan merencanakan program evaluasi risiko bahaya serta tindak lanjutnya.
- b. Mengetahui proses produksi dengan mempelajari alur proses mulai dari tahap awal sampai akhir, sumber bahaya kimia dan keluhan kesehatan oleh tenaga kerja serta memanfaatkan indera kita untuk mengidentifikasi lingkungan kerja.
- c. Mempelajari MSDS (*Material Safety Data Sheet*) atau Lembar Data Bahan Kimia, yaitu suatu dokumen teknik yang memberikan informasi tentang komposisi, karakteristik, bahaya fisik dan potensi bahaya kesehatan, cara penanganan dan penyimpanan bahan yang aman, tindakan pertolongan pertama dan prosedur khusus lainnya. Perlu juga dicatat label pada kemasan bahan kimia di tempat kerja.

Ada berbagai kemungkinan untuk menggolongkan efek toksik, yaitu:

a. Efek toksik akut

Yaitu efek yang mempunyai korelasi langsung dengan absorpsi zat toksik

b. Efek toksik kronis

Acapkali zat toksik dalam jumlah kecil diabsorpsi sepanjang jangka waktu lama, terakumulasi mencapai konsentrasi toksik dan karena itu akhirnya menimbulkan gejala keracunan.

### 3. Faktor Penentu Paparan Bahan Kimia di Tempat Kerja

Faktor penentu paparan suatu zat kimia adalah sebagai berikut:

a. Dosis

Dosis dapat ditentukan oleh konsentrasi dan lamanya eksposisi zat yang diberikan pada seseorang. Faktor-faktor tertentu seperti ventilasi ditempat kerja dan jenis kerja memegang peranan penting pada penentuan dosis, dosis juga dipengaruhi oleh jumlah jam kerja dan waktu kerja, konsentrasi zat berbahaya yang ada dilingkungan sering kali lebih tinggi pada sore hari daripada pagi hari dimana pada saat pekerjaan baru mulai. Untuk membatasi eksposisi sebaiknya istirahat kerja dilakukan di tempat yang tidak tercemari (terkontaminasi), juga penting untuk mempersingkat jangka waktu eksposisi dengan melakukan pergantian kerja.<sup>(13)</sup>

Untuk mengetahui dosis yang tepat dan tidak mengganggu kesehatan, perlu membandingkan antara takaran yang digunakan di perusahaan dengan Nilai Ambang Batas (NAB) yang telah ditentukan.

Terdapat 3 kategori NAB yang spesifik, yaitu :<sup>(17)</sup>

- 1). NAB rata-rata selama jam kerja atau TLV-TWA (*Threshold Limit Value - Time Weighted Average*) yakni kadar bahan kimia di udara tempat kerja selama 8 jam sehari atau 40 jam seminggu yang hampir semua tenaga kerja dapat terpapar berulang kali sehari-hari dalam melakukan pekerjaan tanpa mengganggu kesehatannya.
- 2). NAB batas paparan singkat atau TLV-STEL (*Threshold Limit Value – Short Time Exposure Limit*) atau PSD (Pemajanan Singkat yang Diperkenankan) yakni kadar bahan kimia yang diperkenankan untuk pemaparan tidak lebih dari 4 kali pemaparan per hari. Interval antara dua periode pemaparan tidak boleh kurang dari 60 menit.
- 3). NAB tinggi atau TLV-C (*Threshold Limit Value Ceiling*) yakni kadar tertinggi bahan kimia di udara tempat kerja yang tidak boleh dilewati selama melakukan pekerjaan. Sering disebut juga sebagai KTD (Kadar Tertinggi yang Diperkenankan)

b. Higiene Kerja Umum

Pakaian kerja yang tercemari (terkontaminasi) setelah berdinis jangan dibawa pulang, dan secara teratur dibersihkan. Hal yang penting juga untuk higiene kerja, yaitu menyimpan zat kimia berbahaya secara terpisah dengan benar dan aman. <sup>(13)</sup>

c. Higiene Kerja Perseorangan

Higiene perorangan di tempat kerja dapat dicapai antara lain dengan menjelaskan pada tenaga kerja, misalnya bagaimana membatasi tercecernya bahan kimia dan sedapat mungkin



menghindari kontak langsung antara bahan berbahaya dengan kulit, juga memakai alat-alat kerja dan alat pelindung diri secara benar.<sup>(13)</sup>

d. Pelaksanaan Pengawasan

Pengawasan sangat penting terhadap tenaga kerja, haruslah diperhatikan bahwa tenaga kerja dapat mengerti peraturan yang ada. Kurangnya tanggung jawab sosial dan intelegensia pemberi kerjalah yang menyebabkan timbulnya bahaya kerja karena cara yang salah.<sup>(13)</sup>

e. Peraturan perundang-undangan

Sampai batas tertentu, pejabat yang berwenang dapat memberikan pedoman berdasarkan perundang-undangan tentang pengembangan zat yang kurang berbahaya, untuk menghindari pemakaian zat berbahaya. Pada umumnya pejabat yang berwenang tak dapat melarang pemakaian zat tertentu secara mutlak (absolut), akan tetapi mereka dapat membuat peraturan yang lebih ketat sehingga dengan demikian pihak industri akan diminta untuk mengembangkan alternatif lain, misalnya diusahakan pengembangan metode sintesis untuk zat warna yang lebih mutakhir dan lebih baik.<sup>(13)</sup>

f. Keadaan fungsi organ yang kontak

Keadaan fungsi organ yang kontak dengan suatu zat kimia toksik, akan mempengaruhi kerja eksposisi, ini terutama berlaku untuk sistem respirasi. Pada respirasi dapat dibedakan antara jumlah zat yang ada dalam udara yang dihirup dan jumlah zat yang tertinggal di dalam paru-paru. Hal yang mempengaruhinya antara lain: frekwensi

pernapasan, beban kerja, usia dan lama kerja tenaga kerja yang bersangkutan, juga pada suhu dan kelembaban udara relatif.<sup>(13)</sup>

#### **4. Faktor yang mempengaruhi toksisitas**

Bahan-bahan kimia merupakan racun-racun dalam industri. Sifat dan derajat racun zat-zat kimia yang digunakan dalam industri tergantung dari faktor-faktor sebagai berikut :<sup>(13)</sup>

##### **a. Sifat fisik zat kimia**

- 1). Gas, yaitu berbentuk wujud zat, yang tidak mempunyai bangun sendiri, melainkan mengisi ruang tertutup pada keadaan suhu dan tekanan normal. Tingkat wujudnya bisa diubah menjadi cair atau padat hanya dengan kombinasi meninggikan tekanan dan menurunkan suhu. Sifat gas umumnya tak terlihat dan berdifusi pada seluruh ruangan
- 2). Uap, berbentuk gas dari zat-zat yang dalam keadaan biasa berbentuk cair atau padat. Sifat uap umumnya tidak terlihat dan berdifusi mengisi seluruh ruangan
- 3). Debu, berbentuk partikel-partikel zat padat yang disebabkan oleh kekuatan alami/mechanis
- 4). Kabut, yaitu titik cairan halus dalam udara yang terjadi dari kondensasi bentuk uap atau dari pemecahan zat cair menjadi tingkat dispersi dengan cara-cara splashing, foaming, dll
- 5). Fume, yaitu partikel-partikel zat padat yang terjadi oleh karena kondensasi dari bentuk gas
- 6). Awan, yaitu partikel-partikel cair sebagai hasil kondensasi dari fase gas

7). Asap, biasanya dianggap partikel-partikel zat karbon yang ukurannya kurang dari 0.5 mikron sebagai akibat dari pembakaran tak sempurna bahan yang mengandung karbon

b. Sifat Kimia

Sifat kimia meliputi: jenis senyawa, besar molekul, konsentrasi dan daya larut. Sebagai contoh gas yang mudah terlarut dalam air (amonia dan sulfur dioksida) bila terhirup meski kadarnya rendah akan mengiritasi saluran napas atas. Sedangkan gas yang tidak mudah larut dalam air (nitrogen dioksida, ozon, dan fosgen) dapat mencapai saluran napas yang lebih dalam.

c. *Port d'entrée* (jalan masuk) bahan kimia ke dalam tubuh manusia umumnya melalui 3 pintu, yaitu:

- 1). Pernapasan (*inhalasi*), untuk bahan kimia di udara. Merupakan cara masuknya bahan kimia yang paling sering terjadi dalam industri
- 2). Pencernaan (*Per Oral*), yaitu bahan-bahan dari udara yang melekat di tenggorokan dan ditelan, untuk bahan kimia cair dan padat
- 3). Kulit (*Per Dermal*), untuk bahan-bahan cair atau bahan-bahan di udara yang mengendap di permukaan kulit.

d. Faktor Individu

Yaitu faktor pada diri tenaga kerja sendiri, yang meliputi : usia, jenis kelamin, ras, status gizi, kesehatan, faktor genetik dan kebiasaan lain misalnya merokok, minum-minuman keras dan sebagainya. Usia dapat berpengaruh terhadap toksisitas karena pada usia-usia tertentu yaitu pada usia lanjut terjadi penurunan faal organ tubuh sehingga mempengaruhi metabolisme dan penurunan kerja otot. Dan pada usia

anak-anak pengaruhnya adalah stimulus susunan saraf pusat yang cukup besar terhadap zat toksik yang masuk kedalam tubuh sehingga dapat terjadi depresi susunan saraf pusat.

Zat-zat kimia dapat digolongkan dalam klasifikasi fisiologis sebagai berikut : <sup>(18)</sup>

- a. Bahan partikel yang bersifat : perangsang (kapas, sabun, bubuk beras), toksik (Pb, As, Mn), fibrosis (Kwarts, asbes), allergen (tepung sari, kapas), menimbulkan demam (fume, Zn O), inert (aluminium, kapas).
- b. Bahan non partikel yang bersifat : asfiksian (metan, helium), perangsang (amoniak, Hcl, H<sub>2</sub>S), racun anorganik, organik (TEL, AsH<sub>3</sub>), mudah menguap yang berefek anestesi (Trichloroetilen), merusak alat dalam (C Cl<sub>4</sub>), merusak darah (Benzene), merusak saraf (parathion)

#### H. Zat Kimia Cat

Menurut Dirjen Perindustrian Kimia Dasar, zat kimia yang berasal dari batu bara sangat penting penggunaannya dalam industri zat warna. <sup>(19)</sup> Sedangkan menurut Austin ( 1996 ) kebanyakan zat kimia yang berasal dari batubara pada mulanya didapatkan melalui proses *distilasi destruktif (karbonisasi)*, yang menghasilkan terutama bahan-bahan kimia yang bersifat aromatik, seperti Benzene, Toluene, Xilene dan lain-lain. Zat-zat kimia tersebut ada di dalam cat yang digunakan dalam pewarnaan suatu produk, akan tetapi zat-zat kimia tersebut bersifat toksik bagi tenaga kerja yang dapat mempengaruhi kesehatan, baik ringan

maupun berat.<sup>(18)</sup> Batas paparan bahan-bahan tersebut setiap negara mempunyai ketentuan yang berbeda-beda, *World Health Organization* (WHO), menganjurkan:<sup>(2)</sup>

Tabel 2.1. Batas Bahan Kimia yang dianjurkan WHO

No	Nama Zat kimia	Batas paparan (mg/m <sup>3</sup> )
1.	Benzen	5 – 80
2.	Toluen	200 - 375
3.	Xilen	50 - 435
4.	Anilin	0,1 – 19
5.	Nitrobenzen	3 – 10
6.	Metil alkohol	50-260
7.	Etil alkohol	200-2000
8.	n-propil alkohol	200-500
9	Butil alkohol	10-200
10	Amil alkohol	10 – 300
11	Etilen glikol	100 – 260
12	Eter etilen glikol	40 – 80
13	Keton	20 – 400
14	Trikloroetilen	10 - 535

Sumber : Wijaya, Caroline. 1995

Ada beberapa hal lain yang berpengaruh terhadap efek-efek yang ditimbulkan oleh bahan-bahan kimia tersebut di atas terhadap manusia, selain faktor-faktor yang telah diuraikan sebelumnya, faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Kebiasaan merokok

Merokok mengurangi kemampuan membawa oksigen dan darah, juga penyaluran ke organ vital dan jaringan tubuh (jantung, otot dan otak) akan berkurang.<sup>(21)</sup>

2. Olah raga

Aktifitas fisik (olah raga) yang teratur dalam jangka waktu yang sudah cukup lama akan membantu meningkatkan efisiensi jantung dan paru-paru secara keseluruhan. Mereka

yang aktif mempunyai fungsi paru-paru lebih baik dan umumnya lebih jarang merokok serta lebih jarang mempunyai kelainan saluran napas.<sup>(21)</sup> Untuk mendapatkan dan memperbaiki kesegaran jasmani, olah raga baik dilakukan terus-menerus selama paling sedikit 30 menit, meliputi pemanasan 3-10 menit, olah raga inti 15-60 menit dan pendinginan 3-10 menit. Frekwensi olah raga yang baik paling sedikit 3 kali seminggu dengan jarak waktu antara merata, dapat berupa jalan kaki, jogging, lari, bersepeda, berenang, aerobik dance, dll.<sup>(22)</sup>

### 3. Alat Pelindung Diri (APD)

Salah satu upaya untuk dapat menghindari dan mencegah bahaya kimia masuk kedalam tubuh tenaga kerja, tenaga kerja harus menggunakan alat pelindung diri yang tepat. Alat-alat pelindung diri tersebut meliputi :<sup>(23)</sup>

#### a. Alat Pelindung Pernapasan

Alat pelindung pernapasan berguna untuk melindungi sistem pernapasan dari pengaruh gas, uap, debu atau udara yang terkontaminasi di tempat kerja. Alat pelindung pernapasan antara lain:

##### 1). *Air-purifying respirators*

Respirator ini berfungsi melindungi pemakainya dari paparan (inhalasi) debu, gas, uap, mist, fumes, asap, dan fog. Alat ini dipakai terutama apabila toksisitas zat kimia yang terpapar dan

kadarnya dalam udara tempat kerja rendah. Respirator tipe ini membersihkan udara yang terkontaminasi dengan cara filtrasi, adsorpsi dan absorpsi.

Macam-macam *Air-purifying respirators*:

a). *Chemical respirator (cartridge respirator dan canister as mask)*

Berupa full face mask, half mask atau mouthpiece respirator. Alat ini mampu membersihkan kontaminan zat kimia di udara dengan cara adsorpsi dan absorpsi

b). *Canister gas mask (canister respirator)*

Cara kerjanya sama seperti chemical respirator tetapi tidak boleh digunakan di tempat kerja dengan kadar toksik tinggi (*immediatly dangerous to life*). Alat ini dapat melindungi dari paparan partikel-partikel karena dilengkapi filter

c). *Mechanical filter respirator*

Digunakan untuk melindungi dari paparan aerosol zat padat (debu, asap, fume) dan aerosol cair (mist, fog) melalui berbagai proses filtrasi. Efisiensi alat ini ditentukan oleh ukuran aerosol dan jenis filter. Semakin kecil diameter pori-pori filternya semakin besar tahanan (*resistance*) terhadap aliran udara. Filter dapat dibedakan menurut fungsinya menjadi 3 macam, yaitu:

- (1). *Dust and mist filters*
- (2). *Fume filter*
- (3). *High efficiency filter*

2). *Air-supplied respirators/ breathing apparatus*

Alat ini tidak dilengkapi dengan filter dan absorbent. Alat ini melindungi pemakainya dari paparan zat-zat kimia sangat toksik dan atau bahaya dari kekurangan oksigen (*oxygen deficiency*).

b. **Alat Pelindung Tangan (sarung tangan)**

Alat pelindung tangan /sarung tangan berfungsi untuk melindungi kulit tangan dari paparan bahan berbahaya. Untuk memilih sarung tangan yang tepat perlu dipertimbangkan faktor-faktor dibawah ini.

- 1). Bentuk bahan berbahaya, apakah berbentuk bahan kimia korosif, benda panas/dingin, tajam/kasar
- 2). Daya tahan terhadap bahan-bahan kimia
- 3). Kepekaan yang diperlukan dalam melakukan suatu pekerjaan
- 4). Bagian tangan yang dilindungi

Menurut bentuknya sarung tangan dapat dibedakan menjadi:

- 1). *Gloves*, adalah sarung tangan biasa
- 2). *Gauntlets*, adalah sarung tangan yang dilapisi plat logam
- 3). *Mitts*, adalah sarung tangan dimana keempat jari pemakai dibungkus menjadi satu kecuali ibu jari (seperti sarung tangan tinju)



## I. Benzene

### 1. Sifat-Sifat Benzene

Benzene adalah cairan tidak berwarna yang bersifat mudah menguap, mempunyai bau khas, mendidih pada suhu  $80,1^{\circ}\text{C}$ , mudah terbakar, sedikit larut dalam air, serta pelarut yang baik untuk senyawa organik dan minyak.<sup>(24)</sup> Benzene merupakan salah satu bahan yang diduga karsinogenik terhadap manusia, kategori 2 menurut ACGIH 1995-1996.<sup>(25)</sup>

### 2. Sumber dan Kegunaan

Benzene dihasilkan dari distilasi batu bara atau minyak mentah. Bahan ini terdapat dalam pelarut cat.<sup>(26)</sup> Benzene telah lama digunakan sebagai pelarut di industri kimia, penggunaannya kemudian meluas sebagai bahan baku dalam sintesis senyawa organik. Benzene juga digunakan sebagai campuran bensin untuk menggantikan *tetra etil lead* karena mempunyai sifat sebagai antiknock.<sup>(27)</sup> Saat ini, benzene banyak digunakan sebagai salah satu bahan mentah dalam produksi senyawa aromatik, seperti: stiren, fenol, sikloheksana, nitrobenzene, obat-obatan, pestisida, dan detergen.<sup>(2)</sup>

Benzene juga merupakan pelarut yang baik untuk sejumlah bahan seperti lilin, karet, plastik, cat, lem, dan tinta. Tetapi, dewasa ini penggunaan benzene sebagai pelarut sudah banyak berkurang dan disubstitusi oleh xilene dan toluen. Hal ini karena xilene dan toluen lebih aman bagi kesehatan dibanding benzene, selain itu kemampuan xilene dan toluen dalam melarutkan suatu bahan hampir sama dengan benzene.<sup>(2)</sup>

### 3. Jalan Masuk Benzene Ke Tubuh

Benzene masuk ke dalam tubuh dalam bentuk uap melalui inhalasi, dan absorpsi terutama melalui paru-paru. Sekitar 40-60% jumlah yang diinhalasi, dan selainnya kontak langsung dengan kulit. Secara umum, bahan kimia dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pemapasan, saluran pencernaan, dan kulit. Pada paparan industri, jalur absorpsi utama bahan kimia berbentuk uap, gas, dan debu adalah melalui saluran pemapasan. Dari banyak kasus keracunan atau gangguan kesehatan kerja, ternyata 90 persen dari kasus tersebut disebabkan oleh bahan kimia yang masuk ke dalam tubuh melalui saluran pemapasan. Hal ini dapat terjadi karena tenaga kerja biasanya bekerja selama 8 jam kerja setiap hari dan mereka akan menghirup udara sebanyak  $\pm 8 \text{ m}^3$  setiap hari.<sup>(28)</sup>

Sifat benzene yang mudah menguap menyebabkan bahaya paparan utama di tempat kerja adalah melalui proses pemapasan. Uap benzen yang masuk ke paru akan cepat terdifusi ke seluruh permukaan membran saluran pemapasan, masuk dalam aliran darah, dan kemudian didistribusikan ke organ tubuh lain. Kemampuan suatu bahan masuk ke dalam aliran darah antara lain tergantung pada kemampuan bahan tersebut dalam melarutkan lemak, karena sebelum masuk ke dalam aliran darah harus melewati membran lipoprotein sel. Sifat benzene yang dapat melarutkan lemak menyebabkan benzen mudah masuk ke dalam aliran darah.<sup>(27)</sup>

#### 4. Metabolisme Benzen Dalam Tubuh

Di dalam tubuh, bahan kimia asing akan mengalami metabolisme menjadi metabolit-metabolitnya. Proses metabolisme ini umumnya merupakan aksi tubuh untuk mengurangi toksisitas bahan kimia dalam tubuh.<sup>(27)</sup> Jalur umum metabolisme bahan kimia asing dalam tubuh dibagi menjadi dua fasa, yaitu reaksi fasa I (reaksi fungsionalisasi) dan reaksi fasa II (reaksi konjugasi). Reaksi fasa I terdiri dari: reaksi oksidasi, reduksi, dan hidrolisa. Reaksi ini bertujuan untuk memasukkan gugus fungsional tertentu yang bersifat polar, seperti: OH, COOH, NH<sub>2</sub>, dan SH ke dalam struktur molekul senyawa. Meskipun dalam reaksi fasa I kemungkinan tidak menghasilkan senyawa yang cukup hidrofil, tetapi secara umum dapat menghasilkan senyawa yang mudah terkonjugasi atau mengalami reaksi fasa II. Termasuk dalam reaksi fasa II adalah reaksi konjugasi, metilasi, dan asetilasi. Reaksi fasa II bertujuan mengikat gugus fungsional hasil metabolisme reaksi fasa I dengan senyawa endogen yang mudah terionisasi dan bersifat polar, seperti: asam glukuronat, sulfat, glisin, dan glutathion menghasilkan konjugat yang mudah larut dalam air. Hasil konjugasi yang terbentuk (konjugat) akan kehilangan aktivitas dan toksisitasnya, kemudian diekskresikan melalui urin.<sup>(29)</sup>

Benzen yang masuk ke dalam tubuh akan mengalami proses metabolisme dengan tahapan: sitokrom P-450 akan mengoksidasi benzen membentuk senyawa benzen epoksida; benzen epoksida akan bereaksi dengan glutathion membentuk asam merkapturat atau mengalami penataulangan menjadi fenol; fenol mengalami reaksi hidrosilasi

membentuk catesol dan hidroquinon; dan asam merkapturat, catesol, hidroquinon yang terbentuk kemudian diekskresikan melalui urine. <sup>(27)</sup>

##### **5. Mekanisme Toksisitas Benzene Dalam Tubuh**

Parke dan Williams adalah orang yang pertama kali menyatakan bahwa salah satu metabolit benzene dapat menyebabkan keracunan. Synder *et al* dan Langacre *et al.* melaporkan bahwa protein yang terdapat di dalam hati, sumsum tulang, limpa, ginjal, darah, dan otot tikus yang terpapar uap benzene akan berikatan secara kovalen dengan metabolit benzene. Sedangkan hasil penelitian Kalf *et al* (1982), menunjukkan bahwa ikatan kovalen antara metabolit benzene dengan asam deoksiribonukleat (DNA) berkorelasi dengan proses penghambatan sintesis asam ribonukleat (RNA) dalam mitokondria sel hati, dan sumsum tulang. <sup>(27)</sup> Metabolit benzene yaitu benzene epoksida merupakan senyawa yang tidak stabil dan akan segera mengalami penataulangan membentuk fenol. Meskipun benzene epoksida merupakan senyawa yang tidak stabil, benzene epoksida dapat menetap dalam jaringan dan menyebabkan kanker. <sup>(11)</sup> Benzene epoksida adalah senyawa yang sangat reaktif dan dapat berikatan dengan unsur-unsur sel seperti protein dan asam nukleat. <sup>(24)</sup>

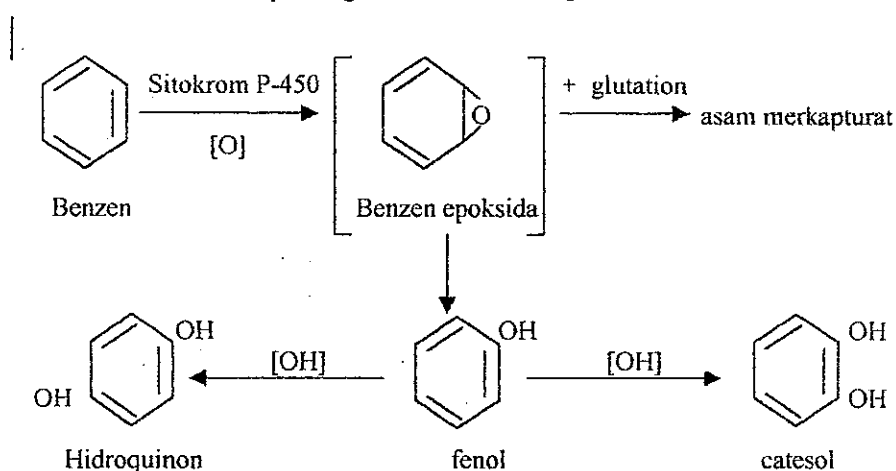
Mekanisme toksisitas benzene menurut Parkison dan Doull's adalah : <sup>(27)</sup>

- a. di dalam hati, sitokrom P-450 akan mengoksidasi benzene menjadi fenol;
- b. fenol yang terbentuk mengalami oksidasi lanjutan membentuk hidroquinon;
- c. enzim Prostaglandin H Sintase (PHS) yang terdapat di dalam sumsum tulang dan enzim myeloperoxidase yang terdapat di dalam

leukosit sumsum tulang akan mengubah hidroquinon menjadi senyawa yang tidak stabil (radikal phenoksil); dan

- d. di dalam sumsum tulang, radikal phenoksil akan berikatan dengan DNA dan protein.

Mekanisme di atas dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1. Mekanisme Toksisitas Benzen

## 6. Efek benzene bagi kesehatan

Paparan bahan kimia akan menyebabkan perubahan biologik pada seluruh bagian tubuh. Namun kerusakan jaringan terutama akan terjadi pada organ tubuh sasaran (*target organs*) yang manifestasi kliniknya dapat merupakan kelainan fungsi dan penyakit. <sup>(29)</sup> Efek toksik paparan benzene akan menyebabkan kerusakan pada organ/sistem organ, antara lain: sistem saraf pusat, kulit, sistem pernapasan, dan sistem pembentukan darah.

### a. Efek benzene pada sistem saraf pusat

Efek paparan benzen esecara akut adalah depresi pada sistem susunan saraf pusat dan dapat menyebabkan hilangnya

kesadaran atau bahkan kematian.<sup>(29)</sup> Paparan benzen pada kadar 20.000 ppm selama 5 menit dapat menyebabkan kematian.<sup>(27)</sup>

b. Efek benzene pada sistem pernapasan

Paparan benzen pada kadar di atas 3000 ppm selama waktu singkat (*brief exposure*) akan menyebabkan iritasi saluran pernapasan.<sup>(29)</sup> Paparan uap benzene pada kadar tinggi akan menyebabkan iritasi saluran pernapasan.<sup>(28)</sup>

c. Efek benzene pada kulit

Benzene cair memiliki efek *defatting* (menghilangkan lapisan lemak) pada kulit. Oleh karena itu, jika benzene cair kontak dengan kulit akan menyebabkan peradangan, iritasi, kulit kering, atau bersisik.<sup>(28)</sup>

d. Efek benzene pada mata

Benzene bersifat dapat melarutkan lemak, sehingga jika kontak dengan mata akan menimbulkan luka. Paparan benzene pada kadar di atas 3000 ppm selama waktu singkat akan menyebabkan iritasi mata.<sup>(27)</sup>

e. Efek pada sistem pembentukan darah

Efek paparan benzene secara kronik adalah kerusakan pada sistem pembentukan darah, berupa kerusakan sumsum tulang yang sifatnya sering menetap. Efek ini kemungkinan disebabkan oleh metabolit benzen epoksida.<sup>(2)</sup> Sumsum tulang menunjukkan gambaran adanya infiltrasi yang luas dari sel-sel yang belum terdiferensiasi, sebagian besar merupakan micromyeloblast atau paramyeloblast.<sup>(24)</sup> Gejala obyektif keracunan kronik adalah menurunnya jumlah elemen

sel darah secara progresif, yaitu: jumlah eritrosit (*anemia*), jumlah trombosit (*trombositopenia*), jumlah leukosit (*leukopenia*), atau gabungan ketiga gejala tersebut (*pansitopenia*).<sup>(27)</sup> Sedangkan gejala subyektif keracunan antara lain: pusing, sakit kepala, mual, pendarahan berlebihan pada saat haid, nafsu makan berkurang, rasa tidak enak pada perut, badan mudah lelah, badan sempoyongan, sesak napas pada saat melakukan aktivitas fisik, serta gemetar pada tangan dan kaki.<sup>(29)</sup>

Penelitian pada manusia mengenai efek kronik paparan benzene, menunjukkan bahwa indikasi awal yang akurat untuk menggambarkan gejala keracunan benzen adalah menurunnya jumlah leukosit dan eritrosit.<sup>(27)</sup> Penderita keracunan benzen secara kronik hanya mempunyai 50% jumlah eritrosit dari keadaan normal.<sup>(11)</sup>

Akibat dari paparan zat hematotoksin dapat mempengaruhi daya hidup sel darah (denaturasi dari hemoglobin dan hemolisis), metabolisme (*porfiria*), susunan (*aplasia*), bentuk dan fungsi (*preleukemia dan leukemia*) atau pembekuan (*thrombocytopenia*).<sup>(30)</sup>

Benzene pertama kali dideskripsikan sebagai penyebab anemia aplastik yang fatal tahun 1897. Penggunaan yang luas dari benzene pada berbagai produk termasuk kain dan pestisida menimbulkan banyak kasus keracunan akut dan kronis. Sebelum tahun 1950, benzene merupakan penyebab umum tunggal dari anemia aplastik toksik. Dengan kadar kronis di atas 100 ppm, umumnya ditemukan cytopenia dan anemia aplastik. Cytopenia umumnya dapat pulih setelah

paparan dihentikan, bahkan telah dilaporkan adanya pemulihan spontan dengan paparan menetap.

Pada paparan diatas 100 ppm, dapat terjadi anemia aplastik total. Meskipun toksisitas memiliki hubungan langsung dengan jumlah dan durasi paparan, namun masih memungkinkan adanya variasi individual. Diagnosis ditegakkan dengan pemeriksaan sumsum tulang setelah ditemukan adanya kelainan pada hitung jenis darah. Prognosis anemia aplastik karena benzen umumnya lebih baik daripada anemia aplastik idiopatik. Lebih dari 40% kasus akan terjadi pemulihan sempurna setelah paparan dihentikan.<sup>(31)</sup>

## J. Phenol

Phenol merupakan suatu hydroxybenzen yang dihasilkan dari "coal tar oil" melalui distilasi fraksional. Zat ini merupakan bahan yang sangat potensial untuk insektisida, herbisida, dan fungisida. Keracunan bahan ini bisa terjadi melalui jalur mulut (tertelan), hidung (inhalasi), dan kulit (absorpsi). Pemantauan melalui pengukuran yang ketat sangat dianjurkan saat bekerja menggunakan bahan ini.

Banyak kasus telah dilaporkan berkaitan dengan keracunan phenol termasuk yang berakibat fatal. Keracunan akut bahan ini menyebabkan sensasi terbakar yang hebat di mulut, tenggorokan, dan lambung. Phenol cepat diserap ke dalam darah dan dapat terjadi *hyper* atau *hypothermia*, *tachycardia*, *tachypnoea*, kelemahan umum, mual dan syok yang dapat berakibat kematian. Dosis fatal rata-rata adalah 2 g dan waktu paruhnya secara farmakokinetik dalam percobaan terhadap kera adalah 72-83 jam.



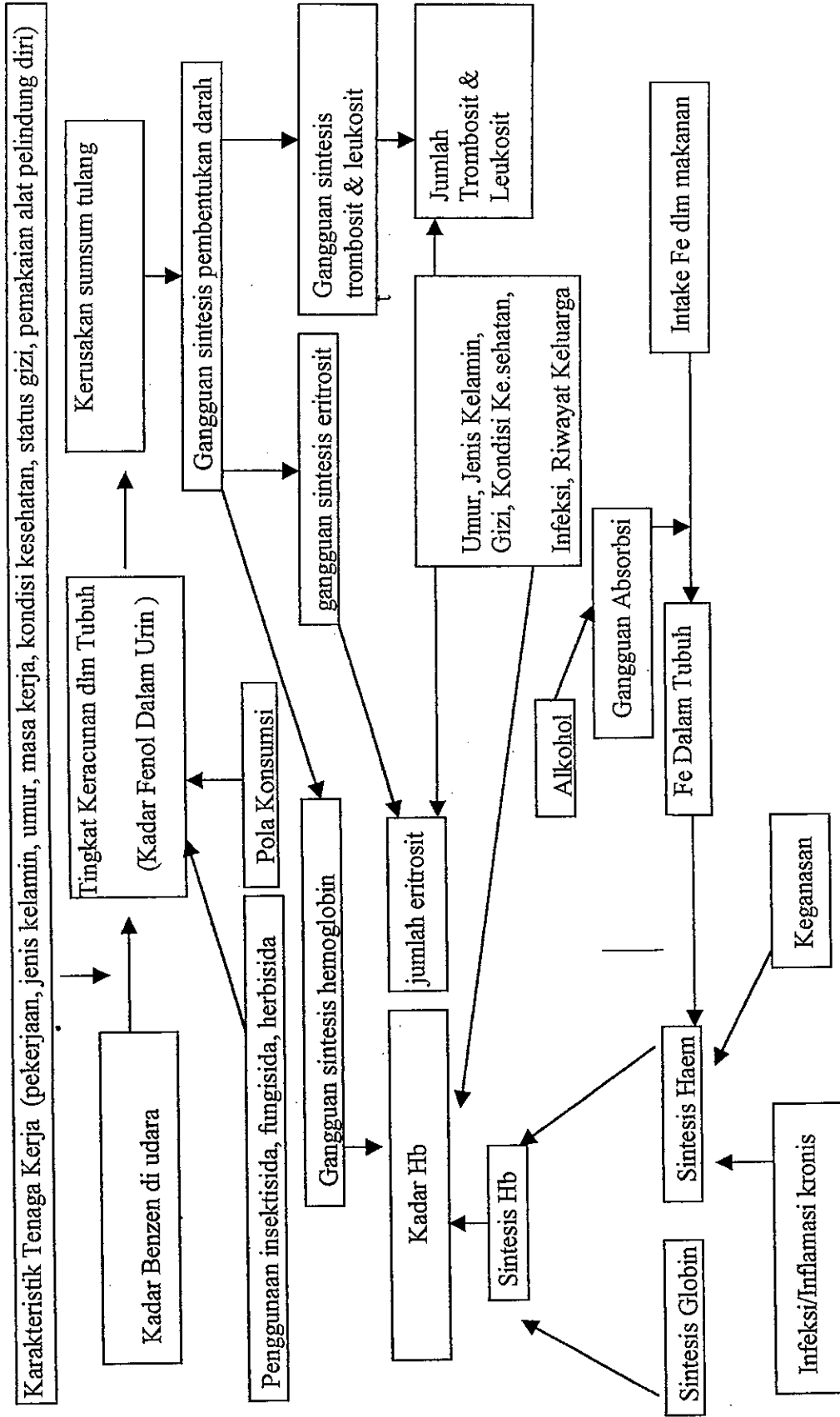
Selain diekskresi melalui urin, bahan ini juga diekskresi melalui hati, paru, dan kulit.

Sumber energi utama dalam sel darah merah adalah proses *glycolysis anaerobic*. Energi ini kemudian disimpan dalam bentuk molekul *adenosine triphosphate* (ATP). Proses ini bisa terganggu oleh efek toksik dari phenol. Gangguan yang menyebabkan kekurangan energi ini mengakibatkan sel darah merah tidak mampu melanjutkan fungsi pentingnya seperti mempertahankan keseimbangan osmotik pada membran selnya dan fungsi pompa kation. Kecacatan metabolisme ini mengarah ke penghancuran dini (*premature lysis*) dari sel yang akhirnya menyebabkan hemolisis. Phenol juga menyebabkan terbentuknya *Heinz bodies* yang juga memperberat kondisi hemolisis.

Kadar phenol dalam tubuh juga dipengaruhi oleh asupan makanan dan status gizi seseorang. Konsumsi makanan yang kaya kandungan phenol, misalnya apel, anggur, kacang merah kecil, gandum dan bawang ikut berperan dalam hal ini. <sup>(32)</sup>

Kadar phenol di dalam urin digunakan sebagai indikator biologik atas paparan benzen pada tenaga kerja. <sup>(24)</sup> Kadar phenol dalam urin melebihi 20 mg/l dianggap berlebihan dan petunjuk paparan minimal terhadap benzen, sedangkan kadar phenol 100 mg/l dalam urine dapat dikaitkan dengan kira-kira paparan 8 jam pada kadar benzene 30 ppm. <sup>(33)</sup>

K. Kerangka Teori

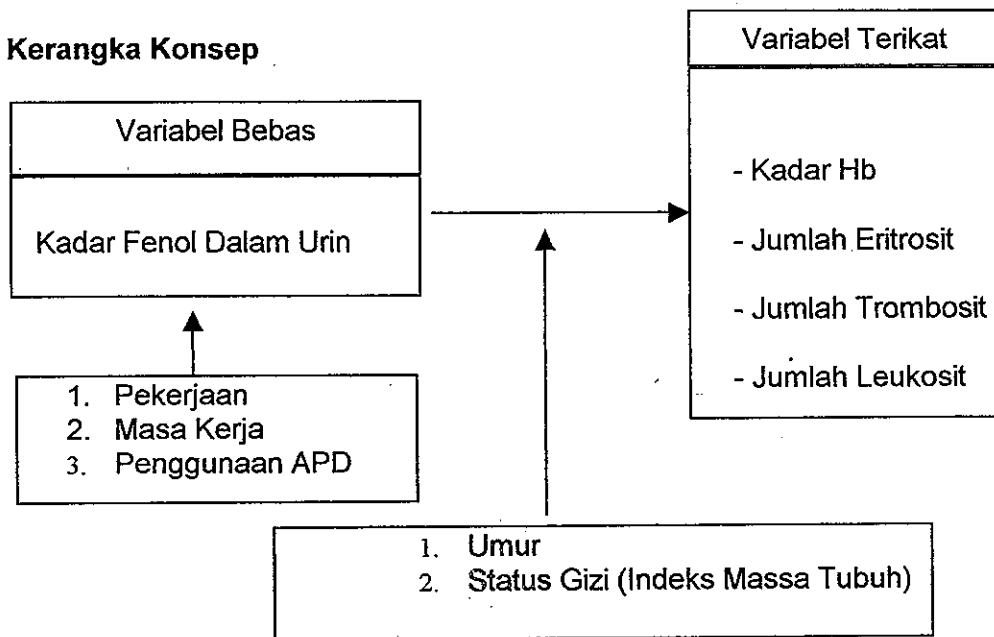


Gambar 2.2. Kerangka Teori

### BAB III

## METODE PENELITIAN

#### A. Kerangka Konsep



Gambar 3.1. Kerangka Konsep

#### B. Hipotesis Penelitian

1. Ada hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan kadar Hb
2. Ada hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah eritrosit
3. Ada hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah trombosit
4. Ada hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah leukosit

#### C. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan "*explanatory research*" dengan metode analitik untuk menjelaskan hubungan antara variabel bebas dan variabel

terikat dengan pendekatan "*cross sectional*" dalam pengambilan data, dimana subyek diobservasi dan dilakukan pengukuran terhadap status, karakter atau variabel subyek pada satu saat.

#### **D. Populasi & Sampel**

Populasi penelitian ini adalah tenaga kerja di CV Laksana Semarang yang memiliki risiko terpapar benzen berdasarkan bagian kerjanya yang meliputi bagian pendempulan (53 orang), pengecatan (12 orang), pengoplosan (1 orang) dan pengovenan (2 orang); sehingga total populasi sebanyak 68 orang. Sampel yang diperoleh sebanyak 35 orang dengan penentuan sampel menggunakan kriteria inklusi sebagai berikut :

1. jenis kelamin laki-laki
2. tidak sedang menderita penyakit/ gangguan kesehatan jantung, gangguan fungsi ginjal, hepatitis, TBC, Typhus.
3. tidak menderita penyakit berat / yang memerlukan opname / rawat inap dalam 1 bulan terakhir
4. tidak mengalami perdarahan berat dalam 1 bulan terakhir
5. bersedia dijadikan sampel penelitian

#### **E. Identifikasi Variabel Penelitian**

1. Variabel Terikat : - kadar Hb  
- jumlah eritrosit  
- jumlah trombosit  
- jumlah leukosit
2. Variabel Bebas : kadar fenol dalam urin

3. Variabel pendahulu : - pekerjaan  
- masa kerja  
- penggunaan alat pelindung diri
4. Variabel pengganggu : - umur  
- indeks massa tubuh

#### F. Definisi Operasional

1. Kadar Hb yaitu konsentrasi hemoglobin dalam sampel darah responden yang diperiksa oleh ahli laboratorium/analisis kesehatan dengan seperangkat alat dan bahan dalam pemeriksaan yang menggunakan metode *Cyanmeth-Hemoglobin*, dengan satuan mg/dl  
Skala : Rasio
2. Jumlah eritrosit yaitu jumlah sel eritrosit dalam sampel darah responden yang diperiksa oleh ahli laboratorium/analisis kesehatan dengan seperangkat alat dan bahan dalam pemeriksaan yang menggunakan metode *Pipet Thoma Eritrosit*, dengan satuan sel/ $\mu$ l  
Skala : Rasio
3. Jumlah trombosit yaitu jumlah sel trombosit dalam sampel darah responden yang diperiksa oleh ahli laboratorium/analisis kesehatan dengan seperangkat alat dan bahan dalam pemeriksaan yang menggunakan metode *Pipet Thoma Trombosit*, dengan satuan sel/ $\mu$ l  
Skala : Rasio

4. Jumlah leukosit yaitu jumlah sel leukosit dalam sampel darah responden yang diperiksa oleh ahli laboratorium/analisis kesehatan dengan seperangkat alat dan bahan dalam pemeriksaan yang menggunakan metode *Pipet Thoma Leukosit*, dengan satuan sel/ $\mu$ l  
Skala : Rasio
5. Kadar fenol dalam urin yaitu kadar fenol dalam sampel urin responden yang diperiksa oleh ahli laboratorium kimia bidang HIPERKES&KK dengan seperangkat alat dan bahan dalam pemeriksaan yang menggunakan metode semi kuantitatif, dengan satuan mg/l  
Skala : Rasio
6. Pekerjaan yaitu bagian kerja responden saat dilakukan penelitian yang terbagi atas bagian pendempulan, pengecatan, pengoplosan, pengovenan berdasarkan hasil wawancara menggunakan kuesioner saat dilakukan penelitian.  
Skala : Nominal
7. Umur yaitu lama waktu antara tanggal lahir responden sampai dengan saat dilakukannya penelitian, berdasarkan hasil wawancara menggunakan kuesioner saat dilakukan penelitian, diukur dalam satuan tahun dan dibulatkan pada ulang tahun terakhir  
Skala : Rasio
8. Masa kerja yaitu lama waktu tenaga kerja bekerja di bagian pendempulan, pengecatan, pengoplosan dan pengovenan CV

Laksana Semarang, dihitung sejak mulai bekerja sampai saat penelitian dilakukan, berdasarkan hasil wawancara menggunakan kuesioner saat dilakukan penelitian, diukur dalam satuan tahun.

Skala : Rasio

9. Indeks Massa Tubuh yaitu indikator status gizi responden yang dihitung berdasarkan perbandingan berat badan (dalam satuan kg) dan tinggi badan (dalam satuan m) yang dihitung dengan rumus sebagai berikut :  $IMT = \frac{\text{Berat Badan (kg)}}{\text{Tinggi Badan (m)}^2}$

$$\text{Tinggi Badan (m)}^2$$

Berat badan responden diukur dengan menggunakan timbangan badan yang telah dikalibrasi dan tinggi badan diukur dengan alat pengukur tinggi badan dalam antropometer set yang telah dikalibrasi.

Skala : Rasio

10. Penggunaan Alat Pelindung Diri yaitu kebiasaan/praktek responden dalam penggunaan alat pelindung diri selama melakukan pekerjaan, berdasarkan hasil wawancara menggunakan kuesioner saat dilakukan penelitian.

Skala : Nominal

Kategori : - memakai alat pelindung diri  
- tidak memakai alat pelindung diri

## G. Alat Penelitian

1. Kuesioner untuk memperoleh data tentang karakteristik responden (pekerjaan, umur, masa kerja, penggunaan alat pelindung diri)
2. Timbangan badan dan alat pengukur tinggi badan dalam antropometer set yang telah dikalibrasi untuk mengukur berat badan dan tinggi badan responden dalam pengumpulan data tentang indeks massa tubuh responden.
3. Seperangkat alat dan bahan untuk pengambilan sampel darah vena, terdiri dari alat suntik dengan jarum dan holdernya, torniket dan alkohol 70%
4. Seperangkat alat dan bahan untuk mengukur Hb dengan metode *Cyanmeth-hemoglobin*, terdiri dari : pipet sahli, pipet volumetrik 5 ml, tabung reaksi ukuran 75 x 10 mm, spektrofotometer & reagen *cyanmeth*
5. Seperangkat alat dan bahan untuk pemeriksaan hitung eritrosit dengan metode *pipet thoma eritrosit*, terdiri dari : *haemocytometer*, mikroskop, kapas, tissue, darah vena + EDTA dan larutan pengencer (larutan hayem)
6. Seperangkat alat dan bahan untuk pemeriksaan hitung eritrosit dengan metode *pipet thoma trombosit*, terdiri dari : *haemocytometer*, mikroskop, kapas, tissue, darah vena + EDTA, dan larutan *ress ecker*.
7. Seperangkat alat dan bahan untuk pemeriksaan hitung leukosit dengan metode *pipet thoma leukosit*, terdiri dari : *haemocytometer*,



mikroskop, kapas/tissue, darah + EDTA dan larutan turk (pengencer).

8. Seperangkat alat dan bahan untuk mengukur kadar fenol dalam urin responden, terdiri dari gelas porselin, pemanas air, pipet, tabung reaksi, gibb's reagent 0,05 %, ether, perchloride acid 60 % dan alkaline borate buffer PH 10 – 15.

#### **H. Prosedur Penelitian**

1. Wawancara dengan menggunakan kuesioner kepada responden
2. Pengukuran berat badan dan tinggi badan responden dengan menggunakan timbangan badan dan pengukur tinggi badan dimana responden tidak memakai alas kaki & topi serta berdiri tegak menghadap depan.
3. Pengambilan sampel darah dan urin responden
4. Pemeriksaan kadar fenol dalam urin responden di laboratorium dengan metode sebagai berikut:
  - a. Setelah responden bekerja minimal selama 4 jam diambil contoh uratnya kurang lebih 100 ml. Contoh urin dimasukkan dalam botol polyetilen yang telah berisi kristal, selanjutnya dibawa ke laboratorium dan disimpan dalam kotak pendingin.
  - b. Kocok sampel urin, pipet 1 ml urin dan masukkan dalam tabung reaksi
  - c. Tambahkan 0,4 ml perchloride acid 60 %
  - d. Masukkan dalam pemanas air mendidih selama 10 menit

- e. Dinginkan dengan air kran yang mengalir sampai suhu kamar
- f. Tambahkan 4 ml ether, kocok pelan – pelan
- g. Biarkan larutan memisah
- h. Siapkan gelas porselin, kemudian tetaskan 0,2 ml alkaline borate buffer, 0,1 ml lapisan ether dari tabung reaksi, 0,05 ml (2 tetes) gibb's reagent
- i. Tunggu minimum 3 menit, sampai warna mengembang
- j. Amati warna yang terjadi untuk menentukan konsentrasi fenol dalam urin dengan standart evaluasi sebagai berikut :
  - warna pink : konsentrasi fenol 17 mg/l
  - warna grey : konsentrasi fenol 26 mg/l
  - warna kebiru-biruan : konsentrasi fenol 66 mg/l
  - warna biru : konsentrasi fenol 94 mg/l
  - warna biru tua : konsentrasi fenol 136 mg/l

5. Pemeriksaan darah di laboratorium, meliputi :

a. Penetapan kadar hemoglobin dengan *metode Cyanmeth-hemoglobin*

- 1) Reagen *cyanmeth* 5 ml dipipetkan ke dalam tabung reaksi
- 2) Dengan mikropipet ke dalam larutan tersebut ditambahkan 20  $\mu\text{l}/\text{mm}^3$  darah subyek penelitian secara hati-hati agar tidak terjadi gelembung
- 3) Isi dalam tabung reaksi tersebut dicampur dan dibiarkan pada suhu kamar 3-5 menit

- 4) Serapannya dibaca dalam spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm dengan pereaksi sebagai blangko
- 5) Kadar hemoglobin dapat dibaca pada kurva kalibrasi atau menggunakan faktor yang telah disiapkan sebelumnya.  
Kadar hemoglobin = serapan x faktor

b. Hitung eritrosit dengan *metode pipet thoma eritrosit*

- 1) Mengencerkan darah, dengan pipet eritrosit darah dihisap sampai tanda 0,5 dan diencerkan dengan larutan pengencer sampai tanda 101 (pengenceran 200x). Pipet eritrosit dikocok selama 15-30 menit agar homogen.
- 2) Buang cairan yang ada dalam batang kapiler pipet eritrosit, kocok lagi dalam bola pipet selama 3 menit
- 3) Siapkan bilik hitung. Bilik hitung dibersihkan dengan etanol 95% sampai kering
- 4) Mengisi bilik hitung dengan tetesan sampel darah yang sudah dicampur dengan larutan hayem. Empat tetesan pertama dibuang, tetesan kelima dibiarkan 3 menit agar eritrosit mengendap sehingga mudah dihitung
- 5) Menghitung sel eritrosit dengan meletakkan bilik hitung di bawah mikroskop dengan pembesaran 400 kali.

c. Hitung trombosit dengan *metode pipet thoma trombosit*

- 1) Mengencerkan darah, dengan pipet trombosit darah dihisap sampai tanda 0,5 dan diencerkan dengan larutan pengencer

sampai tanda 101 (pengenceran 200x). Pipet trombosit dikocok selama 15-30 menit agar homogen.

- 2) Buang cairan yang ada dalam batang kapiler pipet trombosit, kocok lagi cairan dalam bola pipet selama 3 menit
  - 3) Siapkan bilik hitung dengan covernya
  - 4) Masukkan cairan (darah + resses ecker) ke dalam bilik hitung, lihat di bawah mikroskop dengan pembesaran 400 kali dan hitung jumlah trombosit.
- d. Hitung leukosit dengan metode *pipet thoma leukosit*
- 1) Mengencerkan darah, dengan pipet leukosit darah dihisap sampai tanda 0,5 dan diencerkan dengan larutan pengencer sampai tanda 101 (pengenceran 200x). Pipet leukosit dikocok selama 15-30 menit agar homogen.
  - 2) Buang cairan yang ada dalam batang kapiler pipet leukosit, kocok lagi cairan dalam bola pipet selama 3 menit
  - 3) Siapkan bilik hitung dengan covernya
  - 4) Masukkan cairan (darah + turk) ke dalam bilik hitung, lihat di bawah mikroskop dengan pembesaran 100 kali dan hitung jumlah leukosit.

## I. Proses Pengolahan Data

1. Editing dimaksudkan untuk melakukan kegiatan pengecekan terhadap kelengkapan, kesinambungan dan keseragaman data

2. Koding, melakukan pengkodean data untuk memudahkan dalam pengolahannya dilanjutkan dengan skoring untuk menilai masing-masing kelompok jawaban kuesioner
3. Tabulasi data menurut sifat masing-masing variabel yang dimiliki sesuai dengan tujuan penelitian

#### **J. Analisis Data**

1. Analisis univariat untuk mendeskripsikan masing-masing variabel
2. Analisis bivariat untuk menguji hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah eritrosit, trombosit, leukosit responden dengan uraian sebagai berikut :
  - a. Uji "Kolmogorov Smirnov" untuk mengetahui normalitas distribusi data yang akan dianalisis. Dengan tingkat kesalahan 5%, dimana distribusi data normal apabila diperoleh nilai  $p > 0,05$  dan distribusi data tidak normal apabila nilai  $p \leq 0,05$ .
  - b. Apabila distribusi data normal maka dilakukan Uji "Korelasi Pearson Product Moment", apabila distribusi tidak normal maka dilakukan uji "Korelasi Rank-Spearman" dengan tingkat kesalahan 5% atau tingkat kepercayaan 95% yang dilakukan secara otomatis menggunakan komputer untuk menguji hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan kadar Hb, jumlah eritrosit, leukosit dan trombosit.

Interpretasi hasil analisis uji korelasi *Rank-Spearman* didasarkan pada nilai  $p$ , dengan dasar penarikan kesimpulan sebagai berikut :

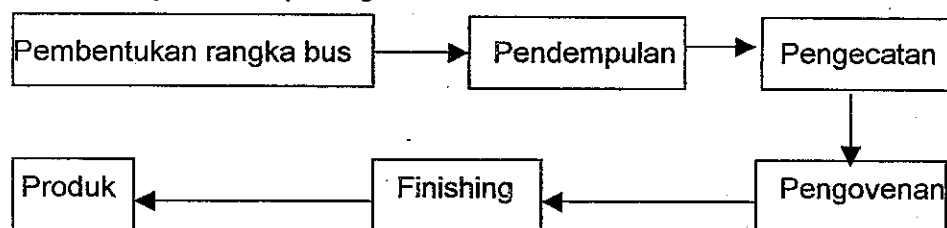
1. Hipotesis penelitian diterima jika nilai  $p < 0,05$  : ada hubungan yang signifikan antara 2 variabel yang diuji
2. Hipotesis penelitian ditolak jika  $p \text{ value} > 0,05$  : tidak ada hubungan yang signifikan antara 2 variabel yang diuji.

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN

#### A. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

CV Laksana adalah perusahaan yang bergerak di bidang karoseri, didirikan pada tahun 1979 dan berlokasi di Jalan Raya Ungaran Km. 24,9 Semarang dengan kapasitas produksi rata-rata 425 bus per tahun dan menggunakan benzene sebagai pelarut cat. Proses pembuatan bus secara garis besar dapat dilihat pada gambar 4.1. berikut ini :



Gambar 4.1. Bagan Alir Proses Produksi di CV Laksana Tahun 2005

Tenaga kerja yang mampu diserap perusahaan saat ini sebanyak 437 orang yang terdiri dari 142 orang tenaga kerja harian, 52 orang tenaga kerja bulanan dan 243 orang tenaga kerja borong bagian produksi. Adapun tenaga kerja produksi meliputi beberapa bagian yaitu : pembentukan rangka mobil (92 orang); pendempulan (53 orang); pengecatan (12 orang); pengoplosan (1 orang); pengovenan (2 orang); *finishing* (82 orang). Adapun distribusi tenaga kerja berdasarkan jenis kelamin terdiri dari 426 orang laki-laki dan 11 orang wanita (bagian gudang dan administrasi).

Perusahaan ini menerapkan sistem 6 hari kerja dimana hari Senin sampai dengan Jum'at jam kerja pukul 08.00 – 16.00 WIB, sedangkan hari Sabtu pukul 08.00 – 13.00 WIB. Jam lembur seringkali diperlukan saat kapasitas produksi tinggi dan target pesanan harus diselesaikan.

Perusahaan tidak menyediakan fasilitas pelayanan kesehatan yang berada di lingkungan perusahaan, sehingga tenaga kerja yang membutuhkan pelayanan kesehatan harus pergi ke Rumah Sakit Umum Ungaran. Tidak tersedianya fasilitas kesehatan tersebut, menyebabkan pelayanan kesehatan yang diperoleh tenaga kerja hanya bersifat kuratif, sedangkan pelayanan kesehatan yang bersifat promotif dan preventif belum dapat diperoleh.

## B. Analisis Univariat

### 1. Karakteristik Responden

Pemilihan responden / subyek penelitian ini didasarkan pada ada tidaknya risiko paparan benzene di tempat kerja, karena penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kadar fenol dalam urin sebagai indikator biologis paparan benzene dengan gambaran hematologis sebagai efek yang timbul akibat keracunan / paparan benzene.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka semua responden adalah tenaga kerja di CV Laksana Semarang yang terpapar benzen, yaitu bagian pendempulan, pengecatan, pengoplosan dan pengovenan. Adapun proporsi responden untuk masing-masing bagian kerja tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Pekerjaan di CV Laksana tahun 2005

Bagian Kerja	Frekuensi (orang)	%
Pendempulan	21	60,0
Pengecatan	11	31,4
Pengoplosan	1	2,9
Pengovenan	2	5,7
Total	35	100,0



Berdasarkan data pada tabel 4.1. dapat diketahui bahwa proporsi terbesar responden berasal dari bagian kerja pendempulan, hal ini sesuai dengan distribusi tenaga kerja yang ada di bagian produksi tersebut dimana jumlah terbanyak tenaga kerja adalah bagian pendempulan dibandingkan 3 bagian kerja lainnya yang berisiko terpapar benzene. Adapun urutan proporsi responden sebagaimana terlihat pada tabel 4.1. sama dengan urutan proporsi populasi yang sebenarnya di empat bagian kerja tersebut.

Distribusi responden berdasarkan Umur, Masa Kerja dan Indeks Massa Tubuh masing-masing karakteristik tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Umur, Masa Kerja dan Indeks Massa Tubuh di CV Laksana Tahun 2005

Karakteristik Responden	Rata-rata ( $\pm$ SD)	Terendah	Tertinggi
Umur ( tahun )	33,6 $\pm$ 8,4	21	50
Masa Kerja ( tahun )	11,9 $\pm$ 6,5	3	25
Indeks Massa Tubuh	23,4 $\pm$ 3,3	18	34

Distribusi responden berdasarkan umur yaitu umur termuda 21 tahun, tertua 50 tahun, dengan umur rata-rata 33,6 (SD =  $\pm$  8,4) tahun. Berdasarkan distribusi umur tersebut, dapat diketahui bahwa semua responden masih termasuk dalam kategori usia produktif, dengan rentang variasi 9 tahun.

Masa kerja responden rata-rata sudah melebihi 10 tahun yaitu 11,9 (SD =  $\pm$  6,4) tahun dengan masa kerja terendah adalah 3 tahun dan tertinggi adalah 25 tahun. Berdasarkan keterangan dan hasil wawancara dengan responden dan kepala bagian personalia dapat

diketahui bahwa secara umum tenaga kerja di CV Laksana memiliki masa kerja yang sudah lama, dan tidak memiliki pekerjaan sampingan. Hal ini berkaitan dengan tingkat kesejahteraan yang cukup memadai dan jam kerja yang cukup padat, terutama untuk tenaga kerja bagian produksi.

Selain umur dan masa kerja, karakteristik tenaga kerja yang berhubungan dengan daya tahan tubuh terhadap zat toksik adalah status gizi. Secara umum status gizi responden berdasarkan indeks massa tubuh termasuk kategori normal yaitu 18,5 – 25,0. Indeks massa tubuh responden rata-rata 23,4 (SD  $\pm$  3,3). Indeks massa tubuh terendah adalah 18, sedangkan tertinggi adalah 34. Hal ini berarti ada sebagian responden yang sudah termasuk dalam kategori gemuk yaitu lebih dari 25.

Karakteristik penting lainnya tentang kebiasaan responden dalam menggunakan alat pelindung diri dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Distribusi Frekuensi Penggunaan Alat Pelindung Diri di CV Laksana tahun 2005

Penggunaan Alat Pelindung Diri	Frekuensi (orang)	%
Masker		
- Menggunakan	17	48,57
- Tidak Menggunakan	18	51,43
Total	35	100,00
Sarung Tangan		
- Menggunakan	1	2,86
- Tidak Menggunakan	34	97,14
Total	35	100,00

Berdasarkan tabel 4.3. dapat diketahui bahwa masih banyak responden yang belum menggunakan alat pelindung diri yaitu 51,43% untuk masker dan 97,14% untuk sarung tangan. Alat pelindung diri yang

lebih banyak dipakai oleh responden adalah masker yang berupa masker kain yang telah diberikan oleh pihak perusahaan kepada setiap tenaga kerja. Selain masker, sebenarnya pihak perusahaan juga telah menyediakan sarung tangan sebagai alat pelindung diri, namun tidak banyak responden yang memakainya (2,9% dari total responden). Berdasarkan hasil wawancara didapatkan keterangan bahwa responden jarang menggunakan alat pelindung diri tersebut karena belum terbiasa, tidak nyaman dan merasa terganggu saat memakainya yaitu tidak bebas dalam melakukan pekerjaan.

## 2. Kadar Fenol Dalam Urin dan Prevalensi Keracunan Benzene

Kadar fenol dalam urin yang merupakan indikator biologis paparan benzen terhadap tenaga kerja diketahui dari hasil pemeriksaan laboratorium, dimana sampel urin dikumpulkan setelah responden bekerja  $\pm$  4 jam yaitu pada pukul 12.00 WIB. Kadar fenol urin secara normal adalah  $< 20$  mg/l. Berdasarkan data hasil pemeriksaan laboratorium dapat diketahui adanya responden yang sudah mengalami paparan atau keracunan benzen yang dinyatakan dengan kadar fenol dalam urin lebih dari 20 mg/l. Namun tingkat paparan dan keracunan benzen secara individual masih dapat dikategorikan dalam kadar paparan awal yaitu dengan kadar rata-rata fenol dalam urin responden sebesar  $20 (\pm \text{SD } 4,519)$  mg/l, dengan kadar terendah 17 mg/l dan tertinggi 26 mg/l. Adapun prevalensi keracunan benzene yang terjadi dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Prevalensi Keracunan Benzene Berdasarkan Kadar Fenol Urin Responden di CV Laksana tahun 2005

Kategori Keracunan Benzene	Frekuensi (orang)	%
Tidak Mengalami Keracunan Benzene	20	57,10
Mengalami Keracunan Benzene	15	42,90
Total	35	100,00

Berdasarkan data pada tabel 4.4. dapat diketahui bahwa prevalensi keracunan benzen sudah hampir 50% yaitu terjadi pada 42,9% dari total responden.

### 3. Gambaran Hematologi Responden

Gambaran hematologi responden yang meliputi kadar Hb, jumlah eritrosit, trombosit dan leukosit diperoleh berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium terhadap sampel darah responden. Adapun gambaran hematologi hasil pemeriksaan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Gambaran Hematologi Responden di CV Laksana tahun 2005

Jenis Pemeriksaan Hematologi	Rata-rata ( $\pm$ SD)	Terendah	Tertinggi
Kadar Hb (mg/dl)	14,8 $\pm$ 0,7	13,5	16,3
Jumlah Leukosit (sel/ $\mu$ l)	8.072,9 $\pm$ 1.627,9	4.500	12.200
Jumlah Trombosit (sel/ $\mu$ l)	282.857,1 $\pm$ 64.389,5	175.000	425.000
Jumlah Eritrosit (sel/ $\mu$ l)	4.651.428,6 $\pm$ 25.403,5	4.300.000	5.000.000

Berdasarkan data 4.5., maka dapat diketahui bahwa rata-rata kadar Hb, jumlah trombosit maupun leukosit masih dalam kategori normal. Standart normal kadar Hb untuk laki-laki adalah 13,8 – 17,2 sel/ $\mu$ l darah; standart normal jumlah trombosit untuk laki-laki adalah 150.000 – 400.000 sel/ $\mu$ l darah; sedangkan standart normal leukosit untuk laki-laki adalah 3900 – 10.600 sel/ $\mu$ l darah. Jumlah eritrosit (4.651.428,57  $\pm$  225.403,465

responden serta tidak ada hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah leukosit responden.

## BAB V

### PEMBAHASAN

#### A. Kadar Fenol Dalam Urin

Berdasarkan data pada tabel 4.4. dapat diketahui bahwa 42,9 % responden sudah mengalami paparan atau keracunan benzene yang dinyatakan dengan kadar fenol dalam urin lebih dari 20 mg/l. Meskipun demikian, tingkat paparan dan keracunan benzene secara individual masih dapat dikategorikan dalam kadar paparan minimal yaitu dengan kadar rata-rata fenol dalam urin responden sebesar  $20 \pm 4,519$  mg/l. Hal ini berkaitan dengan kadar benzene di udara yang belum terlalu tinggi meskipun sudah melebihi NAB. Dalam survei awal telah diketahui bahwa kadar benzene di lokasi penelitian adalah  $13,60 \pm 0,74$  ppm sampai dengan  $17,90 \pm 0,65$  ppm. Selain kadar benzene di ruang kerja, hal lain yang menentukan derajat paparan benzene terhadap tenaga kerja adalah lama paparan yang dapat dilihat dari masa kerja. Hal ini memungkinkan adanya variasi individual terhadap kadar benzene dalam tubuh yang dapat dilihat dari kadar fenol dalam urin tenaga kerja. Berdasarkan tabel 4.2. dapat diketahui bahwa rentang masa kerja responden 3-25 tahun, yang berarti rentang variasi masa kerja cukup panjang, dimana masih terdapat tenaga kerja yang masa kerjanya kurang dari 10 tahun, sehingga paparan benzene belum cukup adekuat untuk dideteksi dalam tubuh. Semakin lama paparan yang terjadi akan mempengaruhi derajat toksisitas yang dialami seseorang karena adanya akumulasi zat toksik dalam tubuh. Efek toksik kronis yang terjadi karena seringkali zat toksik dalam jumlah kecil diabsorpsi sepanjang jangka waktu lama, terakumulasi mencapai konsentrasi toksik dan karena itu akhirnya menimbulkan gejala keracunan. Faktor penentu derajat paparan suatu zat kimia antara lain adalah dosis paparan. Dosis dapat ditentukan oleh

konsentrasi dan lamanya paparan zat yang diberikan pada seseorang. Dosis juga dipengaruhi oleh jumlah jam kerja dan waktu kerja. Untuk membatasi paparan sebaiknya istirahat kerja dilakukan di tempat yang tidak tercemari (terkontaminasi), juga penting untuk mempersingkat jangka waktu paparan dengan melakukan pergantian kerja.<sup>(13)</sup> Pergantian yang dimaksudkan di sini adalah rotasi kerja dari bagian kerja yang memiliki risiko terpapar benzene dengan bagian kerja lain yang tidak memiliki risiko terpapar benzen di perusahaan tersebut.

Pemantauan kadar fenol dalam urin akan lebih baik apabila diperhatikan juga faktor-faktor lain yang mempengaruhinya, antara lain kebiasaan/pola konsumsi makanan yang kaya kandungan fenol seperti apel, anggur, kacang merah kecil, gandum dan bawang. Hal tersebut lebih tepat dilakukan dengan metode recall 24 jam, namun karena adanya keterbatasan dalam penelitian ini maka belum dapat dikendalikan/dilakukan monitoring aspek konsumsi makanan sebagai salah satu faktor penyumbang kadar fenol dalam tubuh. Pola konsumsi akan mempengaruhi juga status gizi seseorang. Oleh karena itu untuk meminimalkan bias akibat keterbatasan tersebut di atas, maka dalam penelitian ini diperhatikan juga aspek status gizi responden berdasarkan Indeks Massa Tubuh. Status gizi seseorang dapat diukur dengan berbagai indikator, antara lain dengan indeks massa tubuh (IMT). Penggunaan IMT hanya berlaku untuk orang dewasa berumur di atas 18 tahun. Kategori status gizi dapat ditentukan berdasarkan IMT dengan ketentuan jika  $IMT < 18,5$  dikategorikan kurus, jika  $IMT 18,5-25,00$  dikategorikan normal, dan jika  $IMT > 25,0$  dikatakan gemuk.<sup>(16)</sup> Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa Indeks Massa Tubuh semua responden masih dalam kategori status gizi normal, sehingga kemampuan kerja dan daya tahan tubuh berdasarkan status gizi pada semua responden cukup baik. Hal ini merupakan salah satu faktor yang dapat meminimalkan derajat

toksisitas bahan kimia, dalam hal ini masih minimalnya kadar fenol dalam urin responden. Meskipun demikian, penggunaan IMT sebagai indikator status gizi tersebut belum dapat mencerminkan riwayat kondisi gizi secara keseluruhan selama periode sebelumnya. Padahal keracunan benzene terjadi secara kronis dan akumulatif sehingga dipengaruhi oleh riwayat gizi seseorang, oleh karena itu perlu monitoring status gizi secara kontinyu selama terjadinya paparan benzene pada tenaga kerja.

Variasi individual lainnya yang mempengaruhi daya tahan tubuh seseorang antara lain faktor genetik, kondisi kesehatan, status gizi dan umur. Umur seseorang akan mempengaruhi daya tahan tubuh terhadap paparan zat toksik/bahan kimia. <sup>(13)</sup> Dalam hasil penelitian ini diketahui bahwa semua responden masih termasuk golongan umur produktif, yaitu 21-50 tahun. Umur dapat berpengaruh terhadap toksisitas karena pada umur-umur tertentu yaitu pada usia lanjut (>45 tahun) terjadi penurunan faal organ tubuh sehingga mempengaruhi metabolisme dan penurunan kerja otot.<sup>(18)</sup> Menurut Burson dan Williams, anak-anak akan lebih rentan terhadap bahan kimia dibanding orang dewasa, karena pada umumnya proses biotransformasi pada anak-anak kurang efektif dibandingkan dengan orang dewasa. <sup>(11)</sup> Menurut ILO, tenaga kerja yang berumur kurang dari 18 tahun sebaiknya tidak bekerja di lingkungan yang terpapar benzene, sebab pada umur tersebut ketahanan sumsum tulang terhadap efek toksik benzene masih rendah. <sup>(24)</sup> Dalam penelitian ini, tidak ada responden yang memiliki umur kurang dari 18 tahun, hal ini berarti semua responden tidak termasuk dalam golongan umur yang sangat rentan terhadap zat toksik tersebut. Dengan demikian maka daya tahan tubuh responden dalam kelompok umur produktif dapat dihubungkan dengan masih minimalnya kadar fenol urin yang ditemukan dalam penelitian ini. Semakin tua umur tenaga kerja



maka semakin tinggi risiko keracunan benzene berdasarkan kadar fenol dalam urin.

Selain faktor-faktor tersebut di atas, higiene perorangan di tempat kerja juga mempengaruhi tingkat toksisitas tenaga kerja terhadap bahan kimia. Higiene perorangan ini dapat dicapai antara lain dengan menjelaskan pada tenaga kerja, misalnya bagaimana membatasi tercecernya bahan kimia dan sedapat mungkin menghindari kontak langsung antara bahan berbahaya dengan kulit, juga memakai alat-alat kerja dan alat pelindung diri secara benar.<sup>(13)</sup> Dalam mendukung hal tersebut, maka diperlukan adanya *Standard Operating Procedure (SOP) atau Safety Procedure* yang disesuaikan dengan potensi resiko paparan benzene serta jenis pekerjaan yang dilakukan. Prosedur tersebut harus disosialisasikan kepada seluruh pihak terkait dan dipasang di setiap ruang kerja yang beresiko terkena paparan benzene, sehingga semua tenaga kerja dapat melaksanakannya dengan baik.

Berdasarkan data pada tabel 4.3. dapat diketahui bahwa masih banyak responden yang belum menggunakan alat pelindung diri, yaitu sebanyak 51,43% responden tidak menggunakan masker selama bekerja dan 97,14% responden tidak menggunakan sarung tangan selama bekerja. Penggunaan masker dan sarung tangan merupakan salah satu faktor yang dapat meminimalkan masuknya benzene ke dalam tubuh, dimana jalur masuk benzene ke dalam tubuh manusia antara lain melalui pernafasan dan kulit. Masker yang dipergunakan responden berupa masker kain yang telah diberikan oleh pihak perusahaan kepada setiap tenaga kerja, namun dilihat dari jenis bahaya yang ada yaitu berupa bahan kimia gas yang bersifat toksik (benzene) yang memiliki jalur absorpsi terutama melalui inhalasi, maka masker yang digunakan belum memenuhi syarat. Alat pelindung diri yang digunakan masih belum memadai sesuai dengan persyaratan sehingga belum berfungsi secara

efektif. Masker yang tepat dan efektif untuk meminimalkan risiko tersebut seharusnya berupa *canister respirator* yang dapat melindungi paparan partikel gas toksik karena dilengkapi filter. Respirator ini berfungsi melindungi pemakainya dari paparan (inhalasi) debu, gas, uap, mist, fumes, asap, dan fog. Alat ini dipakai terutama apabila toksisitas zat kimia yang terpapar dan kadarnya dalam udara tempat kerja rendah. Respirator tipe ini membersihkan udara yang terkontaminasi dengan cara filtrasi, adsorpsi dan absorpsi. *Canister gas mask (canister respirator)* tidak boleh digunakan ditempat kerja dengan kadar toksik tinggi (*immedietly dangerous to life*). Akan tetapi alat ini dapat melindungi dari paparan partikel-partikel karena dilengkapi filter dan kanister yang digunakan berfungsi untuk menghilangkan kontaminan kimia dalam udara.<sup>(23)</sup> Selain kesesuaian fungsi dan jenis alat pelindung diri, maka hal lain yang harus diperhatikan dalam pengadaan alat pelindung diri adalah kenyamanan pemakaian dan tidak menimbulkan gangguan dalam bekerja. Berdasarkan hasil wawancara langsung dengan responden dan supervisor diketahui bahwa penyebab terbanyak tenaga kerja tidak menggunakan masker dan sarung tangan selama bekerja adalah karena merasa tidak nyaman dan terganggu pekerjaannya, sehingga hal ini perlu mendapatkan perhatian serius dari pihak perusahaan dalam upaya pengadaan alat pelindung diri yang lebih baik.

Kadar fenol dalam urin melebihi 20 mg/l dianggap berlebihan dan petunjuk pemaparan minimal terhadap benzen.<sup>(33)</sup> Pada paparan di atas 100 ppm, dapat terjadi anemia aplastik total. Diagnosis anemia aplastik ditegakkan dengan pemeriksaan sumsum tulang setelah setelah ditemukan adanya kelainan pada hitung jenis darah.<sup>(31)</sup> Sedangkan gejala subyektif keracunan antara lain: pusing, sakit kepala, mual, pendarahan berlebihan pada saat haid, nafsu makan berkurang, rasa tidak enak pada perut, badan mudah lelah, badan sempoyongan, sesak napas pada saat melakukan aktivitas fisik, serta gemetar

pada tangan dan kaki.<sup>(29)</sup> Keluhan-keluhan yang perlu diwaspadai ini sebaiknya disosialisasikan juga kepada tenaga kerja melalui penyuluhan kesehatan & keselamatan kerja sebagai upaya deteksi dini penyakit akibat kerja, mengingat indikasi awal secara subyektif tentang paparan benzen di tempat kerja yang dapat dijadikan sebagai sarana untuk deteksi dini gangguan kesehatan akibat kerja.

## B. Gambaran Hematologi Responden

Penurunan jumlah elemen darah merupakan indikasi awal yang perlu dilanjutkan dengan biopsi/pemeriksaan sumsum tulang untuk lebih jelas mengetahui tingkat kerusakannya akibat paparan benzene. Pemeriksaan sumsum tulang tersebut masih jarang dilakukan, mengingat keterbatasan yang ada dan tingkat kerusakan elemen darah yang terjadi. Meskipun demikian, pemeriksaan ini diperlukan untuk memastikan diagnosis penyakit akibat kerja yang berkaitan dengan gangguan kesehatan akibat paparan benzene di tempat kerja. Tingkat penurunan jumlah eritrosit, Hb, trombosit dan leukosit akibat paparan benzene dapat bervariasi antara individu yang satu dengan individu lainnya. Misalnya, pada seseorang tampak lebih jelas tanda-tanda *anemia*-nya (penurunan jumlah eritrosit), sedangkan penurunan jumlah trombosit (*trombositopenia*) dan jumlah leukosit (*leukopenia*) hanya ringan saja. Berdasarkan data pada tabel 4.5. dapat diketahui bahwa jumlah eritrosit sudah mengalami penurunan ( $4.651.428,57 \pm 225.403,465$  sel/ $\mu$ l darah) jika dibandingkan dengan standart normal untuk laki-laki dewasa yaitu  $5.200.000 \pm 300.000$  sel/ $\mu$ l darah. Hal ini berarti elemen darah yang sudah menunjukkan adanya efek paparan benzene adalah penurunan jumlah eritrosit, sedangkan pada elemen Hb, trombosit dan leukosit secara umum belum menunjukkan

adanya penurunan dibandingkan standart normal. Sel darah merah berasal dari sel *hemositoblast*, yang secara kontinyu dibentuk dari stem sel primordial yang terdapat di seluruh sumsum tulang. <sup>(5)</sup> Jumlah eritrosit yang lebih rendah dari normal mengindikasinya adanya *anemia* atau kegagalan / kerusakan sumsum tulang. <sup>(7)</sup> *Anemia* berarti defisiensi sel darah merah yang dapat disebabkan karena kehilangan sel darah merah yang terlalu banyak atau pembentukan sel darah merah yang terlalu lambat. <sup>(5)</sup> *Anemia* dapat dibuktikan melalui jumlah sel darah merah / eritrosit atau kadar hemoglobin. <sup>(7)</sup> Tingkat keparahan *anemia* tersebut tergantung pada beratnya kerusakan sumsum tulang. Namun indikasi awal yang akurat untuk menggambarkan keracunan benzene adalah penurunan jumlah eritrosit. <sup>(27)</sup>

Kadar Hb, trombosit dan leukosit secara umum belum menunjukkan adanya penurunan dibandingkan standart normal. Pada orang normal, persentase hemoglobin tiap-tiap sel hampir selalu mendekati maksimal. Akan tetapi bila pembentukan hemoglobin dalam sumsum tulang berkurang, persentase hemoglobin dalam sel dapat turun sampai serendah 15 gram atau kurang. Pada umumnya satu mm<sup>3</sup> darah orang dewasa mengandung 150.000–400.000 butir trombosit. Pembentukan trombosit yang menurun dibuktikan dengan oleh aspirasi dan biopsi sumsum tulang dan bisa terjadi pada setiap keadaan yang mengganggu atau menghambat fungsi sumsum tulang, misalnya pada kejadian anemia aplastik, leukemia akut, defisiensi vitamin B12 & asam folat, paparan agen kimia seperti benzene. <sup>(12)</sup> Batas normal jumlah sel darah putih adalah 3900–10.600 / mm<sup>3</sup>. <sup>(5)</sup> Peningkatan jumlah leukosit melebihi jumlah maksimal didefinisikan sebagai *leukositosis*, biasanya sebagai respon fisiologis untuk melindungi tubuh dari serangan mikroorganisme. Terhadap respon infeksi atau radang akut, sumsum tulang melepaskan sumber cadangannya dan meningkatkan granulopoiesis. Ini akibat respon terhadap

infeksi, bahan toksik, peradangan, keganasan, khususnya pada ginjal, paru-paru, payudara dan karsinoma metastatik. <sup>(12)</sup> Hasil pemeriksaan terhadap sampel darah responden menunjukkan adanya kecenderungan jumlah leukosit yang cukup tinggi atau lebih mendekati nilai maksimal dari standart. Hal ini dapat merupakan indikasi awal adanya respon tubuh terhadap zat toksik yaitu benzene.

### **C. Hubungan Antara Kadar Fenol Dalam Urin Dengan Kadar Hb, Jumlah Eritrosit, Trombosit dan Leukosit.**

Berdasarkan hasil *uji korelasi rank-spearman* dapat disimpulkan adanya hubungan yang signifikan antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah eritrosit responden dengan nilai  $p$  (0,030). Hal ini berarti tingkat keracunan benzene secara individual yang telah dialami oleh responden sudah menunjukkan efek yang signifikan terhadap gangguan pembentukan eritrosit meskipun tingkat keracunan benzen yang terjadi masih dalam tingkat awal (kadar fenol dalam urin  $20 \pm 4,519$  mg/l) dan masa paparan yang belum terlalu lama ( $11,9 \pm 6,4$  tahun). Kadar fenol dalam urin melebihi 20 mg/l dianggap berlebihan dan petunjuk paparan minimal terhadap benzen. <sup>(63)</sup> Sifat benzene yang mudah menguap menyebabkan bahaya paparan utama di tempat kerja adalah melalui proses pemapasan. Uap benzene yang masuk ke paru akan cepat terdifusi ke seluruh permukaan membran saluran pemapasan, masuk dalam aliran darah, dan kemudian didistribusikan ke organ tubuh lain.

Sifat benzen yang dapat melarutkan lemak menyebabkan benzen mudah masuk ke dalam aliran darah. <sup>(27)</sup> Parke dan Williams adalah orang yang pertama kali menyatakan bahwa salah satu metabolit benzene dapat menyebabkan keracunan. Efek paparan benzene secara kronik adalah kerusakan pada sistem pembentukan darah, berupa kerusakan sumsum tulang yang sifatnya sering

menetap. Efek ini kemungkinan disebabkan oleh metabolit benzene epoksida.<sup>(2)</sup> Sumsu tulang menunjukkan gambaran adanya infiltrasi yang luas dari sel-sel yang belum terdiferensiasi, sebagian besar merupakan micromyeloblast atau paramyeloblast.<sup>(24)</sup> Gejala obyektif keracunan kronik adalah menurunnya jumlah elemen sel darah secara progresif, yaitu: jumlah eritrosit (*anemia*), jumlah trombosit (*trombositopenia*), jumlah leukosit (*leukopenia*), atau gabungan ketiga gejala tersebut (*pansitopenia*).<sup>(27)</sup> Penelitian pada manusia mengenai efek kronik paparan benzene, menunjukkan bahwa indikasi awal yang akurat untuk menggambarkan gejala keracunan benzene adalah menurunnya jumlah eritrosit.<sup>(27)</sup> Penderita keracunan benzene secara kronik hanya mempunyai 50% jumlah eritrosit dari keadaan normal.<sup>(11)</sup> Berdasarkan koefisien korelasi sebesar  $-0,368$  dapat diketahui bahwa hubungan antara kedua variabel tersebut bersifat negatif, dimana peningkatan kadar fenol dalam urin diikuti dengan penurunan kadar eritrosit pada responden yang terpapar benzene. Pada responden yang mengalami penurunan kadar eritrosit/tidak normal ternyata lebih banyak mengalami keluhan-keluhan subyektif yang berkaitan dengan gangguan kesehatan. Hal ini sesuai dengan hasil uji statistik pada pembahasan sebelumnya yang menyatakan adanya hubungan yang signifikan antara kadar fenol dalam urin dengan kadar eritrosit.

Pada paparan benzen di atas 100 ppm, dapat terjadi anemia aplastik total. Anemia aplastik disebabkan karena fungsi sumsum tulang berkurang. Misalnya, orang yang terkena penyinaran sinar gamma dari ledakan bom nuklir biasanya menderita destruksi lengkap dari sumsum tulangnya yang dalam beberapa minggu oleh anemia yang mematikan. Hal yang sama, pengobatan sinar-x yang berlebihan, zat kimia industri tertentu, dimana orang tersebut menjadi sensitif dapat menyebabkan efek yang sama.<sup>(5)</sup> Diagnosis anemia aplastik dapat dilakukan dengan observasi gejala, riwayat medis, pemeriksaan

fisik oleh dokter, pemeriksaan laboratorium terhadap darah dan sumsum tulang. Adapun perawatan kesehatan yang sesuai untuk penyakit ini meliputi perawatan intensif oleh dokter, transplantasi sumsum tulang dan tranfusi darah jika diperlukan. <sup>(10)</sup>

Gambaran hematologis dan klinis anemia aplastik akibat bahan kimia (benzen) tidak berbeda dari anemia aplastik secara umum. <sup>(4)</sup> Beberapa bahan kimia yang dilaporkan berhubungan dengan kejadian anemia aplastik, antara lain adalah benzene, pelarut, insektisida. <sup>(11)</sup> Gejala utama dari sebagian besar jenis anemia adalah kelelahan. Gejala lain meliputi nyeri dada, nafas pendek, kulit pucat, lemas, sakit kepala, denyut jantung cepat. <sup>(9)</sup>

Berdasarkan hasil uji korelasi *rank-spearman* dapat disimpulkan tidak adanya hubungan yang signifikan antara kadar fenol dalam urin dengan kadar Hb, jumlah trombosit dan leukosit responden dengan nilai p lebih besar dari  $\alpha$  (0,05). Hal ini dimungkinkan karena tingkat keracunan benzen secara individual yang dialami responden masih dalam tingkat awal (kadar fenol dalam urin  $20 \pm 4,519$  mg/l) dan masa paparan yang belum terlalu lama ( $11,9 \pm 6,4$  tahun) sehingga tingkat kerusakan sumsum tulang dan gangguan pembentukan elemen darah, khususnya Hb, jumlah trombosit dan leukosit masih relatif ringan. Penurunan elemen darah secara keseluruhan akan jelas tampak pada paparan benzene yang lama dan pada kadar paparan di atas 100 ppm. <sup>(5)</sup>

Dalam penelitian ini penurunan elemen darah yang terjadi pada responden belum ada variasi yang bermakna, yaitu hampir seluruh elemen darah kecuali jumlah eritrosit masih dalam batas normal. Namun demikian, masih perlu dilakukan pengujian lebih lanjut tentang hubungan variabel-variabel yang diteliti dengan desain penelitian kohort. Untuk lebih mengetahui dengan jelas hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan gangguan pembentukan elemen darah akibat paparan benzene.

## BAB VI

### SIMPULAN DAN SARAN

#### A. Simpulan

1. Karakteristik responden yaitu sebagian besar bekerja di pendempulan, umur 21 – 50 tahun, masa kerja 3 – 25 tahun, indeks massa tubuh rata-rata 23,4 dan sebagian besar tenaga kerja tidak menggunakan alat pelindung diri selama bekerja. Sebanyak 51,43% responden tidak menggunakan masker dan 97,14% responden tidak menggunakan sarung tangan sebagai alat pelindung diri.
2. Kadar fenol dalam urin responden adalah 17 – 26 mg/l, dengan prevalensi keracunan benzene sebesar 42,9%.
3. Elemen darah yang mengalami penurunan dibawah standard normal adalah jumlah eritrosit ( $4.651.4528,6 \pm 225.403,5$  sel/ $\mu$ l darah); sedangkan kadar Hb ( $14,8 \pm 0,7$  mg/dl), jumlah trombosit ( $282.857,1 \pm 64.389,5$  sel/ $\mu$ l darah) dan jumlah leukosit ( $8.072,9 \pm 1.627,9$  sel/ $\mu$ l darah) masih dalam batas normal.
4. Ada hubungan yang bermakna antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah eritrosit

#### B. Saran

1. Dalam upaya meminimalkan dampak gangguan kesehatan dan mencegah tingkat kerusakan organ tubuh secara lebih lanjut akibat keracunan benzene, sebaiknya pihak perusahaan melakukan pemeriksaan kesehatan kerja secara berkala dan khusus terutama untuk tenaga kerja yang terpapar benzene antara lain dengan monitoring kadar fenol dalam urin yang dapat dilakukan melalui kerja sama dengan Bali Keselamatan Kerja & Hiperkes Jawa Tengah.



2. Pihak perusahaan sebaiknya melaksanakan penyempurnaan prosedur kerja yang berhubungan dengan penggunaan benzene/cat, antara lain dengan pembuatan SOP (Standard Operating Procedure) tentang keselamatan kerja (Safety Procedure). Prosedur tersebut sebaiknya dipasang di setiap bagian/ruang kerja serta disosialisasikan ke seluruh tenaga kerja yang terkait dengan pekerjaan tersebut.
3. Dalam upaya mendeteksi secara dini risiko keracunan benzene sebaiknya pihak perusahaan melakukan pengukuran kadar benzene di lingkungan kerja secara berkala di bagian kerja yang terpapar benzene (pendempulan, pengecatan, pengoplosan dan pengovenan)
4. Dalam upaya proteksi tenaga kerja dari bahaya pemaparan benzene sebaiknya pihak perusahaan menyediakan alat pelindung pernafasan yang lebih tepat yaitu berupa canister respirator. Adapun pengadaan APD tersebut dapat dilakukan secara bertahap, disesuaikan dengan kemampuan dan kondisi perusahaan. Prioritas dalam tahap pengadaannya disesuaikan dengan tingginya kadar benzene di ruang kerja setelah dilakukan pengukuran.
5. Tenaga kerja wajib menggunakan alat pelindung diri yang telah disediakan pihak perusahaan untuk pencegahan gangguan kesehatan dan penyakit akibat kerja. Hal ini seharusnya disertai dengan adanya aturan dan sanksi yang jelas dari pihak perusahaan dan disahkan secara resmi oleh pimpinan perusahaan.
6. Pihak departemen tenaga kerja (Balai Keselamatan Kerja & Hiperkes) sebaiknya melakukan evaluasi, monitoring dan penyuluhan tentang nilai ambang batas benzene di tempat kerja pada perusahaan-perusahaan yang menggunakan benzene.

7. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang efek benzen terhadap gangguan hematologis dengan menggunakan desain penelitian kohort pada lokasi yang sama. Penelitian kohort ini dapat diawali dengan pemeriksaan kadar fenol dalam urin selama periode waktu tertentu dan diikuti dengan pemeriksaan hematologi secara berkelanjutan, sehingga variabel-variabel pengganggu lebih bisa dikendalikan dan bias penelitian yang terjadi diharapkan lebih sedikit.

## RINGKASAN

**Hubungan antara kadar fenol dalam urin dengan kadar Hb, eritrosit, trombosit dan leukosit (studi pada tenaga kerja di industri karoseri CV Laksana Semarang)**

### Latar Belakang

Jalur absorpsi benzene adalah melalui pemapasan/inhalasi, kulit atau mukosa mata. Paparan tersebut dapat menyebabkan keracunan yang bersifat akut maupun kronik. Efek paparan benzene secara akut yaitu depresi pada susunan saraf pusat merupakan kasus yang jarang terjadi dibandingkan efek secara kronik yaitu kerusakan pada sistem pembentukan darah (sumsum tulang). Salah satu dampak lanjut dari kerusakan sumsum tulang ini adalah risiko terjadinya penurunan jumlah elemen sel darah secara progresif yang meliputi penurunan kadar Hb, jumlah eritrosit, trombosit dan leukosit.

Berdasarkan hasil penelitian pada tenaga kerja yang terpapar benzene di pabrik sepatu, telah dilaporkan adanya kasus anemia 33 persen, leukopenia 9,7 persen, trombositopenia 1,8 persen, pansitopenia 2,7 persen, trombositopenia dan leukopenia 4,6 persen.

Kadar fenol di dalam urin digunakan sebagai indikator biologik atas paparan benzen terhadap manusia pada umumnya dan tenaga kerja pada khususnya. *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)* pada tahun 1996 menetapkan *Biological Exposure Indices (BEI)* untuk tenaga kerja yang terpapar benzen adalah kadar fenol dalam urin tidak melampaui 20 mg per gram kreatinin urin.

CV Laksana Semarang merupakan salah satu industri karoseri yang memproduksi mobil jenis bus dengan kapasitas produksi dalam 10 tahun terakhir

paparan minimal yaitu dengan kadar rata-rata fenol dalam urin responden sebesar  $20 \pm 4,519$  mg/l. Hal ini berkaitan dengan kadar benzene di udara yang belum terlalu tinggi meskipun sudah melebihi NAB. Dalam survei awal telah diketahui bahwa kadar benzene di lokasi penelitian adalah  $13,60 \pm 0,74$  ppm sampai dengan  $17,90 \pm 0,65$  ppm. Selain kadar benzene di ruang kerja, hal lain yang menentukan derajat paparan benzene terhadap tenaga kerja adalah lama paparan yang dapat dilihat dari masa kerja. Dalam penelitian ini, rentang masa kerja responden 3-25 tahun, yang berarti rentang variasi masa kerja cukup panjang, dimana masih terdapat tenaga kerja yang masa kerjanya kurang dari 10 tahun, sehingga paparan benzene belum cukup adekuat untuk dideteksi dalam tubuh. Efek toksik kronis yang terjadi karena seringkali zat toksik dalam jumlah kecil diabsorpsi sepanjang jangka waktu lama, terakumulasi mencapai konsentrasi toksik dan karena itu akhirnya menimbulkan gejala keracunan. Dosis paparan juga dipengaruhi oleh jumlah jam kerja dan waktu kerja. Untuk membatasi paparan sebaiknya istirahat kerja dilakukan di tempat yang tidak tercemari (terkontaminasi), juga penting untuk mempersingkat jangka waktu paparan dengan melakukan pergantian kerja.<sup>(13)</sup>

Pemantauan kadar fenol dalam urin akan lebih baik apabila diperhatikan juga faktor-faktor lain yang mempengaruhinya, antara lain kebiasaan/pola konsumsi makanan yang kaya kandungan fenol seperti apel, anggur, kacang merah kecil, gandum dan bawang. Hal tersebut lebih tepat dilakukan dengan metode recall 24 jam, namun karena adanya keterbatasan dalam penelitian ini maka belum dapat dikendalikan/dilakukan monitoring aspek konsumsi makanan sebagai salah satu faktor penyumbang kadar fenol dalam tubuh. Pola konsumsi akan mempengaruhi juga status gizi seseorang. Oleh karena itu untuk meminimalkan bias akibat

dengan kulit, juga memakai alat-alat kerja dan alat pelindung diri secara benar.<sup>(13)</sup> Dalam mendukung hal tersebut, maka diperlukan *Safety Procedure* yang disesuaikan dengan potensi resiko paparan benzene serta jenis pekerjaannya.

Berdasarkan data hasil penelitian dapat diketahui bahwa sebanyak 51,43% responden tidak menggunakan masker selama bekerja dan 97,14% responden tidak menggunakan sarung tangan selama bekerja. Masker yang dipergunakan responden berupa masker kain yang telah diberikan oleh pihak perusahaan kepada setiap tenaga kerja, namun dilihat dari jenis bahaya yang ada yaitu berupa bahan kimia gas yang bersifat toksik (benzene) yang memiliki jalur absorpsi terutama melalui inhalasi, maka masker yang digunakan belum memenuhi syarat. Alat pelindung diri yang digunakan masih belum memadai sesuai dengan persyaratan sehingga belum berfungsi secara efektif. Masker yang tepat dan efektif untuk meminimalkan risiko tersebut seharusnya berupa *canister respirator* yang dapat melindungi paparan partikel gas toksik karena dilengkapi filter. Selain kesesuaian fungsi dan jenis alat pelindung diri, maka juga harus diperhatikan kenyamanan pemakaiannya dan tidak menimbulkan gangguan dalam bekerja.

Penurunan jumlah elemen darah merupakan indikasi awal yang perlu dilanjutkan dengan biopsi/pemeriksaan sumsum tulang untuk lebih jelas mengetahui tingkat kerusakannya akibat paparan benzene. Tingkat penurunan jumlah eritrosit, Hb, trombosit dan leukosit akibat paparan benzene dapat bervariasi antara individu yang satu dengan individu lainnya. Misalnya, pada seseorang tampak lebih jelas tanda-tanda *anemia*-nya (penurunan jumlah eritrosit), sedangkan penurunan jumlah trombosit (*trombositopenia*) dan jumlah leukosit (*leukopenia*) hanya ringan saja. Berdasarkan data hasil penelitian dapat diketahui bahwa jumlah

eritrosit sudah mengalami penurunan ( $4.651.428,57 \pm 225.403,465$  sel/ $\mu$ l darah) jika dibandingkan dengan standart normal untuk laki-laki dewasa yaitu  $5.200.000 \pm 300.000$  sel/ $\mu$ l darah. Hal ini berarti elemen darah yang sudah menunjukkan adanya efek paparan benzene adalah penurunan jumlah eritrosit, sedangkan pada elemen Hb, trombosit dan leukosit secara umum belum menunjukkan adanya penurunan dibandingkan standart normal. Sel darah merah berasal dari sel *hemositoblast*, yang secara kontinyu dibentuk dari stem sel primordial yang terdapat di seluruh sumsum tulang. <sup>(5)</sup> Jumlah eritrosit yang lebih rendah dari normal mengindikasinya adanya *anemia* atau kegagalan / kerusakan sumsum tulang.<sup>(7)</sup> Tingkat keparahan *anemia* tersebut tergantung pada beratnya kerusakan sumsum tulang. Namun indikasi awal yang akurat untuk menggambarkan keracunan benzene adalah penurunan jumlah eritrosit. <sup>(27)</sup>

Kadar Hb, trombosit dan leukosit secara umum belum menunjukkan adanya penurunan dibandingkan standard normal. Pada orang normal, persentase hemoglobin tiap-tiap sel hampir selalu mendekati maksimal. Akan tetapi bila pembentukan hemoglobin dalam sumsum tulang berkurang, persentase hemoglobin dalam sel dapat turun sampai serendah 15 gram atau kurang. Pada umumnya satu  $\text{mm}^3$  darah orang dewasa mengandung 150.000–400.000 butir trombosit. Pembentukan trombosit yang menurun dibuktikan dengan oleh aspirasi dan biopsi sumsum tulang dan bisa terjadi pada setiap keadaan yang mengganggu atau menghambat fungsi sumsum tulang, misalnya pada kejadian anemia aplastik, leukemia akut, defisiensi vitamin B12 & asam folat, paparan agen kimia seperti benzene. <sup>(12)</sup> Batas normal jumlah sel darah putih adalah 3900–10.600 /  $\text{mm}^3$ . <sup>(5)</sup> Peningkatan jumlah leukosit melebihi jumlah maksimal didefinisikan sebagai

*leukositosis*, biasanya sebagai respon fisiologis untuk melindungi tubuh dari serangan mikroorganisme. Hasil pemeriksaan terhadap sampel darah responden menunjukkan adanya kecenderungan jumlah leukosit yang cukup tinggi atau lebih mendekati nilai maksimal dari standart. Hal ini dapat merupakan indikasi awal adanya respon tubuh terhadap zat toksik yaitu benzene.

Berdasarkan hasil *uji korelasi rank-spearman* dapat disimpulkan adanya hubungan yang signifikan antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah eritrosit responden dengan nilai  $p$  (0,030). Hal ini berarti tingkat keracunan benzene secara individual yang telah dialami oleh responden sudah menunjukkan efek yang signifikan terhadap gangguan pembentukan eritrosit meskipun tingkat keracunan benzen yang terjadi masih dalam tingkat awal (kadar fenol dalam urin  $20 \pm 4,519$  mg/l) dan masa paparan yang belum terlalu lama ( $11,9 \pm 6,4$  tahun). Kadar fenol dalam urin melebihi 20 mg/l dianggap berlebihan dan petunjuk paparan minimal terhadap benzen.<sup>(33)</sup> Sifat benzene yang mudah menguap menyebabkan bahaya paparan utama di tempat kerja adalah melalui proses pemapasan. Uap benzene yang masuk ke paru akan cepat terdifusi ke seluruh permukaan membran saluran pemapasan, masuk dalam aliran darah, dan kemudian didistribusikan ke organ tubuh lain.

Sifat benzen yang dapat melarutkan lemak menyebabkan benzen mudah masuk ke dalam aliran darah.<sup>(27)</sup> Gejala obyektif keracunan kronik adalah menurunnya jumlah elemen sel darah secara progresif, yaitu: jumlah eritrosit (*anemia*), jumlah trombosit (*trombositopenia*), jumlah leukosit (*leukopenia*), atau gabungan ketiga gejala tersebut (*pansitopenia*).<sup>(27)</sup> Penelitian pada manusia mengenai efek kronik paparan benzene, menunjukkan bahwa indikasi awal yang

akurat untuk menggambarkan gejala keracunan benzene adalah menurunnya jumlah eritrosit.<sup>(27)</sup> Penderita keracunan benzene secara kronik hanya mempunyai 50% jumlah eritrosit dari keadaan normal. <sup>(11)</sup> Berdasarkan koefisien korelasi sebesar  $-0,368$  dapat diketahui bahwa hubungan antara kedua variabel tersebut bersifat negatif, dimana peningkatan kadar fenol dalam urin diikuti dengan penurunan kadar eritrosit pada responden yang terpapar benzene.

Tidak adanya hubungan yang signifikan antara kadar fenol dalam urin dengan kadar Hb, jumlah trombosit dan leukosit responden dalam penelitian ini dimungkinkan karena tingkat keracunan benzen secara individual yang dialami responden masih dalam tingkat awal (kadar fenol dalam urin  $20 \pm 4,519$  mg/l) dan masa paparan yang belum terlalu lama ( $11,9 \pm 6,4$  tahun) sehingga tingkat kerusakan sumsum tulang dan gangguan pembentukan elemen darah, khususnya Hb, jumlah trombosit dan leukosit masih relatif ringan.

### Simpulan

1. Karakteristik responden yaitu sebagian besar bekerja di pendempulan, umur 21 – 50 tahun, masa kerja 3 – 25 tahun, indeks massa tubuh rata-rata 23,4, 51,43% responden tidak menggunakan masker dan 97,14% responden tidak menggunakan sarung tangan sebagai alat pelindung diri.
2. Kadar fenol dalam urin responden adalah 17 – 26 mg/l, dengan prevalensi keracunan benzene sebesar 42,9%.
3. Elemen darah yang mengalami penurunan dibawah standard normal adalah jumlah eritrosit ( $4.651.4528,6 \pm 225.403,5$  sel/ $\mu$ l darah); sedangkan kadar Hb ( $14,8 \pm 0,7$  mg/dl), jumlah trombosit ( $282.857,1 \pm 64.389,5$  sel/ $\mu$ l darah) dan jumlah leukosit ( $8.072,9 \pm 1.627,9$  sel/ $\mu$ l darah) masih dalam batas normal.



4. Ada hubungan yang bermakna antara kadar fenol dalam urin dengan jumlah eritrosit

#### Saran

1. Dalam upaya meminimalkan dampak gangguan kesehatan akibat keracunan benzene, sebaiknya pihak perusahaan melakukan pemeriksaan kesehatan kerja secara berkala dan khusus melalui monitoring kadar fenol dalam urin.
2. Pihak perusahaan sebaiknya melaksanakan penyempurnaan prosedur kerja antara lain dengan pembuatan SOP (Standard Operating Procedure) tentang keselamatan kerja (Safety Procedure).
3. Dalam upaya mendeteksi secara dini risiko keracunan benzene sebaiknya pihak perusahaan melakukan pengukuran kadar benzene di lingkungan kerja secara berkala di bagian kerja yang terpapar benzene (pendempulan, pengecatan, pengoplosan dan pengovenan)
4. Dalam upaya proteksi tenaga kerja dari bahaya pemaparan benzene sebaiknya pihak perusahaan menyediakan alat pelindung pernafasan yang lebih tepat yaitu berupa canister respirator. Adapun pengadaan APD tersebut dapat dilakukan secara bertahap, disesuaikan dengan kemampuan dan kondisi perusahaan. Prioritas dalam tahap pengadaannya disesuaikan dengan tingginya kadar benzene di ruang kerja setelah dilakukan pengukuran.

5. Tenaga kerja wajib menggunakan alat pelindung diri yang telah disediakan pihak perusahaan untuk pencegahan gangguan kesehatan dan penyakit akibat kerja. Hal ini seharusnya disertai dengan adanya aturan dan sanksi yang jelas dari pihak perusahaan dan disahkan secara resmi oleh pimpinan perusahaan.
6. Pihak departemen tenaga kerja (Balai Keselamatan Kerja & Hiperkes) sebaiknya melakukan evaluasi, monitoring dan penyuluhan tentang nilai ambang batas benzene di tempat kerja pada perusahaan-perusahaan yang menggunakan benzene.
7. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang efek benzen terhadap gangguan hematologis dengan menggunakan desain penelitian kohort pada lokasi yang sama. Penelitian kohort ini dapat diawali dengan pemeriksaan kadar fenol dalam urin selama periode waktu tertentu dan diikuti dengan pemeriksaan hematologi secara berkelanjutan, sehingga variabel-variabel pengganggu lebih bisa dikendalikan dan bias penelitian yang terjadi diharapkan lebih sedikit.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Tusmiyati, Tutik. *Faktor-Faktor Resiko Keracunan Benzen Pada Tenaga Kerja di CV Laksana Semarang*. Tesis, PPS UGM, Yogyakarta, 1998.
2. Wijaya, Caroline. *Deteksi Dini Penyakit Akibat Kerja*. EGC, Jakarta, 1995.
3. Heryuni, Siti. *Kadar Fenol Dalam Kreatinin Urin Tenaga Kerja Industri Sepatu* “. Majalah Hiperkes & Keselamatan Kerja. Volume XXXIII No. Juli-September, Jakarta, 2000.
4. Aksoy. *Hematotoxicity and Carcinogenicity of Benzene*. Environmental Health Perspectives; Vol/Issue : 82, United States, 1989.
5. Guyton, C. *Fisiologi Kedokteran*. EGC, Jakarta, 1990.
6. Tambayong, Jan. *Patofisiologi Untuk Keperawatan*. EGC, Jakarta, 2000
7. Nanda, Rita. *Hematology*. Department of Hematology. [www.nlm.nih.gov/medlineplus](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus), 2005
8. Syaifuddin. *Fungsi Sistem Tubuh Manusia*. Penerbit Widya Medika, Jakarta, 2002
9. Mayo Clinic Staff. *Anemia*. Mayo Foundation For Medical Education And Research, [www.mayoclinic.com](http://www.mayoclinic.com), 2005.
10. Griffith, H. Winter. *Complete Guide to Symptoms, Illness & Surgery*. Copyright by Putnam Publishing Group, Electronic Right by Medical Data Exchange, 2005.
11. Burson, J.L. and Williams, P.L. *Industrial Toxicology : Safety and Health Applications in the Workplace*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1985.
12. Anderson, Price Sylvia & Mc.Carty, Wilson Lorraine.. *Fisiologi Proses-Proses Penyakit*. Penerbit EGC, Jakarta, 1995.
13. Suma'mur, PK. *Higiene Perusahaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja*. PT Toko Gunung Agung, Jakarta, 1996.
14. Departemen tenaga Kerja RI. *Peraturan Perundangan dan Pedoman Teknis SMK3*. Direktorat Pengawasan Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jakarta, 1998
15. Budioro, B. *Pengantar Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001

16. Dewa, Nyoman Supriaba. dkk. *Penilaian Status Gizi*. Penerbit EGC, Jakarta, 2002
17. Ariens, E.J. Mutscher, E. Simois, A.M. *Toksikologi Umum*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 1986
18. Budiono, Sugeng. Jusuf. RMS. Pusparini. Adriana. *Bunga Rampai Hiperkes dan KK*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2003
19. Dirjen Perindustrian Kimia Dasar. *Pola Pengembangan Industri Petrokimia dalam Pelita dengan Cakrawala Pandang sampai VI*. Departemen Perindustrian, Jakarta, 1990
20. Austin, George T. *Industri Proses Kimia*. Erlangga, Jakarta, 1996
21. CK, Giam. *Ilmu Kedokteran Olahraga*. Binarupa Aksara, Jakarta, 1993
22. Sumosardjuno, Sadoso. *Olahraga dan Kesehatan*. Pustaka Kartini, Jakarta, 1989
23. Kuntadi. *Alat Pelindung Diri (Safety Equipment)*. Pelatihan K-3, Semarang, 2003
24. ILO. *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*. 3<sup>rd</sup> edition. Volume 1, Geneva, 1983.
25. Malaka, Tan. *Bahan-Bahan Karsinogenik Menurut ACGIH 1995-1996*. Majalah Hiperkes & Keselamatan Kerja. Volume XXIX No.3 Juli-September, Jakarta, 1996
26. Chlereminsoff, Paul N. Norresi, Agela C. *Pollution Engineering and Technology, Benzene Basic and Hazardous Properties*. Marcel Dekker, New York, 1989.
27. Casarett and Doull's. *Toxicology. The Basic Science of Poisons*. Fourth Edition. Pergamon Press, New York, 1991.
28. ILO. *Keselamatan Kerja Bidang Kimia*. Depnaker RI, Jakarta, 1987
29. Siswanto, A. *Toksikologi Industri*. Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Jawa Timur, Surabaya, 1990
30. LaDou, Joseph. *Occupational Medicine*. Appleton & Lange, Prentice Hall, USA, 1990
31. Santa, N, et al. *Phenol Induced Haemolytic Anaemia*. Journal Indian Academy of Clinical Medicine, Vol 4, No.2, April – Juni 2003.

32. ILO. *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*. 3<sup>th</sup> edition. Volume 2, Geneva, 1983
33. Hwa-Young Kim, et. Al. *Effects of Phenol-Depleted and Phenol-Rich Diets on Blood Marker of Oxidative Stress and Urinary Excretion of Quercetin and Kaemferol in Healthy Volunteers*. *Journal of the American College of Nutrition*, Vol. 22, No.3, 217-22, American College of Nutrition, 2003.
34. Suwarno. *Keluhan, Kadar Phenol Dalam Urine Seta Hb Rendah Sebagai Dasar Pendugaan Terkena Efek Pemaparan Kronis Benzen Pada Tenaga Kerja Bagian Produksi Industri Cat*. *Majalah Hiperkes dan Keselamatan Kerja*. Volume XXVII, No.2. April – Juni 1994, Depnaker RI, Jakarta, 1994.