

**ANALISIS PEMAJANAN TOLUENA TERHADAP PROFIL DARAH
PADA PEKERJA SEKTOR INDUSTRI
PENYULINGAN MINYAK BUMI**



Tesis
untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-2

Magister Kesehatan Lingkungan

AGUS WARBITO

NIM: E4B005050

PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG

2007

PENGESAHAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa tesis yang berjudul :

ANALISIS PEMAJANAN TOLUENA TERHADAP PROFIL DARAH PADA PEKERJA SEKTOR INDUSTRI PENYULINGAN MINYAK BUMI

Dipersiapkan dan disusun oleh

Agus Warsito

E.4B.005.050

Telah dipertahankan di depan dewan penguji pada tanggal 28 Juni 2007 dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Pembimbing I

Pembimbing II

dr. Onny Setiani, Ph.D

NIP. 131 958 807

Ir. Trijoko, M.Si

NIP. 132 087 434

Penguji I

Penguji II

Nurjazuli, SKM, M.Kes

NIP. 132 139 521

Soedjono, SKM, M.Kes

NIP. 140 090 033

Semarang, 22 Juni 2007
Universitas Diponegoro
Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan
Ketua Program

dr. Onny Setiani, Ph.D

NIP. 131958807

PERNYATAAN

Saya, Agus Warsito, yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa tesis yang saya ajukan ini adalah hasil karya sendiri yang belum pernah disampaikan untuk mendapatkan gelar pada program Magister Kesehatan maupun program lainnya.

Karya ini adalah milik saya, karena itu dipertanggungjawabkan sepenuhnya berada di pundak saya.

22 Juni 2007

Agus Warsito
E 4B 005 050

Kupersembahkan karya ini kepada :

*Bapak Ibu, Istriku tercinta Betty Listianingrum, ketiga anakku Luthfy Aditiar,
Belinda Puteri Arsita, Salsabila Putri Tsalisia tercinta, serta teman – temanku semua
yang dengan doa, cinta, kesabaran serta percikan semangat dalam setiap langkahku
untuk mengarungi kehidupan.....*

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah saya panjatkan ke khadirat Allah SWT karena atas ridho dan pertolongan-Nya dapat menyelesaikan tesis salah satu tugas akhir di Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang dengan judul **“ANALISIS PEMAJANAN TOLUENE TERHADAP DARAH PADA PEKERJA SEKTOR INDUSTRI PENYULINGAN MINYAK BUMI”**, penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Cilacap.

Tesis ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh derajat sarjana S-2 pada program studi Magister Kesehatan Lingkungan Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Data penelitian ini merupakan bagian dari proyek penelitian untuk jasa konsultasi dengan judul “Evaluasi dan Manajemen Resiko Lingkungan dan K3 PT. Pertamina (Persero) UP IV Cilacap” oleh dr. Onny Setiani, Ph.D.

Pada Kesempatan ini saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. PT. PERTAMINA (PERSERO) UP IV CILACAP, yang telah banyak membantu saya dalam proses pengambilan sample.
2. Bapak Drs. Wiryanto, MM selaku manajer LK3 Pertamina UP IV Cilacap atas kesempatan yang diberikan kepada penulis sehingga tesis ini dapat diselesaikan.
3. Bapak Prof. Dr. dr. Suharyo Hadisaputro Sp.PD-KTI, selaku Direktur Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang beserta staf yang telah membantu memfasilitasi dan memberi kemudahan selama mengikuti pendidikan.
4. Ibu dr. Onny Setiani, Ph.D selaku Ketua Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang dan Pembimbing Tesis yang

banyak membantu, memfasilitasi dan memberi kemudahan kepada saya selama dalam proses pendidikan.

5. Bapak Ir.Trijoko, M.Si, selaku Pembimbing Tesis yang dengan sabar telah banyak membantu saya dalam proses pendidikan dan memberi kemudahan dan dorongan dalam proses penyelesaian tesis
6. Bapak Nurjazuli, SKM, M.Kes, selaku Penguji Tesis yang telah banyak membantu saya dalam kelancaran studi.
7. Bapak Soedjono, SKM, M.Kes, selaku Penguji Tesis yang telah banyak membantu saya dalam kelancaran studi.
8. Bapak dr. Suhartono, M.Kes selaku Sekretaris Bidang Akademik dan Keuangan Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan yang telah banyak membantu saya selama proses pendidikan.
9. Mbak Catur dan Mbak Ratna selaku Tenaga Pelaksana Program Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.
10. Bapak Ririh Sudirahardjo, ST, MT, dan Bapak Drs. Margono, MM yang telah banyak membantu memperlancar proses belajar serta memberi dorongan moril selama proses pendidikan.
11. Rekan-rekan mahasiswa di lingkungan Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang, khususnya angkatan 2005 yang telah banyak membantu selama proses belajar saya.
12. Istri saya tercinta yang telah memberikan semangat dan do'anya secara tulus untuk kehidupan saya selanjutnya serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu yang telah membantu sehingga dapat menyelesaikan proses belajar ini.

Semoga Allah SWT membalas semua amal ibadah dan budi baik Bapak/Ibu semua yang secara ikhlas telah diberikan kepada saya selama ini. Saya sangat menyadari bahwa apa yang saya susun dalam tulisan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu segala kritik dan saran dari semua pihak, saya harapkan untuk perkembangan ilmu pengetahuan dimasa yang akan datang. Terima Kasih.

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	<i>i</i>
Halaman Pengesahan	<i>ii</i>
Halaman Pernyataan	<i>iii</i>
Riwayat Hidup	<i>iv</i>
Halaman Persembahan	<i>v</i>
Kata Pengantar	<i>vi</i>
Daftar Isi	<i>ix</i>
Daftar Gambar	<i>xi</i>
Daftar Tabel	<i>xii</i>
Abstrak	<i>xiii</i>
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
E. Ruang Lingkup Penelitian	5
F. Keaslian Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Toluene	7
1. Rute Eksposur	8
2. Informasi Umum	9
3. Efek Kesehatan	12
4. CNS Secara Umum	14
5. Respiratory Akut	14
6. Keracunan Toluene – Efek Biologis	16
B. Toksikokinetik	21
C. Profil Darah	27
1. Pengertian	27
2. Darah	29
3. Pengaturan Hematopoetic	42
4. Penilaian Darah Tepi	45
5. Darah Lengkap	48
D. Kerangka Teori	52
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Kerangka Konsep	53
B. Hipotesis	55
C. Jenis dan Rancangan Penelitian	55
D. Populasi dan Sampel Penelitian	55
E. Definisi Operasional Variabel Penelitian dan Skala Pengukuran	56
F. Kriteria Inklusi dan Eklusi	62
G. Alat dan Cara Kerja Penelitian	63
H. Teknik Pengolahan dan Analisa Data	65
I. Jadwal Penelitian	69

BAB IV	HASIL PENELITIAN	
	A. Lokasi Penelitian	70
	B. Gambaran Responden	71
	C. Hasil Penelitian	71
	D. Analisis Univariat	71
	E. Analisis Bivariat/ <i>Chi-Square</i>	75
BAB V	PEMBAHASAN	85
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	
	A. Kesimpulan	90
	B. Saran	91
	DAFTAR PUSTAKA	92
	LAMPIRAN :	
	- Kuesioner	
	- Hasil Analisis Data	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rumus Kima $C_6H_5CH_3$ atau C_7H_8	7
Gambar 2.2. Kerangka Teori	52
Gambar 3.1. Kerangka Konsep	53

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Kadar Toluena di udara lingkungan kerja kilang Paraxylene	2
Tabel 1.2.	Profil Darah	3
Tabel 2.1.	Standar dan Panduan Toluene	10
Tabel 2.2.	Jumlah Haemoglobin normal	41
Tabel 2.3.	Nilai Sel Darah Normal	42
Tabel 3.1.	Satuan Profil Darah	59
Tabel 3.2.	Status Normalitas Profil Darah	60
Tabel 3.3.	Jadwal Penelitian	69
Tabel 4.1	Distribusi Statistik Deskriptif pada Responden	71
Tabel 4.2.	Hasil uji normalitas data (Saphiro-Wilk)	74
Tabel 4.3.	Hasil analisis korelasi Kendall Tau-B dengan variabel terikat	75
Tabel 4.4.	Distribusi kadar pajanan toluena dengan Haemoglobin	76
Tabel 4.5	Distribusi kadar pajanan toluena dengan Red Blood Cell	77
Tabel 4.6	Distribusi kadar pajanan toluena dengan Haematokrit	77
Tabel 4.7.	Distribusi kadar pajanan toluena dengan MCV	78
Tabel 4.8.	Distribusi kadar pajanan toluena dengan MCH	79
Tabel 4.9.	Distribusi kadar pajanan toluena dengan MCHC	79
Tabel 4.10	Distribusi kadar pajanan toluena dengan kadar leukosit	80
Tabel 4.11	Distribusi kadar pajanan toluena dengan Trombosit darah	81
Tabel 4.12	Nilai P dari Chi Square paparan Toluena	82
Tabel 4.13	Uji Regresi Logistik Haemoglobin dengan Paparan Toluena	82
Tabel 4.14	Uji Regresi Logistik Red Blood Cell dengan Paparan Toluena	83
Tabel 4.15	Uji Regresi Logistik variabel MCH dengan Paparan Toluena	84

ABSTRAK

Agus Warsito

ANALISIS PEMAJANAN TOLUENA TERHADAP PROFIL DARAH PADA PEKERJA SEKTOR INDUSTRI PENYULINGAN MINYAK BUMI

xiii + 91 halaman + 23 tabel + 3 gambar + 59 lampiran

Pemajanan toluena ke dalam tubuh dapat menyebabkan iritasi pada kulit, mata dan saluran pernafasan, juga menyebabkan keracunan sistemik dengan efek CNS. Untuk mengetahui secara dini dapat dilakukan pemeriksaan terhadap profil darah secara berkala. Pekerja pada kilang paraxylene mempunyai resiko yang besar untuk terpajan Toluena karena bekerja dalam kurun waktu yang lama. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan pajanan Toluena dengan profil darah pada pekerja kilang Paraxylene.

Penelitian ini merupakan penelitian observasional dengan desain cross-sectional, jumlah sampel 60 orang. Analisis data untuk mengetahui hubungan pajanan Toluena dengan profil darah mempertimbangkan masa kerja, indeks masa tubuh, kebiasaan merokok dan pajanan Toluena menggunakan uji *chi-square* analisis/ analisis Multivariat dengan uji regresi logistik dengan metoda *kendall's tau-B*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pajanan toluena dengan profil darah. $Hb = p = 0,007$, $RBC = 0,055$ dan $NLH = 0,020$ dari variabel tersebut setelah dianalisis dengan logistik regresi diketahui bahwa karyawan yang terpajan toluena cenderung memiliki kadar Hb 5,753 kali dan kadar RBC 3,428 kali.

Rekomendasi penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi pihak manajemen untuk dapat dipergunakan sebagai acuan dalam mengelola kilang paraxylene agar dapat meminimalkan dampak negatif para pekerja.

Kata kunci : *Pajanan toluena, profil darah, pekerja, industri, industri penyulingan minyak bumi.*

Kepustakaan : 35 (1978 – 2006)

ABSTRACT

Agus Warsito

The Analysis of Toluene Exposure to the Blood Profiles in the Oil Distilate Worker

xiii + 91 pages + 23 tables + 3 figures + 59 attachments

The toluene exposure to the human body can cause irritation of skin, eyes, the breathing apparatus and also can make systemic poisoning of Central Nervous System. To know this early effects we should have an examination of the blood profile. Workers at the Paraxylene have many risk to get exposed by Toluene because of long period working with them. The purpose of this research is to determine the relationships between Toluene exposure with the Blood profile in the Paraxylene factory workers.

This research is an observational research with an cross-sectional design. The sample consists of 60 subjects. Data was analyzed to understand the relationship of toluene to the blood profile considering: Working periods, Body Mass Index, Smoking habits and the exposure of toluene. The research was using Chi Square tests and Multivariate analysis using Logistic Regresion with the Kendall's Tau B methods.

The study showed that the Toluene exposure to the blood profile, $Hb = \rho = 0,007$, $RBC = 0,055$ and $NLH = 0,020$. From those variables, after being analyzed by Logistic Regresion, was found that workers exposed by Toluene is inclined to get risk of getting the change of Hb concentration (OR=5.753) and RBC concentration (OR=3,428).

It is recommended that the study can be some point of consideration for the management of the Paraxylene kiln process with a minimized negative effect for its workers.

Keywords : *Toluene exposure, Blood profile, Industries workers, Oil Distilate Industry.*

Bibliography : 35 (1978-2006)

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sejak tahun 1986 di Indonesia telah dibangun beberapa kilang minyak bumi untuk mengolah minyak bumi mentah menjadi berbagai produk hilir, dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri terhadap bahan bakar minyak bumi (BBM) dan produk non-BBM yang terus mengalami peningkatan dan juga untuk mengurangi ketergantungan terhadap suplai BBM dari luar negeri. Produk hilir tersebut antara lain adalah paraxylena, benzene dan toluena.¹

Kilang Paraxylena merupakan kilang yang menghasilkan produk BBM dan petrokimia. Perkembangan pembangunan kilang Paraxylene didasarkan atas pertimbangan antara lain karena tersedianya bahan baku nafta, adanya sarana pendukung berupa dermaga tangki dan utilitas serta terbukanya peluang pasar di dalam maupun di luar negeri. Paraxylena adalah senyawa hidrokarbon aromatik yang dihasilkan dari proses aromatisasi dari bahan nafta berat dalam unit platformer yang kemudian dipisahkan untuk memproduksi benzene (dengan hasil samping toluena) dengan ekstraksi dan paraxylena dengan absorpsi.¹

Toluena diproduksi dalam bentuk cair dan digunakan sebagai bahan baku TNT, pelarut, pewarna, pembuat resin, juga untuk bahan parfum, pembuat plasticizer dan obat-obatan.¹ Beberapa penelitian pada pekerja industri minyak bumi dan yang telah bekerja selama lebih dari 10 tahun menunjukkan adanya peningkatan kejadian hearing loss, osteoporosis, karsinoma lambung dan hati yang dicurigai akibat paparan dari toluena.

Pajanan toluena pada pekerja berasosiasi dengan efek hematologis disebabkan karena adanya benzena sebagai kontaminan utama pada toluena. Tahti (1991) menyatakan bahwa tenaga kerja yang telah bertahun-tahun terpajan toluena dengan kadar benzena < 0,01% memperlihatkan penurunan jumlah leukosit dalam darah. Toluena yang diproduksi secara komersil dapat mengandung 15% benzena. Plappert (1994) menyatakan bahwa pajanan toluena disertai benzena yang terjadi secara berulang-ulang dalam jangka waktu lama dapat menimbulkan anemia dan kerusakan DNA dalam darah, sumsum tulang, dan sel hati.

Berdasarkan hasil survey awal pemeriksaan toluene di 4 lokasi di kilang Paraxylyene didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 1.1 :Kadar Toluena di udara lingkungan kerja kilang Paraxylyene

LOKASI	KADAR TOLUENE
A	0,062 ppm (<MRL (0,08 ppm))
B	0,254 ppm (> MRL)
C	0,068 ppm (<MRL)
39	0,104 ppm (>MRL)

Keterangan : MRL = Minimal Risk Level

Melihat dari hasil penelitian di atas diketahui bahwa di lokasi B dan lokasi 39 hasil pengukuran melebihi MRL. Dengan konsisi ini, diduga para pekerja Kilang Paraxylyena sejak tahun 1990 telah terpapar dengan toluena dalam jangka waktu yang lama, ada kemungkinan mengalami gangguan kesehatan, oleh karena itu perlu dilakukan suatu penelitian untuk melihat hubungan antara paparan toluena pada pekerja Kilang Paraxylyena khususnya terhadap profil darah, yaitu

Tabel 1.2 : Profil Darah

PROFIL DARAH	KETERANGAN
Hb	Kadar Haemoglobin
Ht	Kadar Haematokrit
RBC	<i>Red Blood Count</i> , Jumlah sel darah merah.
WBC	<i>White Blood Counts</i> , Jumlah sel darah putih.
PC	<i>Platelet Count</i> , Jumlah trombosit.
MCV	Volume Eritrosit rata – rata.
MCH	Haemoglobin Eritrosit Rata – rata.
MCHC	Konsentrasi Haemoglobin Eritrosit Rata – rata.
LED	Laju Endapan Darah.

Selain itu, belum ada penelitian yang terfokus pada pengaruh paparan toluena pada kadar rendah sebagai *co-exposure* benzena pada sektor industri penyulingan minyak bumi, terhadap profil darah pada tenaga kerja.

C. Rumusan Masalah

Dari uraian diatas dapat dirumuskan suatu permasalahan penelitian sebagai berikut : Apakah ada hubungan antara pajanan toluena dengan profil darah pekerja Kilang Paraxylena.

D. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Mengetahui hubungan antara pajanan toluena dengan profil darah pada pekerja Kilang Paraxylena.

2. Tujuan Khusus

a. Mengukur kadar toluena di udara lingkungan kerja kilang paraxylena dengan menggunakan *Organic Vapour Monitor*.

b. Mengukur kadar Hb pekerja kilang paraxylena:

- c. Mengukur kadar Ht pekerja kilang paraxylena:
- d. Mengukur kadar Trombosit pekerja kilang paraxylena:
- e. Mengukur kadar MCV (*Mean Cospular Volume*) pekerja kilang paraxylena:
- f. Mengukur kadar MCH (*Mean Cospular Haemoglobin*) pekerja kilang paraxylena:
- g. Mengukur kadar MCHC (*Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat*) pekerja kilang paraxylena:
- h. Mengukur kadar Leukosit pekerja kilang paraxylena:
- i. Menganalisis hubungan Toluena udara lingkungan kerja dengan profil darah pekerja kilang paraxylena;

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa :

1. Pemberian informasi tentang hubungan antara pajanan toluena dengan profil darah pada pekerja Kilang Paraxylena.
2. Menambah informasi bagi kasanah ilmu pengetahuan tentang toluena khususnya hubungan antara pajanan toluena di lingkungan kerja terhadap profil darah
3. Bahan masukan kepada manajerial pengelola industri penyulingan minyak bumi untuk melakukan upaya pencegahan dan pengendalian terhadap deteksi dini penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh pajanan toluena.

4. Informasi kepada pekerja sektor industri penyulingan minyak bumi untuk mengetahui efek pajanan toluena secara akut maupun kronis, sehingga terdorong untuk lebih menegakkan disiplin dalam pemakaian alat pelindung diri dan lebih memperhatikan tanda-tanda bahaya oleh karena pemajanan toluena di lingkungan kerja.

E. Ruang Lingkup Penelitian

1. Lingkup keilmuan, mencakup bidang ilmu Kesehatan Lingkungan dengan memfokuskan pada Kesehatan Lingkungan Industri
2. Lingkup lokasi penelitian adalah Kilang Paraxylena pada industri penyulingan minyak bumi.
3. Lingkup materi penelitian ini adalah pajanan toluena di udara lingkungan kerja pada pekerja sektor industri penyulingan minyak bumi
4. Lingkup sasaran penelitian ini adalah Kilang Paraxylena industri penyulingan minyak bumi .
5. Lingkup waktu dilakukan penelitian ini adalah bulan Januari – Juni 2007.

F. Keaslian Penelitian

Sampai dengan saat ini belum ditemukan penelitian toluena terhadap kesehatan khususnya terhadap profil darah di Indonesia, adapun penelitian yang dilakukan di luar negeri adalah sebagai berikut :

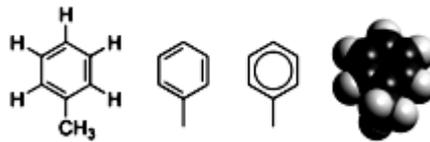
1. Richer et al (1993) meneliti efek sitogenetik dari paparan toluena dan benzena kadar rendah dalam darah manusia.¹
2. Vilai (2000) meneliti prevalensi intake toluena pada pekerja pabrik cat di Thailand.²

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Toluena

Nama lain toluena adalah methyl toluena, methyl benzol, phenyl methane, dan toluol; dengan rumus kimia $C_6H_5CH_3$ atau C_7H_8 dengan rumus bangun sebagai berikut :



Gambar 2.1. Rumus Kima $C_6H_5CH_3$ atau C_7H_8

Toluena adalah larutan jernih, tidak berwarna, bersifat volatil dengan bau aromatik menyerupai benzena, mudah terbakar dengan titik nyala $4^{\circ}C$; sehingga toluena merupakan zat pembakar berbahaya yang signifikan pada suhu kamar. Toluena dapat bercampur dengan mudah dengan banyak cairan organik, tapi sulit larut dalam air. Toluena kurang pekat dibanding air dan akan mengapung pada permukaan air. Toluena harus disimpan dalam ruangan dalam ruangan standar untuk cairan yang mudah terbakar atau dalam lemari yang terpisah dari materi pengoksidasi. Konversi 1 ppm toluena = $3,75 \text{ mg/m}^3$.

Kandungan toluena dalam bensin (digunakan untuk menaikkan angka oktan) berkisar antara 5-7 % berat. Toluena juga digunakan dalam produk rumah tangga antara lain sebagai aerosol, cat kuku, cat, penghilang karat, larutan pembersih dan lain-lain. Sumber emisi toluena di udara meliputi kendaraan bermotor, pesawat terbang, SPBU, perusahaan minyak, industri kimia, pengolahan karet, pabrik cat, percetakan dan rokok ².

Asap rokok diketahui signifikan meningkatkan kadar pajanan. Dengan asumsi inhalasi 80-100 μg toluena per satu batang rokok dan 50% absorpsi, menghisap rokok satu batang sehari berkontribusi pada peningkatan dosis terabsorpsi sebesar 1000 μg toluena/hari.

Pada tikus, nilai $LC_{50} = 33.176 \text{ mg/m}^3$ dan pada mencit $LC_{50} = 20.056 \text{ mg/m}^3$, sehingga toluena dikategorikan bahan kimia yang secara praktis tidak bersifat toksik.

1. Rute Eksposur

Penghirupan toluena diabsorpsi dari paru-paru, dan kebanyakan eksposur terhadap toluena muncul dari inhalasi. Bau toluena dapat diketahui pada konsentrasi 8 ppm, yang 25 kali lebih kecil dari *Permissible Exposure Limite (PEL)* dari *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)* OSHA PEL (200 ppm); sehingga bau toluena umumnya memberi peringatan yang cukup tentang konsentrasi bahaya secara akut. Uapnya lebih berat daripada udara dan dapat mengakibatkan asfiksia dalam tempat yang tertutup atau kurang ventilasi.

Anak-anak yang terpajan uap toluena dengan kadar yang sama dapat menerima dosis yang lebih besar karena mereka mempunyai permukaan paru-paru yang lebih besar: rasio berat badan dan volume menit bertambah: rasio berat. Dan juga, mereka dapat terpajan pada level yang lebih tinggi daripada orang dewasa dalam lokasi yang sama karena tubuh mereka lebih pendek dan lebih tinggi uap toluena yang ditemukan lebih dekat pada tanah.

2. Informasi Umum

Kontak uap toluena dengan kulit/mata hanya mengiritasi secara ringan pada membran mukosa, namun toluena cair yang terkena mata dapat mengakibatkan cedera pada kornea. Kulit yang berulang-ulang kontak

dengan toluena cair dapat merusak kulit, membuatnya pecah-pecah dan mengelupas. Absorpsi terjadi pelan-pelan melalui kulit, namun toluena yang terserap kulit dapat mengakibatkan luka bakar pada seluruh tubuh.

Anak-anak lebih rentan pada toksikan yang diserap melalui kulit karena area permukaan: rasio berat badan mereka relatif lebih besar.

- a. Penelanan akut: keracunan sistemik dapat terjadi karena penelanan toluena.
- b. Sumber/kegunaan: toluena merupakan bahan kimia yang paling banyak diproduksi di AS. Dihasilkan terutama dari penyulingan minyak mentah. Toluena merupakan pelarut yang baik untuk cat, pernis, thinner, dan bahan perekat. Digunakan secara luas dalam industri karet, bahan kimia, cat, bahan pewarna, percetakan, dan farmasi.

c. Standar dan panduan

Tabel 2.1 : Standar dan Panduan

Batas Pajanan	Sumber
TLV-TWA = 50 ppm (tidak karsinogen terhadap manusia)	ACGIH 1999
TWA = 100 ppm STEL = 150 ppm IDLH = 500 ppm	NIOSH 1999
TWA (8 jam) = 200 ppm Acceptable ceiling (15 menit) = 300 ppm STEL (10 menit) = 500 ppm	OSHA 1999
MRL inhalasi kronis = 0,08 ppm	ATSDR 2001

Keterangan :

PEL : *Permissible Exposure Limit*

OSHA : *Occupational Safety and Health Administration*

STEL : *Short Term Exposure Limit*

IDLH : *Immediately Dangerous to Life or Health*

TLV : *Threshold Limit Value*

MRL : *Minimum Risk Level*

ACGIH : *American Conference on Governmental Industrial Hygienists*

MRL (*Minimal Risk Level*) didefinisikan sebagai estimasi pajanan harian pada manusia terhadap bahan kimia yang dianggap tidak merugikan/non-karsinogenik selama durasi pajanan tertentu. MRL dapat dihitung bila ada data cukup untuk mengidentifikasi efek pada organ target atau efek kesehatan yang paling sensitif untuk durasi spesifik pada rute pajanan tertentu. MRL hanya berdasar pada efek kesehatan non-kanker saja dan tidak mempertimbangkan efek karsinogenik. MRL dapat dinyatakan dalam durasi pajanan akut, sedang, dan kronik dengan rute inhalasi.

Toluena mengiritasi kulit, mata, dan saluran pernafasan. Dapat menyebabkan keracunan sistemik melalui penelanan atau penghirupan dan diserap pelan-pelan melalui kulit. Cara yang paling umum biasanya melalui

penghirupan/inhalasi. Gejala keracunan toluena adalah efek *Central Nervous System* (CNS) seperti sakit kepala, pusing, ataksia, mengantuk, euphoria, halusinasi, gemetar, serangan jantung, dan koma, ventricular arrhythmias, pneumonitis kimia, depresi pernafasan, mual, muntah, dan ketidakseimbangan elektrolit.

Mekanisme dimana toluena menghasilkan keracunan sistemik tidak diketahui. Tidak ditemukan informasi yang mengatakan bahwa efek kesehatan toluena pada anak-anak berbeda dari orang dewasa. Toluena melewati placenta dan dapat dikeluarkan dalam air susu.

3. Efek kesehatan

- a. Eksposur akut: Mekanisme dimana toluena menghasilkan keracunan sistemik tidak diketahui. Keracunan CNS bisa karena kelarutan toluena dalam lemak dalam membran neuronal. Telah dikatakan bahwa toluena mengganggu fungsi normal dari protein neuronal. Juga telah dikatakan bahwa keracunan toluena bisa terjadi karena intermediasi metabolis. Keracunan CNS umumnya dapat dilihat dalam jangka waktu dekat setelah eksposur, namun efek pulmonari mungkin tidak muncul hingga 6 jam setelah eksposur. Tidak ditemukan informasi yang mengatakan bahwa efek kesehatan toluena pada anak-anak berbeda dari orang dewasa.

Anak-anak tidak selalu merespon bahan kimia dengan cara yang sama dengan orang dewasa. Cara penanganan yang berbeda mungkin diperlukan.

Kecemasan, kelelahan, dan insomnia dapat berlangsung selama beberapa hari. Tidak ada laporan tentang efek jangka panjang karena eksposur toluena akut.

- b. Eksposur kronis : eksposur kronis pada kurang dari 200 ppm toluena telah dihubungkan dengan sakit kepala, kelelahan dan mual. Pekerja yang terus menerus terekspos pada 200-500 ppm telah dilaporkan mengalami hilangnya konsentrasi, daya ingat dan menurunnya nafsu makan. Beberapa pekerja telah mengalami gangguan yang meningkat pada saraf optis setelah eksposur kronis di tempat kerja. Eksposur kronis karena penyalahgunaan pelarut toluena dapat berakibat pada efek neuropsikiatrik permanen. Gangguan otot, efek kardiovaskular, kerusakan renal tubular, dan kematian yang tiba-tiba juga dilaporkan terjadi pada penyalahguna

toluena kronis. Eksposur kronis bisa menjadi lebih serius pada anak-anak karena periode laten mereka lebih lama.

- c. Sifat karsinogenik : IARC (*International Agency for Research on Cancer*) telah mengatakan bahwa toluena **tidak diklasifikasikan sebagai penyebab kanker/karsinogenik** pada manusia. EPA telah mengatakan bahwa toluena tidak diklasifikasikan sebagai penyebab kanker pada manusia.
- d. Efek perkembangan dan reproduksi : toluena belum dikonfirmasi sebagai zat yang berbahaya bagi reproduksi manusia. Namun, toluena diketahui dapat melewati plasenta dan dikeluarkan melalui ASI. Penelitian pada hewan percobaan, toluena menunjukkan fototoksik, namun tidak teratogenik. *Shepards Catalog of Teratogenic Agents* melaporkan lima kasus anak-anak yang ibunya secara teratur menggunakan toluena selama kehamilan untuk bersenang-senang. Anak-anak ini dilahirkan dengan kepala kecil (*microcephaly*), disfungsi CNS, dan anomali minor pada kepala, wajah dan anggota badan. Beberapa dari ibu itu juga meminum alkohol selama kehamilan. Toluena dimasukkan dalam toksikan reproduksi dan perkembangan, laporan tahun 1991 oleh US General Accounting Office yang mendaftar 30 bahan kimia yang patut diperhatikan karena secara luas diketahui membawa konsekuensi pada reproduksi dan perkembangan.

4. CNS secara umum

Gejala keracunan CNS segera muncul setelah inhalasi toluena konsentrasi tinggi dan 30 – 60 menit setelah penelanan. Efek ringan CNS termasuk sakit kepala, pusing, pening, kebingungan, mual, penilaian yg tidak

benar, berjalan sempoyongan, pandangan kabur. Efek yang lebih parah termasuk kehilangan kesadaran, koma, dan kematian. Koma bisa dalam waktu yang lama, walaupun kebanyakan korban dengan cepat siuman setelah mereka dipindahkan dari eksposur.

5. Respiratory Akut

Eksposur terhadap uap toluena dapat mengiritasi membran mukosa dari saluran pernafasan. Dengan eksposur sangat besar, akumulasi jumlah cairan dalam paru-paru dan bisa terjadi tertahannya pernapasan. Aspirasi pulmonary dari vomitus racun atau toluena cair yang ditelan dapat menyebabkan pneumonitis bahan kimia.

Eksposur pada bahan kimia tertentu dapat mengakibatkan Sindrom disfungsi jalan udara reaktif (RADS), tipe asma yang disebabkan oleh bahan kimia atau iritan.

Anak-anak bisa lebih rentan karena penguapan yang meningkat secara relatif per kg dan kegagalan dalam evakuasi dari area segera ketika terekspos.

Pneumonitis hidrokarbon dapat menjadi masalah bagi anak-anak.

- a. Kardiovaskular : Toluena dalam dosis besar dapat menyebabkan abnormalitas jantung. Toluena dapat menurunkan kemampuan jantung pada efek dari epinephrine, secara potensial mengganggu ritme jantung. Ritme jantung yang tidak teratur berakibat berhentinya jantung, biasanya segera setelah aktivitas fisik yang berat.

Darah renal dan protein dalam urin dapat muncul setelah inhalasi dalam dosis besar. Efek-efek ini biasanya dapat disembuhkan jika pajanan dihentikan.

- b. Gangguan metabolisme: pajanan toluena dalam kadar tinggi bisa mengakibatkan ketidakseimbangan asam. Dalam penyalahgunaan bahan pelarut, gangguan elektrolit dan asam berakibat dalam renal tubular acidosis, kekurangan potasium, dan fosfat. Ethanol dan aspirin bisa memperpanjang setengah daya hidup toluena dalam tubuh. Karena angka metabolis mereka yang relatif lebih tinggi, anak-anak bisa lebih rentan terhadap toksikan yang mengganggu metabolisme dasar.
- c. Gangguan kulit: toluena cair dapat menyebabkan iritasi dan kehilangan lemak setelah kontak lama atau berulang-ulang dengan kulit. Kemerahan dan goresan bisa muncul. Karena area permukaan tubuh mereka relatif lebih besar : rasio berat badan, anak-anak lebih rentan pada toksikan yang diserap melalui kulit.
- d. Gangguan Hati (Hepatic) : kerusakan liver dilaporkan terjadi pada orang2 yang menyalahgunakan solvent.
- e. Gangguan Mata (Okular) : iritasi mata dari uap toluena dimulai dari konsentrasi sekitar 300 ppm. Inflamasi biasanya sedikit, ketika terkena mata, toluena dapat mengakibatkan rasa terbakar, blepharospasm, konjungtivitis, dan keratitis.
- f. Gangguan Pencernaan (Gastrointestinal) : jika tertelan, toluena dapat mengakibatkan iritasi perut, menyebabkan mual, muntah dan diare.
- g. Gangguan Syaraf (Potensi Sequelae) : Selama penyembuhan, orang yang terekspos bisa terus mengalami ataxia, level kesadaran yang rendah, pupil yang membesar dan kurang responsif, dan refleks otot tendon yang berkurang atau hilang.

6. Keracunan toluena – efek fisiologis

a. Efek Central Nervous System/CNS (Sistem saraf pusat)

Efek dasar dari eksposur toluena adalah depresi CNS

Toluena menyebabkan efek kerusakan pada liver, ginjal dan sistem saraf; sistem saraf sepertinya yang paling sensitif terhadap efeknya. Efek fisiologis toluena tergantung pada konsentrasi dan lamanya eksposur. Kebanyakan data mengenai efek toluena terhadap kesehatan manusia berasal dari penelitian tentang pekerja dengan eksposur kronis terhadap toluena atau dari penyalahgunaan solvent yang menghirup toluena dalam level tinggi untuk *self-intoxication* (peracunan diri). Namun, tidak diketahui penggunaan data ini terhadap eksposur level rendah dalam hal lingkungannya.

Tindakan anestesi toluena dapat berakibat pada depresi CNS cepat dan narkosis pada konsentrasi tinggi. Volatilisasi setelah penelanan dan dan hypoxia setelah aspirasi dapat berkontribusi pada keracunan CNS, dan ketidakmurnian aroma dalam produk komersil yg mengandung toluena dapat menambah efek neurotoksik.

Pada konsentrasi rendah, toluena menghasilkan gangguan dalam mekanisme *ganglia dopaminergic basal* dalam hewan eksperimen. Eksposur manusia pada 100 ppm toluena mengakibatkan keluhan substansial tentang kualitas udara yang buruk, temperatur yang naik dan penerimaan gangguan, iritasi yang meningkat pada hidung dan jalan udara yang lebih rendah, dan merasa teracuni. Pekerja yang terekspos secara kronis mempunyai skor tes kognitif yang lebih rendah dibanding yang tidak terekspos.

Beberapa penelitian telah meneliti tentang efek neuropsikiatrik dari eksposur akut gas toluena. Disfungsi integrasi serebellar dan CNS mendominasi. Selain itu, disfungsi saraf perifer telah dilaporkan, tapi neuropathies perifer kemungkinan karena ketidakhomogenitas komposisi, seperti n-hexane dalam toluena. Penyalahgunaan toluena jangka panjang berakibat pada gangguan neuropsikiatrik dan neurobehavioral, yang dalam banyak kasus, tapi tidak semuanya, mengalami kemunduran/kerusakan. Beberapa penyalahguna toluena kronis telah mengalami kerusakan CNS struktural. MRI dan *brainstem auditory* yang menampilkan evaluasi respons dari otak penyalahguna toluena kronis menunjukkan perubahan permanen dalam struktur otak yang berkorelasi dengan tingkat disfungsi otak. Hasil MRI memperlihatkan hilangnya kontras area abu-abu-putih, mendefinisikan supratentorial luka sinyal-tinggi area putih, dan sinyal rendah pada ganglia basal dan otak tengah pada otak penyalahguna toluena yang tidak sehat secara neurofisiologis.

b. Efek respiratori.

Toluena adalah iritan bagi saluran pernafasan.

Toluena pada awalnya bertindak sebagai iritan saluran pernafasan. Beberapa mekanisme mengawali dekompensasi pernafasan: penggantian udara alveolar oleh gas hidrokarbon, disfungsi perfusi-ventilasi yang disebabkan oleh bronchospasm, pembentukan membran hyaline, berairnya lapisan permukaan lemak. Bila kadar eksposur meningkat, depresi pernafasan yang berakibat pada kematian dapat terjadi. Aspirasi pulmonary dari kandungan lambung yang dapat muncul selama ketidaksadaran dapat berakibat pada pneumonitis kimia.

c. Efek cardiac

Dysrhythmias cardiac dianggap sebagai penyebab kematian utama setelah penyalahgunaan toluena.

Toluena terlihat menurunkan ambang batas kerentanan myocardial terhadap efek dysrhythmogenic dari catecholamines. Kematian tiba-tiba para penyalahguna solvent volatile sering diawali dengan aktivitas fisik berat dan dipercaya akibat dari dysrhythmias cardiac nonperfusing. Dalam kasus keracunan parah, dysrhythmias cardiac juga dapat muncul setelah hypoxia dan acidosis yang disebabkan oleh kurangnya ventilasi karena CNS.

d. Efek hematopoietic

Toluena tidak menyebabkan dyscrasias darah yang berhubungan dengan eksposur toluena.

Toluena tidak menyebabkan efek hematopoietic yang berhubungan dengan eksposur toluena kronis. Penelitian awal mengatakan bahwa efek seperti itu ditunjukkan dengan peningkatan toluena dalam darah.

Pajanan toluena pada pekerja berasosiasi dengan efek hematologis lebih disebabkan karena adanya benzena sebagai kontaminan utama pada toluena. Tahti (1991) menyatakan bahwa tenaga kerja yang telah bertahun-tahun terpajan toluena dengan kadar benzena $< 0,01\%$ memperlihatkan penurunan jumlah leukosit dalam darah.

e. Efek yang lain

Acidosis metabolis dapat muncul pada orang yang menyalahgunakan solvent volatile organik, termasuk toluena.

Acidosis metabolis, hypokalemia, hematuria, proteinuria, acidosis distal renal-tubular, dan pyuria dilaporkan muncul pada penyalahgunaan solvent volatile kronis, walaupun efek ini dapat disembuhkan. Akumulasi asam hipurik dan bahan asam organik lain dari produk toluena dianggap bertanggungjawab terhadap acidosis metabolis perbedaan jumlah anion yang meningkat yang muncul pada penyalahgunaan toluena. Konsentrasi protein dalam urine yang meningkat dihubungkan dengan eksposur toluena dalam cara ketergantungan dosis, yang mengatakan bahwa efek renal-tubular bisa muncul pada para pengguna. Keracunan hepato/hepatotoxicity dilaporkan muncul pada penghirup lem, namun penelitian dalam pekerja yang ter-ekspos secara kronis tidak menunjukkan atau hanya sedikit kerusakan hepatis.

Peranan toluena dalam keracunan perkembangan belum dipastikan toluena telah memberi dampak pada efek perkembangan buruk yang telah muncul pada keturunan penyalahguna toluena kronis. Anak-anak yang terekspos pada penyalahgunaan solvent dosis tinggi dalam rahim selama kehamilan telah menunjukkan adanya mikrocephaly (pengecilan kepala), disfungsi CNS, kurang perhatian dan hiperaktif, keterlambatan perkembangan, anomali wajah minor dan anggota tubuh, dan kekurangan pertumbuhan yang bermacam-macam. Neonatal acidosis parah juga telah diteliti, mungkin setelah acidosis renal-tubular maternal. Namun, laporan kasus ini harus diperhatikan dengan hati-hati karena kebanyakan hasil sampai saat ini telah dikacaukan oleh kemungkinan eksposur terhadap alkohol atau solvent organik lainnya selama kehamilan. Selain itu,

kecilnya jumlah orang yang terekspos dan kurangnya data eksposur yang tepat membatasi kesimpulan yang dapat ditarik.

Walaupun penelitian epidemiologis tentang pekerja yang terekspos pada banyak solvent organik ditemukan lebih besar risiko kematiannya dari bermacam-macam kanker daripada populasi umum yang tidak terekspos, tidak ada bukti yang menunjukkan bahwa toluena sendiri menyebabkan kanker. Penelitian pada hewan tidak mengatakan bahwa toluena bersifat karsinogenik.

Dalam konsentrasi tinggi, menyebabkan iritasi pada mata, kulit, dan selaput lendir. Paparan di kulit secara langsung dapat menghilangkan lemak kulit, mengakibatkan kekeringan, pecah-pecah, dan infeksi sekunder. Beberapa kasus kontak urticaria telah digambarkan setelah eksposur pada pekerjaan pada campuran solvent yang mengandung toluena, tapi tidak jelas apakah toluena yg menjadi agen/bahan yang bertanggung jawab.

B. Toksikokinetik

Toluena (occupational medicine, third edition)

Rute utama adalah melalui paru-paru. Absorpsi melalui kontak kulit adalah minimal. Kira-kira 50% dari toluena yang tetap berada dalam tubuh setelah penghirupan adalah gas/uapnya. Jumlah toluena dalam darah menjadi berlipat ganda selama melakukan aktivitas fisik dibanding pada saat istirahat.

Metabolisme toluena termasuk hidroksilasi dari kelompok methyl diikuti oleh oksidasi asam benzoat. Kemudian dikonjugasi oleh glycine menjadi asam hipurat, yang merupakan metabolit uriner. Kurang lebih 80% toluena yang

terhirup dapat ditemukan dalam bentuk *hipuric-acid*, dan sisa toluena yang dikeluarkan tidak berubah. Sebagian besar toluena mengalami reaksi biotransformasi dalam 12 jam setelah inhalasi. Keracunan toluena dapat mengakibatkan konjungtivitis dan keratitis dalam kontak langsung dengan mata. Kerusakan ini bersifat reversibel. Gas toluena dapat menyebabkan iritasi pada mata dan saluran pernafasan. Efek dominan toluena adalah pada CNS. Eksposur yang tinggi dan akut dapat berakibat pada depresi CNS, sakit kepala, pusing, mabuk, kegembiraan, mengigau, lesu, mengantuk, hilangnya konsentrasi dan mual. Pada level eksposur lebih tinggi daripada 200 ppm, efek terlihat lebih jelas; yaitu bingung, iritasi kulit, dilatasi pupil, hilangnya akomodasi cahaya, dan insomnia bisa terjadi. Pada konsentrasi yang sangat tinggi, pingsan, koma, dan kematian bisa terjadi. Gangguan fungsi fisiologis telah diobservasi setelah eksposur dalam pekerjaan dan dalam eksperimen.

Toluena dapat digunakan untuk “sniffing” (menghirup). Dalam penyalahgunaan yang lama, telah dicatat adanya difusi encephalopathy dengan EEG dan cerebral abnormal, dan juga cerebellar, atrophy. Individu yang menghirup atau menghisap zat yang mengandung toluena telah mengalami efek hepatotoxic dan nephrotoxic. Beberapa memperlihatkan acidosis hyperchloremic, hypokalemia, dan hypocarbonatemia. Para penyalahguna toluena memiliki risiko “kematian tiba-tiba karena penghirupan” karena cardiac arrhythmias sekunder pada sensitisasi dari myocardium pada catecholamines endogen. Hubungan efek dosis diperlihatkan pada tabel 50-1.

Efek dari eksposur toluena kronis, yang dilaporkan dalam banyak penelitian pada tenaga kerja, biasanya terdiri dari depresi CNS, yang dimanifestasikan oleh gejala seperti letih, mengantuk, kebingungan, dan kurang

konsentrasi. Laporan lain menyebutkan adanya sakit kepala, lesu, dan hilangnya nafsu makan. Laporan Von Oettingen hanya mendeskripsikan eksposur dari toluena murni yang terdokumentasi. Penelitiannya terhadap 3 (tiga) subjek manusia menemukan bahwa sebuah eksposur 8 jam pada 20 ppm menghasilkan keletihan ringan, lemah otot, kehilangan konsentrasi, dilasi pupil sedang, dan paresthesis kulit. Konsentrasi kurang dari 200 ppm tidak menghasilkan efek yang substansial, sedangkan pada level di atasnya menghasilkan efek buruk yang meningkat. Hasil-hasil ini, yang didukung oleh Wilson, meng-koroborasi pernyataan bahwa konsentrasi gas toluena tidak boleh melebihi 200 ppm. Greenburg et al mengatakan bahwa keracunan ringan, termasuk pembesaran liver, macrocytosis, depresi erythrocyte, dan peningkatan level hemoglobin dan level MCV setelah eksposur pada konsentrasi antara 100 dan 1100 ppm. Penyelidik menyimpulkan bahwa keracunan toluena kronis awal pada manusia dibuktikan dengan adanya hepatomegaly dan macrocytosis.

Penelitian tentang perubahan kromosom dalam lymphocytes perifer al diantara pekerja yang terkena toluena ternyata berlawanan. Funes-Cravioto, Bauchinger, dan Schmid melaporkan tentang aberasi kromosomal yang meningkat, pertukaran chromatid bersaudara, atau kesenjangan setelah eksposur pada level antara 10 – 300 ppm dalam pekerja rotogravure.

Eksposur toluena menginduksi aberasi kromosomal pada tikus dan micronuclei pada tikus setelah penghirupan. Toluena kelihatannya tidak menginduksi kerusakan DNA dalam tes bakterial dan tidak dapat diklasifikasikan sebagai karsinogenik karena kurangnya penelitian tentang binatang.

1. Dampak Terhadap Manusia

Pemajanan toluena berdampak negatif pada manusia, baik akut maupun kronis dalam jangka pendek maupun jangka panjang, disamping itu kadar toluena yang masuk pada tubuh manusia sangat berpengaruh pada dampak tersebut. Menurut Andersen dkk (1983), terjadi penurunan REL akut berupa reaksi yang menurun, gejala sakit kepala, pusing perasaan terkena racun (efek depresi), gangguan mata dan iritasi saluran pernafasan setelah terkontaminasi toluena selama 6 jam *Low Observed Adverse Effect Level (LOAEL)* pada 100 ppm dan *No Observed Adverse Effect Level (NOAEL)* pada 40 ppm merupakan gejala akut. Sedangkan untuk efek kronis akan terjadi gangguan setelah 6-8 tahun, yaitu penurunan yang signifikan berupa gangguan pada sistem syaraf ¹¹.

Menguji efek kronis kontaminasi toluena pada penglihatan warna mengalami kerusakan signifikan pada pekerja yang kontak dengan toluena dibandingkan dengan kontrol ^{10,12,13}.

Penelitian pada 6 pengguna toluena kronis diuji menggunakan MRI yang diuji dengan bahan atrophy putih menunjukkan korelasi antara degenerasi bahan berwarna putih dengan derajat disfungsi syaraf namun tidak ditemukan bukti kerusakan tumor basal dan thalami ¹⁴.

Menurut WHO, efek akut dan kronis akibat toluena pada sistem syaraf pusat adalah efek yang paling diperhatikan, level terendah kontaminasi kronis toluena tampak dengan penurunan fungsi syaraf adalah 322 mm/m^3 (88 ppm) ¹⁵.

Dari penelitian toluena pada manusia dan binatang mengindikasikan bahwa toluena merupakan ototoxic pada level kontak tertentu, toluena mempunyai

efek minimal pada liver dan ginjal, kecuali pada kasus penggunaan bahan karet (toluena)¹⁶.

a. Dampak terhadap syaraf.

Hasil studi mengidentifikasi bahwa sistem syaraf pada hidung dan mata merupakan bagian yang paling teracuni oleh toluena, serta adanya hubungan antara dampak dan tingkat penggunaan toluena walaupun terdapat keterbatasan data untuk saluran pernapasan berdasarkan pada rendahnya efek aspek syaraf pada sukarelawan menunjukkan bahwa hingga 40 ppm toluena selama 6 jam⁶. Pada studi lain dari 43 subyek dan 43 kontrol dengan konsentrasi 100 ppm toluena selama 6,5 jam dalam ruangan terjadi peningkatan rasa kelelahan dan mengantuk serta iritasi saluran pernafasan, sakit kepala dan pusing serta penurunan konsentrasi⁷. Penelitian pada 42 siswa yang dibagi dalam 2 grup yang terkontaminasi 0,75 dan 150 ppm toluena selama 7 hari menyebabkan gangguan pada pengenalan pola simpangan tes 1 lubang dan pola memori⁸. Konsentrasi pada kisaran 50 – 150 ppm pada udara di tempat kerja menunjukkan bukti meningkatkan insiden gejala syaraf⁹.

b. Dampak pada pernafasan

Pada penelitian lain diketahui bahwa pada 16 orang laki-laki muda dan sehat yang tidak menggunakan secara teratur pembersih organik yang dibagi dalam 4 subyek berada di dalam ruangan selama 6 jam per hari dalam 4 hari berturut-turut ternyata setelah 1 jam menghirup udara di dalam ruangan dengan konterasi toluena yang ditingkatkan secara bertahap selama 30 menit sampai konsentrasi terpenuhi dalam sehari setelah diadakan pengukukuran terhadap performance, ketidak nyamanan

dan psikologis dalam 1,5 jam kemudian terdapat perubahan yang significant pada saluran pernafasan⁶

Pada penggunaan 100 ppm secara significant menyebabkan iritasi pada mata, hidung, sakit kepala, pusing, tetapi tidak pada tenggorokan, hal ini tidak terjadi pada konsentrasi kurang dari 100 ppm⁶.

c. Dampak pada mata

Penelitian menunjukkan adanya perubahan syaraf visual dan penurunan pengenalan warna juga terjadi pada pekerja dengan konsentrasi toluena pada kisaran 50 – 150 ppm¹⁰.

2. Pencegahan/pertolongan pertama untuk keracunan toluena :

- a. Pemeriksaan kesehatan baik sebelum bekerja maupun berkala dititikberatkan pada pemeriksaan CNS, hati, dan ginjal. Pemeriksaan air seni bermanfaat untuk memantau tingkat pemaparan pekerja terhadap toluena.
- b. Ventilasi tempat kerja yang memadai.
- c. APD berupa sarung tangan, sepatu bot dari karet sintetik, dan respirator.
- d. Bila kulit kontak dengan cairan toluena, lepaskan pakaian kerja yang terkontaminasi dan kulit segera dicuci dengan sabun dan air.
- e. Tidak merokok di tempat kerja.
- f. Bila mengenai mata, cucilah mata dengan sabun dan air.
- g. Berilah oksigen dan pernafasan buatan bila diperlukan.

C. Profil Darah

1. Pengertian

Darah adalah kendaraan atau medium untuk transportasi massal jarak jauh berbagai bahan antara sel dan lingkungan eksternal atau antara sel-sel itu sendiri. Transportasi semacam itu penting untuk memelihara homeostatis. Darah terdiri dari cairan kompleks, yaitu plasma tempat unsur-unsur sel-eritrosit, leukosit, dan trombosit-terbenam di dalamnya.²

Eritrosit (Sel Darah Merah) atau SDM pada dasarnya adalah suatu kantung hemoglobin yang terbungkus membran plasma yang mengangkut O₂ dan CO₂ (dalam tingkat yang lebih rendah) di dalam darah. Leukosit (sel darah putih) atau SDP, unit-unit pertahanan sistem imun yang mobil, diangkut dalam darah ke tempat-tempat cedera atau invansi mikroorganisme penyebab penyakit.²

Karena darah sangat penting, harus terdapat mekanisme yang dapat memperkecil kehilangan darah apabila terjadi kerusakan pembuluh darah. Trombosit (keping darah) penting dalam homeostatis, penghentian pendarahan dari suatu pembuluh yang cedera.²

Darah membentuk sekitar 8% dari berat tubuh total dan memiliki volume rata-rata 5 liter pada 5,5 liter pada pria. Darah terdiri dari tiga jenis unsur sel khusus, eritrosit, leukosit, dan trombosit, yang terendam dalam cairan kompleks plasma. Pergerakan konstan darah sewaktu mengalir melalui pembuluh darah menyebabkan unsur-unsur sel tersebar relatif merata di dalam plasma. Namun, apabila suatu sampel darah utuh ditaruh dalam sebuah tabung reaksi dan diberi zat untuk mencegah pembekuan, unsur-unsur sel yang lebih berat akan secara perlahan mengendap di dasar dan plasma yang

lebih ringan naik ke bagian atas. Proses ini dipercepat oleh pemusingan (sentrifugasi), yang dengan cepat menyebabkan sel-sel mengendap di dasar tabung. Karena lebih dari 99% sel adalah eritrosit, hematokrit, atau packed cell volume, pada dasarnya mewakili persentase volume darah total yang ditempati oleh eritrosit. Plasma membentuk volume sisanya. Hematokrit pada wanita rata-rata adalah 42% dan untuk pria sedikit lebih tinggi yaitu 48%, sedangkan volume rata-rata yang ditempati oleh plasma pada wanita rata-rata adalah 58%, pada pria adalah 55%. Sel darah putih dan trombosit, yang tidak berwarna dan kurang padat dibandingkan dengan eritrosit, mengendap membentuk sebuah lapisan tipis berwarna krem, "buffy coat" di atas kolom sel darah merah. Lapisan ini menempati kurang dari 1% volume darah total. Pertama-tama kita akan membahas sifat-sifat bagian darah terbesar, plasma, sebelum mengalihkan perhatian kita pada unsur-unsur sel. ²

2. Darah

Darah merupakan bagian tubuh yang jumlahnya 6 – 8 % berat badan total. Pada pria persentase ini sedikit lebih besar daripada wanita. Empat puluh lima sampai 60 % darah terdiri atas sel-sel darah, terutama eritrosit. Leukosit dan trombosit, walaupun secara fungsional sangat esensial, hanya merupakan sebagian kecil saja dari darah. Fungsi utama darah adalah sebagai media transportasi, memelihara suhu dan keseimbangan cairan, asam dan basa. Eritrosit selama hidupnya tetap berada dalam darah. Sel-sel ini secara efektif mampu mengangkut oksigen tanpa meninggalkan pembuluh darah serta cabang-cabangnya. Sebaliknya leukosit melaksanakan fungsinya di dalam jaringan, demikian pula trombosit yang melakukan fungsinya pada

dinding pembuluh darah. Baik leukosit maupun trombosit yang beredar tidak mempunyai fungsi khusus.

Darah adalah jaringan cair yang terdiri atas dua bagian. Bahan interseluler adalah cairan yang disebut plasma dan didalamnya terdapat unsur – unsur padat, yaitu sel darah. Sel darah terdiri atas tiga jenis yaitu eritrosit atau sel darah merah, leukosit atau sel darah putih dan trombosit atau butir pembeku.

Sel darah putih rupanya bening dan tidak berwarna, bentuknya lebih besar dari sel darah merah, tetapi jumlahnya lebih kecil. Dalam setiap milimeter kubik terdapat 6000 sampai 10000 (rata – rata 8000) sel darah putih.

Lima jenis sel darah putih yang sudah diidentifikasi dalam darah perifer adalah netrofil, eosinofil, basofil, monosit, limfosit, netrofil, eosinofil dan basofil juga dinamakan granulosit, sedangkan monosit dan limfosit dinamakan agranulosit.

Beberapa sel darah putih dibentuk dalam sumsum tulang khususnya granulosit (netrofil, eosinofil dan basofil) serta disimpan dalam sumsum tulang sampai sel tersebut dibutuhkan. Sebaliknya non granulosit (limfosit dan monosit) dihasilkan di berbagai organ limfogen termasuk kelenjar limfe, timus dan berbagai sisa limfoid yang terletak dalam usus dan sumsum tulang. Bahan yang diperlukan untuk pembentukan sel darah putih umumnya memerlukan vitamin dan asam amino (asam folat dan vitamin B kompleks).

a. Agranulosit

Agranulosit adalah sel leukosit yang tidak mempunyai granula di dalamnya yang terdiri dari :

1) Limfosit

Limfosit adalah leukosit mononuclear dalam darah perifer. Sel ini memiliki inti bulat atau oval yang dikelilingi oleh pinggiran sitoplasma sempit berwarna biru yang mengandung sedikit granula.

Limfosit sebagian besar membentuk sarang di dalam kelenjar limfe, limpa, selaput lendir saluran cerna dan tersebar didalam sumsum tulang, hati, kulit dan jaringan radang kronik ditempat manapun diseluruh tubuh.

Limfosit terdiri dari dua jenis :

a) Limfosit T, dibentuk dalam timus dan merupakan sel yang bertanggung jawab terhadap berlangsungnya imunitas selular dan respons imunologik.

Limfosit T berumur beberapa bulan sampai beberapa tahun dan hampir selalu ada dalam sirkulasi.

Limfosit T berperan untuk imunitas yang diperantarai sel (misalnya melawan organisme intraseluler termasuk banyak bakteri, virus, protozoa dan jamur juga melawan organ yang dicangkokkan).

Populasi utama yang beredar (80 % limfosit darah, normal).

Ditemukan pada daerah folikuler kortek bagian dalam limfa nodus, pada jaringan periarteriolar limpa dan dalam timus. Banyak sel yang berumur panjang tetapi juga sel berumur pendek, antigen membran yang spesifik T. Berwarna merah.

b) Limfosit B, sel ini dapat berubah menjadi sel yang memproduksi antibodi. Sebagian besar tetap berada di dalam dan di sekitar

folikel – folikel kelenjar limfe. Sel ini berumur beberapa minggu beberapa bulan.

Limfosit B berperan untuk imunitasi humoral (misalnya melawan bakteri pyogenik yang berkapsul), kebanyakan terikat dan tidak bergerak (hanya 20 % limfosit darah normal), ditemukan dalam pusat germinal limfa nodus, limpa, pengelompokan limfoid saluran pencemaran dan pernafasan, juga dalam daerah kortikal superficial (subkapuler) dan “medullary cords” limfo nodus, mayoritas berumur pendek, misalnya sel plasma 2-3 hari tetapi juga mencakup sel berumur panjang, memiliki imunoglobulin permukaan.

Sekitar 75-80 % limfosit terdapat dalam sirkulasi pada orang dewasa sehat adalah limfosit T, 10 – 15 % adalah limfosit B. Limfosit beredar secara ekstensif sehingga terjadilah pertukaran secara terus – menerus antara limfosit yang ada dalam jaringan, cairan limfe dan sirkulasi darah.

Limfositosis sering terjadi pada bayi dan anak kecil sebagai respon terhadap infeksi yang menghasilkan reaksi neutrofil pada orang dewasa. Keadaan khusus yang disertai limfositosis diantaranya adalah infeksi (akut maupun kronis), tirotoksikosis, leukomia limfositik kronis (dan beberapa limfoma).

Limfopenia tidak umum, tetapi dapat terjadi pada kegagalan sumsum tulang berat, dengan terapi kortikosteroid dan imunosupresif lain, pada penyakit Hogkin dan dengan penyinaran luas.

2) Monosit

Monosit merupakan 5-8 % dari jumlah leukosit dalam darah tetapi yang ada dalam sirkulasi hanya merupakan sebagian kecil saja dari seluruh cadangan sel ini. Monosit berasal dari sel induk yang sama dengan sel induk granulosit. Sel ini mengalami maturasi di dalam sumsum tulang, beredar sebentar kemudian masuk ke dalam jaringan dan media makrofag.

Ciri monosit adalah sel berukuran besar (16-20 μ m) kromatin inti jelas, inti memanjang berlekuk atau terlipat dan sitoplasmanya banyak, berwarna biru keabu-abuan dan tembus pandang. Umur monosit adalah beberapa minggu sampai beberapa bulan. Monosit memiliki fungsi fagosit, membuang sel – sel cedera atau mati, fragmen – fragmen sel dan mikroorganisme.

Monositosis adalah kenaikan hitung monosit darah di atas $0,8 \times 10^9/L$. Keadaan ini mungkin terjadi karena infeksi bakteri kronis, penyakit protozia, neutropenia kronis, penyakit Hodgkin serta leukimia mielomastik dan monostik.

b. Granulosit.

Granulosit adalah sel yang sitoplasmanya mengandung granula dengan bermacam-macam komposisi kimia dan enzim. Granulosit mempunyai ukuran diameter berkisar dari 10 – 14 μ meter. Granulosit terdiri dari neutrofil, eosinofil dan basofil.

1) Neutrofil

Neutrofil disebut juga leukosit palimorfonuklear (PMN). Neutrofil adalah sel yang bergerak aktif dan dalam waktu singkat dapat berkumpul dalam jumlah banyak di tempat jaringan yang rusak. Sel ini

berdiameter 12-15 μ meter, memiliki inti yang khas padat terdiri atas sitoplasma pucat di antara 2 dan 5 lobus dengan rangka tidak teratur dan banyak mengandung granula merah jambu (azurophilik) atau merah lembayung.

Sumsum tulang memiliki tempat penyimpanan cadangan yang tetap. Kapasitasnya sekitar 10 kali jumlah neutrofil yang dihasilkan setiap hari.

Leukositosis neutrofil merupakan peningkatan neutrofil yang beredar sampai kadar lebih besar daripada $7,5 \times 10^9/L$ adalah salah satu perubahan hitung yang tersaring diamati.

Leukositosis neutrofil sering disertai demam karena pembebasan pirogen leukosit. Penyebab leukositosis neutrofil diantaranya karena infeksi bakteri (terutama bakteri pyogenik, setempat atau generalisata). Peradangan dan nekrosis jaringan (misalnya miositis, vaskulitis, infark miokard, trauma), penyakit metabolik (misalnya uraemia, eklampsia, limfoma, melanoma). Pendarahan atau haemolisis, akut, terapi kortikosteroid dan penyakit mieloproliferatif (misalnya leukimia granulositik kronis, polisitemia vera, mieloklorosis).

Neutropenia menyatakan penurunan jumlah absolut neutrofil. Peranan neutrofil adalah untuk pertahanan hospes, maka jumlah neutrofil absolut yang kurang dari $1000/mm^3$ mempengaruhi individu terhadap infeksi. Jumlah di bawah $500/mm^3$ merupakan predisposisi terhadap infeksi ang mengancam kehidupan yang sangat berbahaya. Neutropenia dapat diakibatkan oleh pembentukan neutrofil yang tidak efektif dan gangguan pembentukan neutrofil.

2) Eosinofil

Eosinofil adalah granulosit dengan inti yang terbagi 2 lobus dan sitoplasma bergranula kasar, berwarna merah tua oleh zat warna yang bereaksi asam yaitu eosin.

Dalam keadaan normal, eosinofil ini merupakan 2-3 % dari seluruh jumlah sel darah putih yang terdapat dalam darah. Sel ionofil mempunyai daya fagositosis yang lemah.

Eosinofil mengandung berbagai enzim yang menghambat mediator inflamasi akut. Eosinofil dianggap dapat mendetoksifikasi yang dapat menyebabkan radang yang dilepaskan oleh sel mast dan sel basofil dan mungkin juga oleh jaringan – jaringan yang rusak, jadi mencegah penyebaran proses radang lokal.

Eosinofilia adalah peningkatan eosinofil darah di atas rata – rata, dapat terjadi pada penyakit alergi, penyakit parasit, pemulihan dari infeksi akut, penyakit kulit tertentu, eosinofilia pulmoner dan sindroma hipereosinofilik, sensitivitas terhadap obat , poliarteritis nodosa, penyakit hodgkin dan beberapa tumor lain serta leukimia eosinofilik (jarang).

3) Basofil

Basofil merupakan jenis leukosit darah yang jumlahnya paling sedikit

c. Fungsi Leukosit

1) Fungsi Defensif

Fungsi defensif adalah fungsi mempertahankan tubuh terhadap benda-benda asing termasuk kuman – kuman penyebab penyakit infeksi. Leukosit yang berperan dalam hal ini adalah : Monosit, yang memakan benda – benda asing berukuran besar (makrofag). Neurofil yang memakan benda – benda sing berukuran kecil (mikrofag). Limfosit, yang membentuk antibodi dan sel plasma.

2) Fungsi Reparatif

Fungsi reparatif adalah memperbaiki atau mencegah terjadinya kerusakan, terutama kerusakan vaskuler. Jenis leukosit yang berperan dalam hal ini adalah basofil sebagai heparin. Heparin dapat mencegah terbentuknya trombus-trombus pada darah.

d. Kelainan Leukosit

Gangguan sel darah putih dapat mengenai setiap lapisan sel atau semua lapisan sel dan biasanya berkaitan dengan gangguan pembentukan atau penghancuran dini.

1) Leukositosis

Leukositosis menyatakan peningkatan jumlah leukosit yang umumnya melebihi $10.000/\text{mm}^3$. Leukositosis dapat terjadi karena masing–masing komponen leukosit meningkat atau hanya sebagian yang meningkat. Granullositosis menyatakan peningkatan jumlah netrofil, jadi lebih tepat disebut netrofilia. Leukosit meningkat karena adanya reaksi fisiologis untuk melindungi tubuh dari mikroorganisme

(infeksi). Bila infeksi mereda neutrofil berkurang dan monosit meningkat (monositosis). Pada resolusi progresif monosit menurun terjadi limfositosis (peningkatan jumlah limfosit) dan eosinofilia (peningkatan jumlah eosinofil). Penyebab leukositosis antara lain : infeksi, toksik, keganasan (paru – paru, ginjal, payudara), kerja fisik terlalu berat dan penyuntikan epinefrin serta gangguan mieloproliferatif (neutrofilia).

Monositosis dapat disebabkan karena penyakit infeksi, penyakit granuloma kronik (TBC dan sarkoidosis), sedangkan limfositosis disebabkan karena hepatitis infeksiosa, toksoplasmosis, campak, parotitis, kepekaan obat limfoma malignum. Tanda lain pada limfositosis dapat diketahui keadaan penyertanya yaitu pembesaran hati, limpa dan kelenjar yang merupakan tempat pembentkan limfosit.

2) Leukopeni

Leukopeni menyatakan berkurangnya jumlah leukosit yang menurun sampai di bawah $5.000/\text{mm}^3$ atau kurang. Leukopeni terjadi karena adanya penurunan masing – masing komponen atau sebagian komponen leukosit antara lain netropenia, agranulositosis dan limfositosis.

Leukopenia atau jumlah kurang dari $5.000/\text{mm}^3$ dapat disebabkan oleh beberapa keadaan antara lain adalah :

a) Penyakit

Penyakit tifoid atau malaria dapat menurunkan jumlah leukosit serta adanya infeksi virus dan penyakit keganasan.

b) Bahan Kimia dan Fisika

Bahan kimia dan fisika yang dapat berpengaruh terhadap penurunan jumlah leukosit antara lain zat – zat penekanan sumsum tulang (Pb), radiasi sinar – X, obat sitostatika (siklofosfamida), obat analgetik (antibiotik, antihistamin), benzene, zat – zat toksik.

c) Hipersplenisme

Adalah berkurangnya jumlah eritrosit, granulosit atau platelet yang disebabkan karena sel-sel rusak atau tua secara berlebihan, dengan jumlah meningkat dalam splien yang membesar.

d) Kelainan Lain

Adanya penyakit kolagen vaskuler, anemia hipoplastik atau aplastik.

e) Status Gizi.

Asupan gizi yang kurang terutama asam folat dan vitamin B₁₂ sangat berpengaruh terhadap produksi sel darah putih. Gizi kurang tidak hanya disebabkan karena tidak terpenuhinya tingkat kecukupan pangan tetapi juga oleh zat gizi yang dikonsumsi.

e. Trombosit

Trombosit adalah sel darah yang berukuran sepertiga dari ukuran sel darah merah, terdapat 300.000 trombosit dalam setiap milimeter kubik darah peranannya penting dalam penggumpalan darah.

1. Fungsi Trombosit

Trombosit adalah sel kecil kira – kira sepertiga ukuran sel darah merah. Terdapat 300.000 trombosit dalam setiap milimeter kubik darah. Perannya penting dalam penggumpalan darah.

Penggumpalan sumbat trombosit terjadi melalui beberapa tahap yaitu adesi trombosit, agregasi trombosit dan reaksi pelepasan. Apabila pembuluh darah luka, maka sel endotel akan rusak sehingga jaringan ikat di bawah endotel akan terbuka. Hal ini akan mencetuskan adesi trombosit yaitu suatu proses dimana trombosit melekat pada permukaan asing terutama serat kolagen. Trombosit juga akan melekat pada trombosit lain dan proses ini disebut sebagai trombosit. Selama proses agresi, terjadi perubahan bentuk cakram menjadi bulat disertai pembentukan pseudopodi. Akibat perubahan bentuk ini maka granula trombosit akan terkumpul di tengah dan akhirnya akan melepaskan isinya.

Masa agregasi trombosit akan melekat pada endotel, sehingga akan membentuk sumbat trombosit yang dapat menutup luka pada pembuluh darah. Tahap terakhir untuk menghentikan perdarahan adalah pembentukan sumbat trombosit yang stabil melalui pembentukan fibrin. Jumlah trombosit darah normal dalam setiap milimeter kubik darah adalah 140.000 – 400.000 dan rata berkisar 350.000.

2. Eritrosit

Sel eritroid yang paling awal dapat dikenal dalam sumsum tulang adalah pronormoblas yang ada pada pewarnaan biasa

Romanowsky merupakan sel besar dengan sitoplasma biru tua, nukleus di tengah dengan nukleoli dan kromatin yang sedikit mengelompok. Dengan sejumlah pembelahan sel, ini menjadi sederet normoblas yang makin bertambah kecil. Pronormoblas juga berisi haemoglobin lebih banyak dalam sitoplasma. Sitoplasma berwarna biru pucat karena kehilangan alat sintesis RNA dan proteinnya, sementara kromatin inti menjadi lebih padat. Nukleus akhirnya dikeluarkan dari normoblas tua di dalam sumsum tulang dan terjadilah stadium retikulosit yang masih mengandung sebagian ribosomal RNA dan masih sanggup mensintesis haemoglobin.

f. Jumlah normal Haemoglobin dan sel darah normal

Tabel no. 2.2. Jumlah Haemoglobin Normal

Kriteria	Kadar Hb (g/d)
Anak umur 6 bln – 6 th	11 – 14,5
6 th – 14 th	12 – 13,5
Pria Dewasa	13 – 17
Wanita hamil	11 – 14
Wanita dewasa	12 - 15,5

Sumber : Widman F.K, Tinjauan Klinis atas Hasil Pemeriksaan Laboratorium, Edisi IX, ECG, akarta, 1995.

Tabel no.2.3. Nilai Sel Darah Normal

Pengukuran	Pria	Nilai	Wanita
Hitung eritrosit Juta sel/mm ³	4,7 – 6,1		4,2 – 5,2
Haemoglobin, g/100 ml	13,4 – 17,6		12,0 – 15,4
Hematokrit, vol %	42 – 53		46
MCV, μ m ³ /eritrosit		81-96	
MCHC, g/100 ml		30-36	
Eritrosit			
MCH. Pg/eritrosit		27-31	

Jumlah leukosit total	4000-10000
Sel – mm ³	
Granulosit	
PMN, %	
Eosinofil, %	38-70
Basofil, %	1-5
Monosit, %	0-2
Limfosit, %	1-8
Trombosit, sel/mm ³	15-45
Hitung retikulosit, % †	150000 – 400000
	1 - 2

Sumber : Ehlers dan Steel, 1969 dalam Sumirat J.S. 200

3. Pengaturan hematopoesis

Semua sel darah berasal dari sel induk pluripotensial yang kemudian berdiferensiasi menjadi :

- a. sel induk limfoid yang membentuk sel seri limfosit dan sel plasma ;
- b. Sel induk multi potensial mieloid (nonlimfoid) yang selanjutnya berkembang menjadi berbagai jenis sel hematopoetik yang lain.

Pada orang dewasa, sel-sel darah kecuali limfosit, dibentuk di dalam sumsum tulang pipih, misalnya tulang dada, iga panggul, belikat, tengkorak dan tulang belakang serta bagian proksimal tulang paha dan lengan atas. Pada janin, jaringan mesoderm di bagian lain tubuh juga membentuk sel-sel darah secara aktif, sedangkan pada bayi baru lahir, hati limpa dan sumsum hampir semua tulang merupakan tempat hematopoesis yang aktif. Jaringan retikuloendotelial pada orang dewasa tetap memiliki kemampuan membentuk sel darah walaupun pada keadaan sehat jaringan ini tidak aktif. Pada keadaan-keadaan tertentu dimana diperlukan lebih banyak sel darah, misalnya anemia pernisiiosa, talasemia, sferositosis hereditas, dan lain-lain barulah jaringan ini secara aktif membentuk sel darah.

Dalam keadaan normal produksi dan degradasi sel-sel darah selalu berada dalam keseimbangan yang diatur oleh suatu mekanisme tertentu.

a. Eritropoesis

Eritrosit berasal dari sel induk pluripotensial yang kemudian melalui sel induk mieloid multipotensial membentuk sel eritroid pelopor. Eritrosit dibentuk melalui suatu proses pematangan yang terdiri atas beberapa tahap, yaitu pembelahan dan perubahan-perubahan morfologi sel-sel berinti mulai dari rubliblast, prorubrisit, rubrisit sampai metarubrisit, disusul kemudian oleh pembentukan eritrosit polikrom tidak berinti yang disebut retikulosit dan akhirnya menjadi eritrosit. Istilah eritron digunakan untuk menyatakan populasi seluruh eritrosit bersama-sama dengan sel-sel pendahulunya baik yang berada dalam darah, sumsum tulang maupun organ – organ lain, sehingga istilah itu menunjukkan bahwa golongan sel itu berfungsi sebagai satu kesatuan. Supaya eritropoesis berlangsung efektif diperlukan keseimbangan dalam proliferasi, maturasi, cadangan zat-zat yang diperlukan, produksi, metabolisme oksigenisasi, pembentukan hemoglobin dan destruksi. Efek yang terjadi pada setiap tahap perkembangan akan menyebabkan eritropoesis tidak efektif.

b. Trombopoesis

Trombosit berasal dari megakariosit yang terdapat dalam sumsum tulang. Sudah diketahui bahwa megakariosit ini berasal dari sel induk pluripotensial. Pengaturan produksi trombosit dilakukan oleh suatu faktor trombopoetik, yaitu sejenis hormon yang analog dengan eritropoetin yang disebut trombopoetin, Trombopoetin telah dapat ditentukan ciri-cirinya

dan ternyata bahwa zat ini pada elektroforesis bergerak bersama fraksi albumin dan betaglobulin plasma.

Tempat produksi dan biodinamika trombopoetin belum diketahui dengan pasti, beberapa peneliti menduga bahwa ginjal merupakan salah satu tempat pembentukan hormon ini. Defisiensi trombopoetin ditemukan pada penderita trombositopenia kronik yang mungkin kongenital.

Produksi trombosit diatur pula oleh jumlah atau masa trombosit yang ada. Selain itu faktor-faktor lain seperti limpa dan kadar besi dalam serum juga mungkin berpengaruh pada trombopoiesis.

4. Penilaian Darah Tepi

a. Eritrosit

Eritrosit mengandung hemoglobin (Hb) sedangkan hemoglobin berfungsi mengangkut oksigen (O_2). Jumlah oksigen yang diterima oleh jaringan bergantung pada kadar dan fungsi hemoglobin, pola aliran darah yang efektif dan keadaan jaringan itu sendiri. Tiga variabel utama yang menentukan hal ini adalah :

- 1) Kadar hemoglobin dalam darah,
- 2) Hematokrit atau persen eritrosit dalam volume darah,
- 3) Jumlah absolut eritrosit dalam darah

Nilai-nilai yang menggambarkan keadaan eritrosit dinyatakan sebagai indeks eritrosit rata-rata.

b. Indeks Eritrosit Rata – rata

Indeks eritrosit rata – rata adalah perhitungan yang menyatakan besarnya volume eritrosit dan kadar hemoglobin dalam setiap sel. Indeks ini meliputi :

- 1) Volume eritrosit rata – rata (VER) atau MCV (*Mean Corpuscular Volume*) , yang diperoleh dengan membagi nilai hematokrit dengan jumlah eritrosit x 100 dan dinyatakan dalam mikrokubik atau femtoliter. Untuk pria dewasa, nilai normal = 78-100 fL.
- 2) Hemoglobin eritrosit rata – rata (HER) atau MCH (*Mean Corpuscular Haemoglobin*) yang dihitung dengan membagi kadar hemoglobin dengan jumlah eritrosit x 100 dan dinyatakan dalam mikromikrogram atau pikogram. Untuk pria dewasa, nilai MCH = 27-31 pg.
- 3) Konsentrasi hemoglobin eritrosit rata–rata (KHER) atau MCHC(*Mean Corpuscular Haemoglobin Concentration*), yang dihitung dengan membagi kadar hemoglobin dengan nilai hematokrit x 100 dan dinyatakan dalam persen. Untuk pria dewasa, nilai MCHC = 32-36%.

c. Hemoglobin

Kadar hemoglobin ditentukan dengan mengukur absorpsi larutan hemoglobin yang berwarna pada panjang gelombang 540 nm. Untuk hal ini eritrosit perlu dihancurkan agar supaya hemoglobin (oksihemoglobin, deoksihemoglobin, methemoglobin, karboksi-hemoglobin) dirubah menjadi satu bentuk yang stabil. Cara yang paling banyak digunakan adalah konversi hemoglobin menjadi sianmethemoglobin, karena pada cara ini dapat digunakan reagens dan larutan baku sianmethemoglobin yang bersifat stabil dan dapat dibeli. Untuk pria dewasa kadar normal

hemoglobin berkisar antara 13,5 – 18,0 g/dl, sedangkan untuk wanita dewasa 11,5 – 16,5 g/dl.

d. Penafsiran

Untuk menyatakan derajat anemia biasanya digunakan kadar hemoglobin atau nilai hematokrit. Kedua nilai ini biasanya berjalan paralel, tetapi mungkin saja terjadi disproporsi kalau eritrosit menunjukkan volume atau bentuk abnormal, atau bila ada defek pembentukan hemoglobin. Disproporsi demikian dapat dilihat pada indeks eritrosit yang abnormal. VER dan HER penting untuk menilai anemia dan kelainan hematologik lain. Pada beberapa keadaan mungkin terdapat variasi di antara sel-sel sehingga nilai eritrosit rata-rata yang menggambarkan nilai rata-rata yang dihitung, memberikan kesan yang salah. Adanya variasi itu dapat dideteksi dengan memeriksa sediaan apus darah.

Pada anak-anak sebelum masa puber, kadar hemoglobin dan jumlah eritrosit sama pada wanita maupun pria, tetapi kemudian pada pria nilai normal hemoglobin dan hematokrit meningkat sesuai dengan pubertas, lalu menetap sampai pada usia 40 – 50 tahun. Setelah itu kadar hemoglobin dan nilai hematokrit menurun perlahan – perlahan hingga usia 70 tahun untuk kemudian menurun lebih cepat lagi. Pada wanita penurunan kadar hemoglobin dan hematokrit dimulai pada waktu pubertas, tetapi kemudian berbalik meningkat pada usia 50 tahun, walaupun peningkatan ini tidak pernah mencapai nilai sebelum masa puber atau menyamai nilai pada pria dewasa berusia sama. Perbedaan

nilai-nilai di atas sebagian disebabkan oleh perdarahan menstruasi pada wanita dan efek androgen pada pria.

5. Darah Lengkap

a. Volume darah

Volume darah diatur oleh beberapa mekanisme fisiologik dan rentang variasinya dalam keadaan normal sempit. Pada umumnya jumlah eritrosit dalam darah tepi menggambarkan jumlah eritrosit yang ada dalam tubuh sehingga jumlah eritrosit dalam darah tepi dapat dipakai untuk menentukan volume darah. Tetapi pada keadaan – keadaan tertentu jumlah eritrosit itu tidak mencerminkan volume darah, misalnya setelah perdarahan akut, pada dehidrasi atau hidrasi berlebihan. Pada keadaan itu volume darah harus ditentukan dengan cara memeriksa volume eritrosit, volume plasma atau keduanya.

b. Laju endapan darah

Walaupun istilah ini menyorot eritrosit, laju endap darah menggambarkan komposisi plasma dan perbandingan antara eritrosit dengan plasma. Darah dengan antikoagulan yang dimasukkan kedalam tabung berlumen kecil dan diletakkan vertikal akan menghasilkan pengendapan eritrosit dengan kecepatan tertentu. Kecepatan mengendap ini ditentukan oleh interaksi antara 2 kekuatan fisik yang berlawanan, yaitu tarikan ke bawah oleh gravitasi dan tekanan ke atas akibat

perpindahan plasma. Pengendapan sel ini yang disebut laju endap darah (LED) nilainya pada keadaan normal relatif kecil karena pengendapan eritrosit akibat tarikan gravitasi diimbangi oleh tekanan ke atas. Makin berat partikel yang mengendap makin besar tarikan gravitasi, tetapi makin besar luas permukaan partikel makin besar tekanan ke atas yang diterimanya. Laju endap darah bertambah cepat bila berat eritrosit meningkat, tetapi kecepatan berkurang apabila permukaan sel lebih besar. Sel-sel kecil mengendap lebih lambat daripada sel-sel yang menggumpal, karena bila sel – sel menggumpal peningkatan berat gumpalan lebih besar daripada penambahan luas permukaan.

Setiap keadaan yang meningkatkan penggumpalan atau perlekatan sel dapat meningkatkan LED, misalnya adanya makromolekul dengan konsentrasi tinggi dalam plasma, perbandingan globulin terhadap albumin meningkat atau kadar fibrinogen sangat tinggi. Keadaan – keadaan tersebut dapat mengurangi sifat saling menolak di antara sel – sel eritrosit sehingga mengakibatkan eritrosit lebih mudah melekat satu dengan lainnya dan memudahkan terbentuknya rouleaux.

Sebaliknya bila viskositas darah tinggi tekanan ke atas mungkin dapat menetralkan tarikan ke bawah sehingga LED rendah. Eritrosit dengan bentuk abnormal seperti sel sabit, skistosit, akantosit, eliptosit, dan lain – lain, mempunyai luas permukaan yang relatif lebih besar dibanding berat sel sehingga laju endap sel ini juga rendah. Selain faktor seluler dan faktor yang terdapat dalam plasma, LED juga dipengaruhi oleh faktor lain di antaranya teknik penetapan, suhu dan lain – lain.

6. Kelainan Eritrosit

Keseimbangan antara pelepasan eritrosit ke dalam sirkulasi dan keluarnya eritrosit dari sirkulasi dipertahankan secara ketat sehingga dalam keadaan normal kadar hemoglobin dalam peredaran darah relatif konstan. Bila keluarnya eritrosit dari sirkulasi maupun penghancuran eritrosit meningkat tanpa diimbangi oleh peningkatan produksi, atau bila pelepasan eritrosit ke dalam sirkulasi menurun, demikian pula bila kedua proses di atas terjadi bersama – sama, terjadilah anemia.

a. Anemia

Banyak sekali jenis anemia yang sudah diketahui dengan berbagai manifestasi dan penyebabnya sehingga sebenarnya sulit untuk menyusun klasifikasi kelainan ini. Anemia sendiri sebenarnya bukan suatu penyakit tetapi merupakan gejala dari suatu kelainan yang sebab – sebabnya harus ditentukan.

b. Obat, Zat Kimia dan Logam Berat

Obat atau zat kimia tertentu, misalnya toluena, arsen, dapat menekan aktivitas sumsum tulang pada dosis kritis. Obat sitostatika yang dipakai untuk menghambat pertumbuhan sel ganas dapat menekan sumsum tulang. Radiasi dan obat – obat yang dipakai untuk pemeriksaan radiologik, antagonis asam folat, antibiotik, sitotoksik, juga dapat merusak setiap jenis sel yang pertumbuhannya cepat.

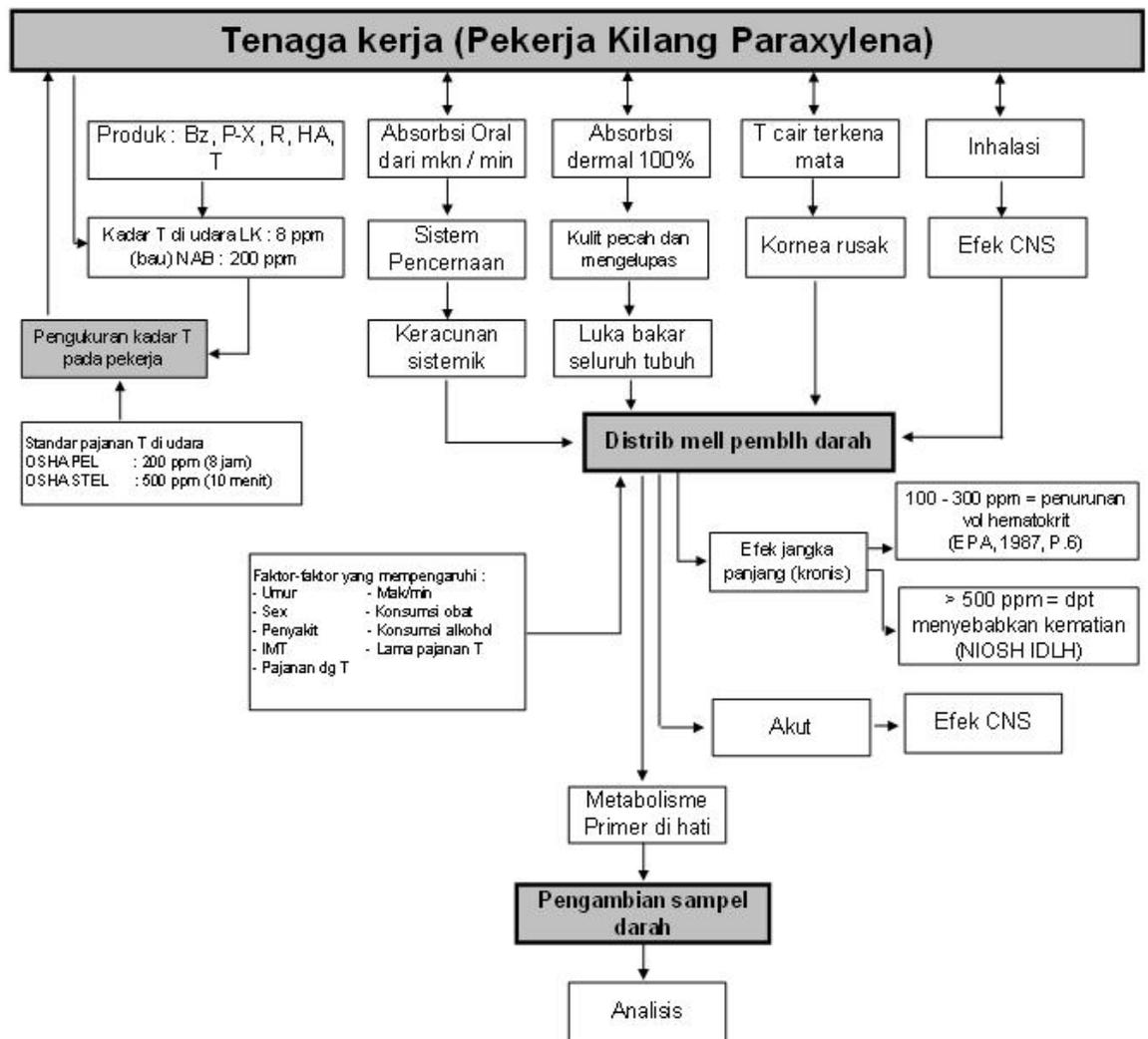
Diantara obat yang dipersalahkan sebagai penyebab anemia aplastik granulositopenia dan pansitopenia yang paling mencolok adalah kloramfenikol. Kloramfenikol menghambat sintesis protein dan aktifitas mitokondria in vitro, tetapi efeknya in vivo belum diketahui secara pasti,

Disamping itu obat – obat lain seperti fenilbutazon, aspirin, sulfonamid, sering dikaitkan dengan penekanan sumsum tulang.

Keracunan logam berat dapat mengakibatkan gangguan sintesis hem dan hal ini merupakan ciri yang dipakai untuk menentukan diagnosis. Pada orang dewasa pemaparan terhadap logam berat biasanya terjadi di lingkungan pekerjaan, antara lain cat yang mengandung logam berat. Logam menghambat aktifitas enzim pada sintesis hem. Metabolisme protoporfirin terhambat dan inkorporasi besi ke dalam protoporfirin juga terhambat. Akibatnya adalah penumpukan protoporfirin di dalam sel. Penentuan kadar protoporfirin dalam eritrosit merupakan pemeriksaan laboratorium yang sering dipakai untuk menentukan derajat keracunan logam berat.

D. Kerangka Teori

Kerangka teori merupakan rangkuman dari bab Pendahuluan dan Tinjauan Pustaka, disajikan pada Gambar 2.2 berikut.

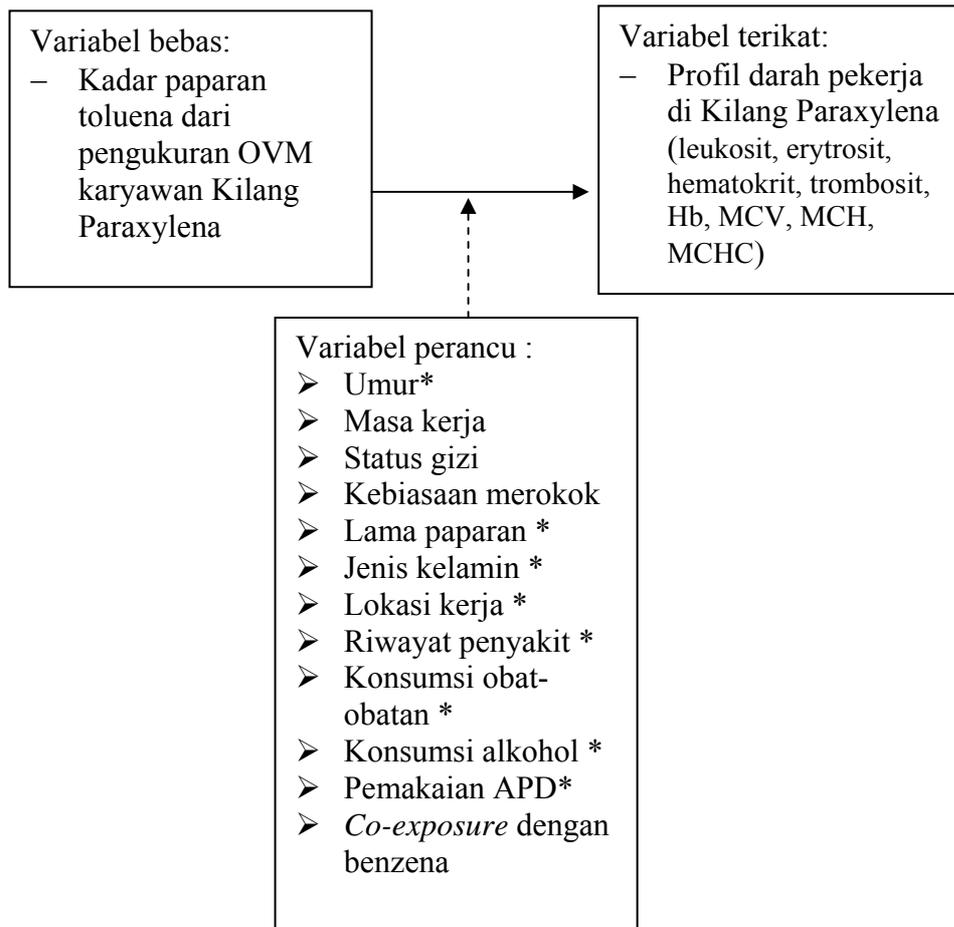


Gambar 2.2. Kerangka Teori

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Kerangka Konsep



Gambar 3.1. Kerangka Konsep Analisis Pemajanan Toluena Terhadap Profil Darah Pekerja Kilang Paraxylena

Keterangan : * dikendalikan

Berdasarkan tujuan penelitian dan kerangka teori, maka sebagai variabel bebas/faktor risiko yaitu kadar paparan toluena dari pengukuran OVM karyawan Kilang Paraxylena dan sebagai variabel terikat/*outcome* adalah profil darah pada pekerja Kilang Paraxylena. Sebagai variabel perancu yang tidak dikendalikan adalah : status gizi (IMT), dan kebiasaan merokok. Sedangkan

variabel perancu yang dikendalikan adalah : umur, jenis kelamin, lokasi kerja, masa kerja, lama paparan, riwayat penyakit, konsumsi obat-obatan, konsumsi alkohol, dan pemakaian Alat Pelindung Diri.

Variabel perancu yang dikendalikan dalam penelitian ini adalah:

1. Umur : umur pekerja berkisar antara 30-55 tahun.
2. Lama paparan : lama paparan terhadap toluena untuk seluruh pekerja adalah 8 jam kerja per hari.
3. Jenis kelamin: dengan memilih responden yang semuanya adalah karyawan laki-laki.
4. Lokasi kerja : dengan memilih lokasi kerja di Kilang Paraxylena.
5. Riwayat penyakit dikendalikan karena mempengaruhi sistem metabolisme toluena dalam tubuh dan mempengaruhi kadar hemoglobin dalam darah
6. Konsumsi obat-obatan terutama asetaminophen dan aspirin diketahui mempengaruhi toksisitas toluena dalam tubuh.
7. Konsumsi alkohol
Konsumsi alkohol dikendalikan karena alkohol terutama etanol dapat meningkatkan toksisitas toluena dalam tubuh.
8. Pemakaian Alat Pelindung Diri (APD).
Pemakaian APD dikendalikan karena mempengaruhi paparan toluena ke dalam tubuh karyawan.

B. Hipotesis

1. Ada hubungan antara kadar toluena OVM dengan leukosit darah pekerja.
2. Ada hubungan antara kadar toluena OVM dengan erytrosit darah pekerja.
3. Ada hubungan antara kadar toluena OVM dengan hematokrit darah pekerja.
4. Ada hubungan antara kadar toluena OVM dengan Hb darah pekerja.
5. Ada hubungan antara kadar toluena OVM dengan trombosit darah pekerja.
6. Ada hubungan antara kadar toluena OVM dengan MCV darah pekerja.
7. Ada hubungan antara kadar toluena OVM dengan MCH darah pekerja.
8. Ada hubungan antara kadar toluena OVM dengan MCHC darah pekerja.

C. Jenis dan rancangan penelitian

Jenis penelitian adalah observasional dengan metode penelitian bersifat kuantitatif, data memakai pendekatan/disain penelitian : *cross sectional* (potong-lintang).

D. Populasi dan sampel penelitian

Subyek penelitian : pekerja sektor industri penyulingan minyak bumi. Populasi penelitian adalah semua pekerja Kilang Paraxylena yang berjumlah 113 orang. Besar sampel ditentukan berdasarkan kriteria inklusi, yaitu karyawan Kilang Paraxylena yang bertugas dalam sistem shift dan diukur kadar toluena-nya melalui OVM. Jumlah karyawan yang terbagi dalam 4 (empat) shift sebanyak 80 orang, dan yang diukur kadar paparan toluena-nya melalui OVM dengan hitungan sebagai berikut :

Sampel

N = 113 orang

$$\begin{aligned}
Z &= 1,96 \\
d &= 0,2 \\
\rho &= 17\% = 0,17 \quad : \text{estimasi kejadian anemia karena paparan toluena} \\
&\quad \text{dan dengan adanya benzena (Girard \& Revol, 1990)} \\
q &= 1 - \rho = 0,83
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
n &= \frac{Z^2 \rho q N}{d^2 (N - 1) + Z^2 \rho q} \\
&= \frac{(1,96)^2 (0,17) (0,83) (113)}{(0,05)^2 (113 - 1) + (1,96)^2 (0,17) (0,83)} \\
&= 53 \text{ orang}
\end{aligned}$$

n merupakan besar sampel minimal, jumlah sampel ditentukan sebagai $n + 10\% = (53 + 6)$ orang = 59 orang dengan 10% sebagai faktor koreksi besar sampel dibulatkan ke atas menjadi 60 orang. Angka ini melebihi jumlah sampel minimal dengan harapan validitas hasil yang didapatkan lebih valid.

E. Definisi Operasional variabel penelitian dan skala pengukuran

Definisi Operasional :

1. Kadar paparan toluena dari pengukuran OVM pekerja Kilang Paraxylena.

Yaitu kadar toluena di udara lingkungan kerja yang diukur menggunakan *Gas Chromatograph Analyzer* menggunakan metode *Organic Vapour Monitor* pada bulan Agustus 2003.

Satuan : ppm

Skala : interval / rasio

2. Status paparan toluena.

Berdasarkan kadar toluena dari pengukuran OVM pekerja (skala rasio) yang dikategorikan menurut standar ATSDR (2001), yaitu sebesar $\geq 0,08$ ppm.

Kategori :

- Memenuhi syarat, bila kadar toluena yang terukur $< 0,08$ ppm.
- Tidak memenuhi syarat, bila kadar toluena yang terukur $\geq 0,08$ ppm.

Skala : nominal.

3. Profil darah :

a. Kadar hemoglobin dalam darah pekerja.

Yaitu kadar hemoglobin dalam darah pekerja yang dianalisis di Laboratorium Kesehatan Kabupaten Cilacap menggunakan alat Photometer pada panjang gelombang 546 nm dengan metode sianmethemoglobin.

Satuan : gr/dL.

Skala : interval.

b. Kadar eritrosit dalam darah pekerja

Yaitu kadar eritrosit dalam darah pekerja yang dianalisis di Laboratorium Kesehatan Kabupaten Cilacap dengan menggunakan metode tabung.

Satuan : sel per mm^{-3}

Skala : interval.

c. Kadar hematokrit dalam darah pekerja

Yaitu kadar hematokrit dalam darah pekerja yang dianalisis di Laboratorium Kesehatan Kabupaten Cilacap dengan menggunakan metode mikro.

Satuan : %

Skala : interval.

- d. Hitung MCV (Mean Copuscular Volume) atau volume eritrosit rata-rata :

$$\text{MCV} = \frac{\text{hematokrit} \times 10}{\text{jumlah eritrosit}} \text{ fl}$$

Nilai normal = 82 – 92 fentoliter

Satuan : fl

Skala : interval.

- f) Hitung MCH (Mean Copuscular Hemoglobin) atau Hemoglobin eritrosit rata-rata

$$\text{MCH} = \frac{\text{hemoglobn} \times 10}{\text{jumlah eritrosit}} \text{ pg}$$

Nilai normal = 27 – 31 pikogram

Satuan : pg

Skala : interval.

- g) Hitung MCHC (Mean Copuscular Hemoglobin Concentration) atau

Konsentrasi hemoglobin eritrosit rata-rata

$$\text{MCHC} = \frac{\text{hemoglobin} \times 100}{\text{hematokrit}} \%$$

Nilai normal = 32 – 37%

Satuan : gr/dl

Skala : interval.

- e. Kadar leukosit dalam darah pekerja

Yaitu kadar leukosit dalam darah pekerja yang dianalisis di Laboratorium Kesehatan Kabupaten Cilacap dengan menggunakan metode tabung.

Satuan : sel per mm^{-3}

Skala : interval.

f. Kadar trombosit dalam darah pekerja

Yaitu kadar trombosit dalam darah pekerja yang dianalisis di Laboratorium Kesehatan Kabupaten Cilacap dengan menggunakan metode Rees Ecker.

Satuan : sel per mm^{-3}

Skala : interval.

Tabel 3.1. Satuan Profil Darah

PROFIL	SATUAN	SKALA
Hb	gr/dL	interval
Eritrosit	/ mm^3	interval
Leukosit	/ mm^3	interval
Trombosit	/ mm^3	interval
Ht	%	interval
MCV	fentoliter (fl)	interval
MCH	Pikogram	interval
MCHC	gr/dL	interval

4. Status normalitas profil darah.

Tabel 3.2. Status Normalitas Profil Darah

No	PROFIL	KATEGORI			SATUAN	SKALA
		< Normal	Normal	> Normal		
1	Hb.	< 13,5	13,5 – 18,0	> 18,0	gr/dL	Ordinal
2	Ht	< 40	40 – 48	> 48	%	Ordinal
3	RBC	< 4,5 x 10 ⁶	(4,5 – 5,5) x 10 ⁶	5,5 x 10 ⁶	per mm ³	Ordinal
4	MCV	< 82	82-92	> 92	fL	Ordinal
5	MCH	< 27	27 – 31	> 31	Pg	Ordinal
6	MCHC	< 32	32 – 36	> 36	%	Ordinal
7	Leukosit	< 5	5 – 10	> 10	/mm ³	Ordinal
6	Trombosit	< 15	15 – 40	> 40	/mm ³	Ordinal

5. Status gizi

Status gizi pekerja dinyatakan dalam Indeks Masa Tubuh (IMT) yaitu ; perbandingan berat badan dalam kg dengan kuadrat tinggi badan dalam meter.

Kategori :

- Kurus : $IMT \leq 17,0 \text{ kg/m}^2$
- Normal : $IMT = 18,5 - 25,0 \text{ kg/m}^2$
- Gemuk : $IMT \geq 25,0 \text{ kg/m}^2$

Skala : ordinal

6. Usia

Yaitu usia responden dihitung dari tahun pada saat penelitian dilakukan (2006) dikurangi tahun pada saat ia dilahirkan.

Skala : Interval/ rasio

7. Riwayat penyakit

Yaitu riwayat penyakit yang berhubungan dengan sistem metabolisme tubuh, penyakit hati/ginjal dan infeksi terakhir yang diderita responden.

Kategori : Ada riwayat penyakit dan tidak ada riwayat penyakit.

Skala : nominal.

8. Konsumsi obat-obatan

Yaitu obat-obatan yang dikonsumsi oleh responden dalam 8 jam terakhir sebelum diambil sampel darah.

Kategori : Ya dan tidak mengkonsumsi obat-obatan dalam 8 jam terakhir.

Skala : nominal.

9. Konsumsi alkohol

Yaitu konsumsi minuman beralkohol yang dikonsumsi oleh responden minimal satu gelas per minggu.

Kategori : ada dan tidak ada

Skala : nominal.

10. Kebiasaan merokok

Dinyatakan dengan jumlah batang rokok yang diisap oleh responden per harinya.

Kategori : perokok dan bukan perokok

Skala : nominal

11. Masa Kerja

Dihitung dari tahun pertama kali bekerja sampai dengan tahun dilakukan penelitian (2006).

Skala : rasio

12. Pemakaian Alat Pelindung Diri (APD)

Yaitu pemakaian APD berupa sarung tangan dan respirator oleh karyawan Kilang Paraxylena selama bekerja.

Kategori : ya dan tidak (memakai APD)

Skala : nominal.

F. Kriteria inklusi dan eksklusi

1. Kriteria inklusi

Kriteria inklusi adalah syarat-syarat yang harus dipenuhi agar responden dapat menjadi sampel. Kriteria inklusi menjadi sampel penelitian meliputi:

- a. Umur pekerja : 30 - 55 tahun
- b. Jenis kelamin pekerja : pria.
- c. Masa kerja : karyawan yang telah bekerja selama 1 tahun – 17 tahun dihitung dari tanggal pengambilan sampel darah.

2. Kriteria eksklusi

Kriteria eksklusi adalah syarat-syarat yang tidak bisa dipenuhi oleh responden supaya dapat menjadi sampel. Kriteria eksklusi menjadi sampel penelitian meliputi :

- a. Karyawan yang minum minuman alkohol minimal satu gelas (\pm 50 mL) seminggu.

- b. Karyawan yang minum obat dalam 8 jam terakhir sebelum pengambilan sampel darah terutama obat derivat asetaminophen dan aspirin.
- c. Karyawan yang mempunyai riwayat penyakit yang berhubungan dengan metabolisme tubuh (penyakit hati dan ginjal) dan atau sedang mengalami infeksi atau pernah mengalami infeksi dalam 1 (satu) bulan sebelum pengambilan sampel darah dan darah.
- d. Karyawan yang tidak bersedia sebagai responden

G. Alat dan cara kerja penelitian

1. Alat penelitian :

- a. Kuesioner, berisi sejumlah pertanyaan melalui pengisian kuesioner.
- b. Spuit untuk mengambil sampel darah pekerja.
- c. Kaps alkohol untuk antiseptik pada daerah kulit yang telah diambil sampel darahnya.
- d. Alat *Blood Cell Counter* untuk mengukur Hb, Ht, RBC, WBC, PC, dan LED pada karyawan.

2. Cara kerja

Cara pengambilan sampel darah

- 1) Darah vena pada orang dewasa diambil dari salah satu vena cubiti sebanyak 2 – 3 cc menggunakan spuit, kemudian darah dicampur dengan anticoagulant agar tidak mengental.
- 2) Ikatan pembendung dipasang pada lengan atas untuk memperjelas vena.
- 3) Lokasi vena dibersihkan dengan alkohol 70% dan dibiarkan kering.
- 4) Setelah darah masuk ke dalam tabung sampai volume yang diinginkan, jarum siap dicabut.

- 5) Kapas diletakkan di atas jarum kemudian jarum dicabut.
- 6) Pembendung kapas dilepaskan dan tangan diregangkan.
- 7) Sampel darah kemudian diperiksa kadar mengukur Hb, Ht, RBC, WBC, PC, dan LED menggunakan alat Blood Cell Counter.

Cara pengukuran kadar toluena dengan metode OVM (*passive sampling*).ⁱ

- 1). Tata cara pengambilan sampel.
 - a) *Dosimeter badges* berisi *carcoal tube* diberi label berisi nomor dan nama pekerja.
 - b) Buka tutup *dosimeter badges*.
 - c) *Dosimeter badges* dipasang pada kerah baju pekerja (dalam area *breathing zone* pekerja) selama 8 jam kerja.
 - d) Tutup kembali *dosimeter badges*, masukkan dalam tempat sampel sementara untuk dibawa ke laboratorium.
- 2). Tata cara analisa.
 - a) Siapkan tabung *vial glass*, isi dengan karbon disulfida 1 ml.
 - b) Masukkan *carcoal tube* ke dalam *vial glass*, kocok-kocok selama 1 menit kemudian didiamkan selama 30 menit.
 - c) Injeksikan standar toluena sebanyak 5 μL dengan temperatur yang telah ditentukan sebagai berikut : temperatur kolom = 50°C , temperatur detektor = 225°C , temperatur injektor = 225°C .
 - d) Injeksikan sampel toluena. Perlakukan sama dengan standar.
 - e) Injeksikan blanko, perlakukan sama dengan standar dan sampel.
 - f) Hitung konsentrasi toluena dengan rumus :

$$C (\text{mg}/\text{m}^3) = \{ (Wd + Wb - Bd - Bb) \times 1000 \} / V$$

di mana :

C = konsentrasi toluena (mg/m^3)

W_d = Sampel depan (mg)

W_b = Sampel belakang (mg)

B_d = Berat blanko depan (mg)

B_b = Berat blanko belakang (mg)

V = Volume udara (laju alir udara x waktu)

Keterangan : laju alir udara = 0,01 – 0,2 liter/menit
d disesuaikan dengan laju alir udara pada saat pengukuran kadar
toluena di udara lingkungan kerja selama 1 jam.

H. Teknik pengolahan dan analisa data

1. Pengumpulan Data

Semua data penelitian dalam penelitian ini merupakan data sekunder, meliputi :

- a. Umur
- b. Masa kerja.
- c. Status gizi dalam bentuk IMT.
- d. Kebiasaan merokok.
- e. Konsumsi obat-obatan.
- f. Konsumsi minuman/makanan beralkohol.
- g. Pemakaian alat pelindung diri.
- h. Kadar inhalasi toluena melalui pengukuran OVM pada pekerja.
- i. Kadar Hb, Ht, WBC, RBC, PC, MCV, MCH, MCHC, LED.

2. Pengolahan data

Tahap pengolahan data :

a. *Cleaning*

Data yang dikumpulkan kemudian dilaksanakan cleaning (pembersihan) data, artinya sebelum dilakukan pengolahan, data dicek terlebih dahulu agar tidak terdapat data yang tidak diperlukan.

b. *Editing*

Editing dilakukan untuk mengecek kelengkapan data, kesinambungan dan keseragaman data sehingga validitas data dapat terjamin.

c. *Coding*

Coding dilakukan untuk memudahkan dalam pengolahan data, juga untuk menjadi kerahasiaan identitas responden.

d. *Scoring*

Dilakukan untuk memberikan skor pada variabel yang akan dianalisis berdasarkan skor, yaitu skor 1 untuk index category (kategori indeks) dan skor 0 untuk reference category (kategori pembandingan).

3. Analisis data

Data dianalisis dan diinterpretasikan dengan menguji hipotesis menggunakan program komputer dengan tahapan analisis sebagai berikut :

a. Uji normalitas data interval/rasio menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov atau Shapiro Wilk. Data yang diuji normalitasnya adalah : umur, IMT, masa kerja, kadar paparan toluena, kadar profil darah (Hb, Ht, RBC, MCV, MCH, MCHC). Dari uji normalitas data ini, apabila nilai $p \leq 0,05$ maka data berdistribusi tidak normal dan bila $p > 0,05$ maka data berdistribusi normal.

b. Analisis univariat.

Analisis univariat untuk menganalisis data secara diskriptif untuk data yang berskala interval/rasio meliputi data : umur, IMT, masa kerja, kadar paparan toluena, kadar profil darah (Hb, Ht, RBC, MCV, MCH, MCHC).

Analisis univariat untuk menganalisis data berdasarkan frekuensi atau persentase, yaitu data yang berskala nominal/ordinal atau data berskala interval/rasio yang telah diubah menjadi data nominal/ordinal, meliputi : kebiasaan merokok, kategori umur, status gizi, kategori masa kerja, status pemajanan toluena, dan status normalitas profil darah.

c. Analisa bivariat untuk menganalisis hubungan atau pengaruh antara dua variabel:

- 1) Uji korelasi Pearson Product Moment (Parametrik) digunakan untuk menganalisis hubungan antara dua variabel yang berskala numerik, sedangkan uji Kendall tau-b digunakan untuk menganalisis hubungan antara dua variabel yang tidak memenuhi salah satu persyaratan statistik parametrik (yaitu bila data berdistribusi tidak normal, jumlah data > 30 , atau berskala nominal/ordinal).
- 2) Untuk mengetahui asosiasi antara dua variabel yang kedua-duanya merupakan data kategorikal (nominal/ordinal), digunakan uji *Chi Square* dengan $\alpha = 0,05$ dan tingkat kepercayaan = 95 %.
- 3) Untuk mengetahui beda kadar paparan toluena antara karyawan perokok dan bukan perokok dapat digunakan uji Independent t-Test (parametrik) atau uji Mann-Whitney (non-parameterik).

4) Untuk mengetahui pengaruh antara dua variabel yang berskala interval / rasio, digunakan uji regresi linier. Sedangkan bila kedua variabel berskala kategorikal (nominal/ordinal), maka digunakan uji regresi logistik.

d. Analisis multivariat

Analisis multivariat dilakukan untuk melihat hubungan variabel-variabel bebas dengan variabel terikat dan variabel bebas mana yang paling besar hubungannya terhadap variabel terikat. Analisis multivariat dilakukan dengan cara menghubungkan beberapa variabel bebas dengan satu variabel terikat secara bersamaan, yaitu menggunakan analisis regresi logistik.

Analisis regresi logistik dilakukan apabila dalam analisis bivariat, masing-masing variabel bebas mendapatkan nilai $p < 0,25$ untuk mendapatkan model yang terbaik, semua variabel yang memenuhi syarat dimasukkan bersama-sama untuk dipertimbangkan menjadi model dengan dimasukkan bersama-sama bersama-sama untuk dipertimbangkan menjadi model dengan hasil menunjukkan nilai $p < 0,05$ variabel yang terpilih dimasukkan ke dalam model, dan nilai p yang tidak signifikan ($p > 0,05$) dikeluarkan dari model.

I. Jadwal Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Pertamina UP IV Cilacap di Kilang Paraxylena. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Januari - Juni 2007 dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 3.3. Jadwal Penelitian

KEGIATAN	WAKTU																												
	Januari '07					Februari '07					Maret '07					April '07				Mei '07				Juni '07					
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV		
Penyusunan proposal	■	■	■	■	■																								
Studi pendahuluan										■	■	■																	
Seminar proposal												■	■	■															
Pengumpulan data primer														■	■	■													
Pembahasan																		■	■	■	■								
Seminar hasil																				■	■	■							
Revisi																						■	■	■	■				
Ujian																											■	■	
Penggandaan																												■	
Penyebarluasan																												■	

BAB IV

HASIL PENELITIAN

A. Lokasi penelitian

Kilang Paraxylena merupakan kilang petrokimia yang dibangun pada tahap III pada tahun 1988 dan mulai beroperasi pada tahun 1990 untuk meningkatkan nilai tambah nafta dari kilang FOC II (*Fuel Oil Complex II*). Kilang Paraxylena menghasilkan paraxylena dari proses aromatisasi *heavy naphtha* dalam unit *platformer* yang kemudian dipisahkan untuk memproduksi toluena dengan ekstraksi dan paraxylena dengan absorpsi. Kapasitas produksi paraxylena adalah 270.000 ton/tahun, sedangkan toluena 118.000 ton/tahun. Selain paraxylena dan toluena, juga dihasilkan LPG, rafinat, *heavy aromatics*, dan toluena.

Kilang Paraxylena PT. Pertamina (Persero) UP IV Cilacap berlokasi di Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Sebelah Utara berbatasan dengan UPMS IV *Lube Oil Blending Plant*, sebelah Selatan berbatasan dengan UPMS IV Cilacap, sebelah Barat berbatasan dengan sungai Donan, dan sebelah Timur berbatasan dengan Transit Terminal Lomanis UPMS IV dan kompleks kantor Donan dan Sidanegara.

B. Gambaran Responden Penelitian

Kuesioner diberikan pada 80 orang karyawan Kilang Paraxylene yang terbagi dalam 4 (empat) *shift*. Pada saat dilakukan pengambilan sampel darah, terdapat 68 orang yang berpartisipasi, yaitu masing-masing *shift* terdapat 17 orang. Responden yang tidak diambil sampel darah dan urin dikarenakan tidak masuk kerja karena sakit atau sedang dinas ke luar kota. Responden yang mengembalikan kuesioner hanya sekitar 75%, yaitu 60 orang

D. Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan program komputer SPSS versi 13.00 , yang terdiri dari analisis univariat, bivariat, dan multivariat.

1. Analisis univariat

a. Distribusi statistik deskriptif.

Tabel 4.1. Distribusi statistik deskriptif pada responden.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
IMT (Kg/m ²)	60	20,9	33,1	25,972	2,5935
Jumlah Rokok (btg/hari)	60	0	24	5.52	8.033
Masa Kerja (tahun)	60	3	17	13.68	2.807
Paparan Toluena (ppm)	60	.012	.404	.11013	.079380
Haemoglobin (gr/dL)	60	12.40	17.80	14.4550	1.65994
Red Blood Cel (μl)	60	4.20	5.40	4.6850	.36999
Hematokrit (%)	60	36.80	48.70	43.5983	2.60081
Mean Cospular Volume (fl)	60	75.47	112.79	93.4981	7.86185
Mean Cospular Haemoglobin (pg)	60	24.04	36.19	30.8571	2.57304
Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat (g/dL)	60	26.19	41.00	33.2095	3.68960
Leukosit (/mm ³)	60	3.90	13.90	7.6900	1.87053
Trombosit (/mm ³)	60	12.00	35.90	24.0217	5.96371

Dari tabel diatas dapat diuraikan sebagai berikut :

1). Kadar Toluena OVM

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Toluena OVM karyawan 0,110 ppm dengan standar deviasi 0,079 ppm. Paparan toluena karyawan yang terkecil sebesar 0,012 ppm dan yang tertinggi 0,404 ppm.

2). Kadar Haemoglobin dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Haemoglobin dalam darah 14,46 gr/dL dengan standar deviasi 1,66 gr/dl. Kandungan Haemoglobin dalam darah yang terkecil sebesar 12,40 gr/dL dan yang tertinggi 17,80 gr/dL.

3). Kadar Red Blood Cell dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Red Blood Cell dalam darah 4,69 μ l dengan standar deviasi 0,37 μ l. Kandungan Red Blood Cell dalam darah yang terkecil sebesar 4,20 μ L dan yang tertinggi 5,40 μ L.

4). Kadar Hematokrit dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Hematokrit dalam darah 43,60% dengan standar deviasi 2,60%. Kandungan Hematokrit dalam darah yang terkecil sebesar 36,80% dan yang tertinggi 48,70%.

5). Kadar *Mean Corpuscular Volume* dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Mean Corpuscular Volume dalam darah 93,49 fl dengan standar deviasi 7,86 fl. Kandungan Kadar Mean Corpuscular Volume dalam darah yang terkecil sebesar 75,47 fl dan yang tertinggi 112,79 fl.

6). Kadar *Mean Corpuscular Haemoglobin* dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Mean Cospular Haemoglobin dalam darah 30,86 pg dengan standar deviasi 2,57 pg. Kandungan Kadar Mean Cospular Haemoglobin dalam darah yang terkecil sebesar 24,04 pg dan yang tertinggi 36,19 pg.

7). Kadar *Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat* dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar *Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat* dalam darah 33,21 gr/dL dengan standar deviasi 3,69 gr/dL. Kandungan Kadar *Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat* dalam darah yang terkecil sebesar 26,19 gr/dL dan yang tertinggi 41,00 gr/dL.

8). Kadar Leukosit dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Leukosit dalam darah $7,69/\text{mm}^3$ dengan standar deviasi $1,87/\text{mm}^3$. Kandungan Leukosit dalam darah yang terkecil sebesar 3,90 per mm^3 dan yang tertinggi 13,90 per mm^3 .

9). Kadar Trombosit dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Trombosit dalam darah $24,02/\text{mm}^3$ dengan standar deviasi $5,96/\text{mm}^3$. Kandungan Trombosit dalam darah yang terkecil sebesar $12/\text{mm}^3$ dan yang tertinggi $35,90/\text{mm}^3$.

b. Hasil uji statistik untuk normalitas data.

Sebelum dilakukan analisis bivariat (uji korelasi), terlebih dahulu dilakukan uji normalitas data menggunakan uji *Shapiro-Wilk*, karena jumlah data masing-masing variabel sebanyak 60 data. Variabel yang mempunyai nilai $p \leq 0,05$ berarti data berdistribusi tidak normal, sedangkan bila nilai $p > 0,05$ maka data berdistribusi normal. Hasil uji normalitas data disajikan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil uji normalitas data (uji *Shapiro-Wilk*)

Variabel	W	W tabel	W hitung	W tabel
IMT				
Hematokrit				
Kadar Trombosit				
Jumlah rokok				
Masa kerja				
Haemoglobin				
Red Blood Cell				
Kadar toluena OVM				
Mean cospular volume				
Mean cospular haemoglobin				
Mean cospular haemoglobin concentrat				
Leukosit				

Dari tabel 4.2 didapatkan hasil :

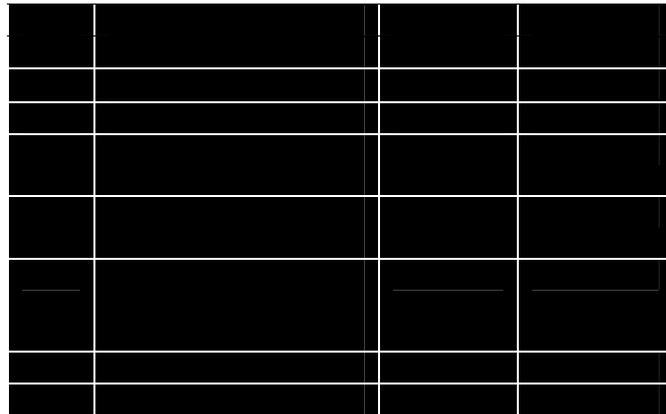
- a. Data yang berdistribusi normal : IMT, Hematokrit, dan kadar Trombosit.
- b. Data yang berdistribusi tidak normal : jumlah rokok, masa kerja, haemoglobin, Red Blood Cell, kadar toluena OVM, mean cospular volume, mean cospular haemoglobin, mean cospular haemoglobin concentrat, leukosit.

2. Analisis bivariat

a. Uji korelasi

1). Uji korelasi (*Kendall tau-b*) dengan variabel terikat kadar toluena OVM.

Tabel 4.3. Hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan variabel terikat kadar toluena OVM



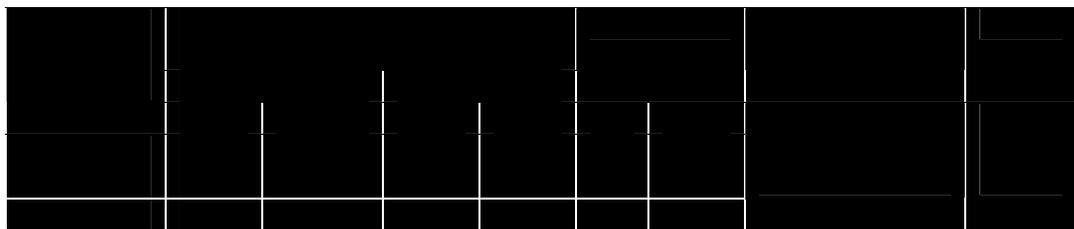
Dari hasil analisis korelasi *Kendall tau-b*, antara variabel bebas kadar toluena ovm dengan semua variabel terikat seperti pada tabel diatas didapatkan nilai $p < 0,05$ untuk variabel *Haemoglobin, Red Blood Cell, Mean Cospular Haemoglobin, Mean Cospular Haemoglobin Concentrat*, ini berarti ada hubungan yang signifikan antara kadar toluena ovm dengan variabel tersebut. Sedangkan untuk variabel Mean Cospular Volume, hematokrit, leukosit dan trombosit tidak ada hubungan karena nilai $p > 0,05$.

b. Uji *Chi-Square*

Uji *Chi-Square* digunakan untuk menganalisis hubungan antara dua variabel dalam bentuk kategori.

1). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Haemoglobin

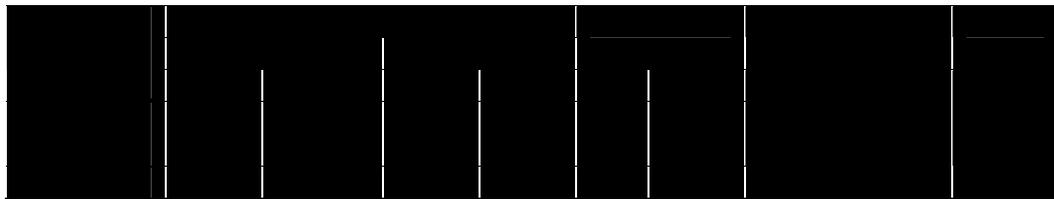
Tabel 4.4. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Haemoglobin



Hasil dari uji *chi-square* pada penelitian ini, prevalensi kadar haemoglobin dalam darah untuk karyawan yang tidak normal yang terpajan toluena adalah sebesar 58,1 %, dan untuk karyawan normal yang terpajan toluena adalah sebesar 41,9%. Nilai $p = 0,007$ ($p < 0,05$), berarti pada $\alpha = 0,05$ ada perbedaan yang signifikan untuk persentase haemoglobin darah yang tidak normal dan haemoglobin darah yang normal (13-18 gr/dL) antara karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm dan karyawan yang tidak terpajan toluena $< 0,08$ ppm. Nilai RP = 2,806 (95%CI=1,296 – 6,078), hal ini berarti peluang risiko bagi karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm punya risiko lebih besar untuk mempunyai kadar haemoglobin sebesar 2,806 kali bila dibandingkan dengan karyawan yang terpajan toluena $< 0,08$ ppm .

2). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Red Blood Cell

Tabel 4.5. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Red Blood Cell



Hasil dari uji *chi-square* pada penelitian ini, prevalensi kadar Red Blood Cell dalam darah untuk karyawan dengan RBC yang tidak normal yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm adalah sebesar 51,6 %, dan untuk karyawan normal yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm adalah sebesar 48,4%. Nilai $p=0,055$ ($p<0,05$). Berarti pada $\alpha=0,05$ tidak ada perbedaan yang signifikan untuk persentase Red Blood Cell darah antara karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm dan karyawan yang terpajan toluena $< 0,08$ ppm.

3). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Kadar Hematokrit dalam darah

Tabel 4.6. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Kadar Hematokrit dalam darah



Pada penelitian ini, didapatkan bahwa dari 31 orang responden yang terpajan toluena ($\geq 0,5$ ppm), dilaporkan ada 27 orang karyawan (87,1%) yang mempunyai kadar Hematokrit normal dalam darah (40-48 %). Sedangkan dari 29 orang responden yang tidak terpajan toluena ($<0,08$ ppm), ada 27 orang karyawan (93,1 %) yang mempunyai kadar hematokrit normal dalam darah. Dari hasil uji *chi-square*, didapatkan $RP=1,871$ ($95\%CI=0,370-9,455$) dan nilai $p=0,731$ ($p>0,05$), artinya

pada $\alpha=0,05$, tidak ada perbedaan proporsi kadar hematokrit dalam darah yang signifikan antara karyawan yang terpajan dan tidak terpajan toluena. Dengan RP 1,871, ada risiko 1,871 pada karyawan yang terpapar toluene untuk terjadinya kelainan/ peningkatan hematologi.

4). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Kadar Mean Cospular Volume dalam darah

Tabel 4.7. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Kadar Mean Cospular Volume dalam darah



Pada penelitian ini, didapatkan bahwa dari 31 orang responden yang terpajan toluena ($\geq 0,08$ ppm), dilaporkan ada 19 orang karyawan (61,3%) yang mempunyai kadar MCV normal dalam darah (82-92 fl). Sedangkan dari 29 orang responden yang tidak terpajan toluena ($<0,08$ ppm), ada 18 orang karyawan (62,1%) yang mempunyai kadar MCV normal dalam darah. Dari hasil uji *chi-square*, didapatkan RP=1,616 (95%CI= 0,939 – 2,782) dan nilai $p=0,121$ ($p>0,05$), artinya pada $\alpha=0,05$, tidak ada perbedaan proporsi kadar Mean Cospular Volume dalam darah yang signifikan. Namun dengan RP 1,616 atau lebih dari 1 ada risiko untuk terjadinya MCU darah pada pekerja yang terpapar toluene..

5). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Kadar Mean Cospular Haemoglobin dalam darah

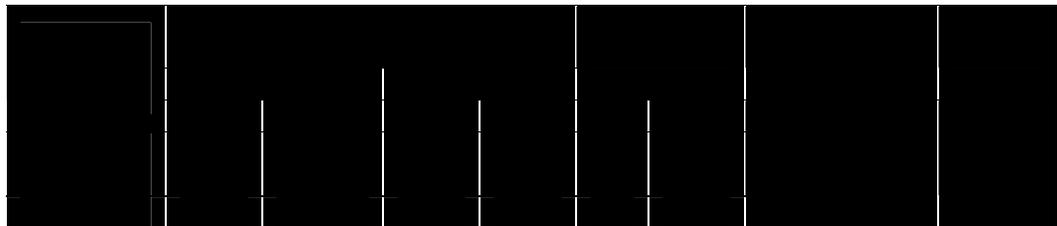
Tabel 4.8. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Kadar Mean Cospular Haemoglobin dalam darah



Pada penelitian ini, didapatkan bahwa dari 31 orang responden yang terpajan toluena ($\geq 0,5$ ppm), dilaporkan ada 21 orang karyawan (67,7%) yang mempunyai kadar MCH normal dalam darah (27-31 pg) dan responden yang tidak terpajan toluena yang memiliki MCH normal sebanyak 24,1%. Dari hasil penelitian diperoleh nilai $RP=0,425$ (95%CI=0,245-0,737). Dari uji *chi-square* ini, didapat nilai $p=0,02$ ($p<0,05$) artinya pada $\alpha=0,05$ ada perbedaan persentase yang signifikan proporsi kadar Mean Cospular Haemoglobin dalam darah antara karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm dan yang terpajan toluena $< 0,08$ ppm.

6). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Kadar Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat dalam darah

Tabel 4.9. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Kadar Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat dalam darah



Pada penelitian ini, didapatkan bahwa dari 31 orang responden yang terpajan toluena ($\geq 0,08$ ppm), dilaporkan ada 11 orang karyawan (35,5%) yang mempunyai

kadar MCHC normal dalam darah (32-36 gr/dL). Sedangkan dari 29 orang responden yang tidak terpajan toluena ($<0,08$ ppm), ada 12 orang karyawan (41,4%) yang mempunyai kadar MCHC normal dalam darah. Dari hasil uji *chi-square*, didapatkan $RP=1,101$ (95%CI=0,736-1,645) dan nilai $p=0,839$ ($p>0,05$), artinya pada $\alpha=0,05$, tidak ada perbedaan proporsi kadar Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat dalam darah yang signifikan antara karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm dan terpajan toluena $< 0,08$ ppm.

7). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Kadar Leukosit dalam darah

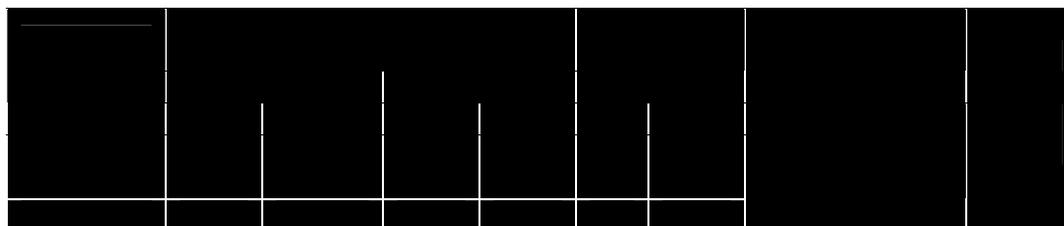
Tabel 4.10. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Kadar Leukosit dalam darah

...
...

Pada penelitian ini, didapatkan bahwa dari 31 orang responden yang terpajan toluena ($\geq 0,08$ ppm), ada 26 orang karyawan (83,9%) yang mempunyai kadar Leukosit normal dalam darah ($5,0-10,0/mm^3$). Sedangkan dari 29 orang responden yang tidak terpajan toluena ($<0,08$ ppm), ada 25 orang karyawan (86,2%) yang mempunyai kadar leukosit normal dalam darah. Dari hasil uji *chi-square*, didapatkan $RP= 1,169$ (95%CI=0,348-3,935) dan nilai $p=1,000$ ($p>0,05$), artinya pada $\alpha=0,05$, tidak ada perbedaan proporsi kadar leukosit dalam darah yang signifikan antara karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm dan terpajan toluena $< 0,08$ ppm.

8). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Kadar Trombosit dalam darah

Tabel 4.11. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Kadar Trombosit dalam darah



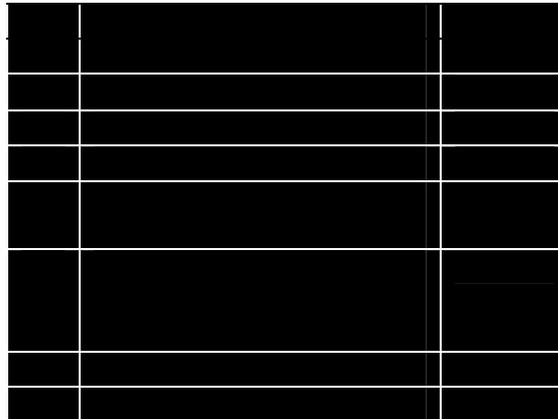
Pada penelitian ini, didapatkan bahwa dari 31 orang responden yang terpajan toluena ($\geq 0,08$ ppm), ada 29 orang karyawan (93,5%) yang mempunyai kadar Trombosit normal dalam darah ($15-40/\text{mm}^3$). Sedangkan dari 29 orang responden yang tidak terpajan toluena ($<0,08$ ppm), ada 27 orang karyawan (93,1%) yang mempunyai kadar trombosit normal dalam darah. Dari hasil uji *chi-square*, didapatkan $RP=0,935$ (95%CI= 0,141 – 6,214) dan nilai $p=1,000$ ($p>0,05$), artinya pada $\alpha=0,05$, tidak ada perbedaan proporsi kadar trombosit dalam darah yang signifikan antara karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm dan terpajan toluena $< 0,08$ ppm.

3. Analisis Multivariat

Analisis regresi logistik dilakukan apabila dalam analisis bivariat, masing-masing variabel bebas mendapatkan nilai $p<0,25$ untuk mendapatkan model yang terbaik, semua variabel yang memenuhi syarat dimasukkan bersama-sama untuk dipertimbangkan menjadi model dengan dimasukkan bersama-sama bersama-sama untuk dipertimbangkan menjadi model dengan hasil menunjukkan nilai $p<0,05$

variabel yang terpilih dimasukkan ke dalam model, dan nilai p yang tidak signifikan ($p > 0,05$) dikeluarkan dari model.

Tabel 4.12. Nilai P yang diperoleh dari analisis bivariat (Uji chi square) dengan variabel terikat paparan toluena



Dari tabel 4.12 di atas, variabel yang mempunyai nilai $p < 0,050$ adalah : haemoglobin, RBC dan Mean Cospular Haemoglobin. Selanjutnya variabel tersebut diuji dengan menggunakan uji regresi logistik dengan variabel pajanan toluena dan variabel perancu yang terdiri dari merokok, status gizi dan masa kerja.

- 1) Uji Regresi Logistik untuk variabel Haemoglobin dengan Paparan Toluena, Merokok, Status Gizi Dan Masa Kerja

Tabel 4.13. Uji Regresi Logistik untuk variabel Haemoglobin dengan Paparan Toluena, Merokok, Status Gizi (IMT) dan Masa Kerja

Variabel kebiasaan merokok, masa kerja dan IMT mempunyai nilai $p > 0,05$ sedangkan variabel paparan toluena memiliki nilai $p < 0,05$ dengan nilai $OR = 5,753$ ($CI\ 95\% = 1,719 - 19,256$). Hal ini menunjukkan bahwa paparan toluena dominan berpengaruh terhadap tidak normalnya kadar haemoglobin, dan karyawan yang terpapar toluena $\geq 0,08$ ppm cenderung memiliki kadar haemoglobin yang tidak normal sebesar 5,753 kali dibandingkan dengan karyawan terpapar toluena $< 0,08$ ppm .

2) Uji Regresi Logistik untuk variabel Red Blood Cell dengan Paparan Toluena, Merokok, Status Gizi Dan Masa Kerja

Tabel 4.14. Uji Regresi Logistik untuk variabel Red Blood Cell dengan Paparan Toluena, Merokok, Status Gizi (IMT) dan Masa Kerja

Variabel kebiasaan merokok, masa kerja dan IMT mempunyai nilai p -Wald $> 0,05$ sedangkan variabel paparan toluena memiliki nilai $p < 0,05$ dengan nilai OR = 3,428 (CI 95% = 1,105 - 10,638). Hal ini menunjukkan bahwa paparan toluena dominan berpengaruh terhadap tidak normalnya kadar RBC, dan karyawan yang terpapar toluena $\geq 0,08$ ppm cenderung memiliki kadar RBC yang tidak normal sebesar 3,428 kali dibandingkan dengan karyawan yang terpapar toluena $< 0,08$ ppm.

- 3) Uji Regresi Logistik untuk variabel MCH dengan Paparan Toluena, Merokok, Status Gizi Dan Masa Kerja

Tabel 4.15. Uji Regresi Logistik untuk variabel Red Blood Cell dengan Paparan Toluena, Merokok, Status Gizi (IMT) dan Masa Kerja

Variabel kebiasaan merokok, masa kerja dan IMT mempunyai nilai p-Wald $>0,05$ sedangkan variabel paparan toluena memiliki nilai p-Wald $< 0,05$ dengan nilai OR = 0,136 (CI 95% = 0,041 - 0,451). Hal ini menunjukkan bahwa paparan toluena dominan berpengaruh terhadap tidak normalnya kadar MCH tetapi belum dapat dikatakan bahwa paparan toluena merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan terhadap MCH.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

A. Lokasi penelitian

Kilang Paraxylena merupakan kilang petrokimia yang dibangun pada tahap III pada tahun 1988 dan mulai beroperasi pada tahun 1990 untuk meningkatkan nilai tambah nafta dari kilang FOC II (*Fuel Oil Complex II*). Kilang Paraxylena menghasilkan paraxylena dari proses aromatisasi *heavy naphta* dalam unit *platformer* yang kemudian dipisahkan untuk memproduksi toluena dengan ekstraksi dan paraxylena dengan absorpsi. Kapasitas produksi paraxylena adalah 270.000 ton/tahun, sedangkan toluena 118.000 ton/tahun. Selain paraxylena dan toluena, juga dihasilkan LPG, rafinat, *heavy aromatics*, dan toluena.

Kilang Paraxylena PT. Pertamina (Persero) UP IV Cilacap berlokasi di Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah. Sebelah Utara berbatasan dengan UPMS IV *Lube Oil Blending Plant*, sebelah Selatan berbatasan dengan UPMS IV Cilacap, sebelah Barat berbatasan dengan sungai Donan, dan sebelah Timur berbatasan dengan Transit Terminal Lomanis UPMS IV dan kompleks kantor Donan dan Sidanegara.

B. Gambaran Responden Penelitian

Kuesioner diberikan pada 80 orang karyawan Kilang Paraxylene yang terbagi dalam 4 (empat) *shift*. Pada saat dilakukan pengambilan sampel darah, terdapat 68 orang yang berpartisipasi, yaitu masing-masing *shift* terdapat 17 orang. Responden yang tidak diambil sampel darah dan urin dikarenakan tidak masuk kerja karena sakit atau sedang dinas ke luar kota. Responden yang mengembalikan kuesioner hanya sekitar 75%, yaitu 60 orang

D. Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan program komputer SPSS versi 13.00 , yang terdiri dari analisis univariat, bivariat, dan multivariat.

1. Analisis univariat

a. Distribusi statistik deskriptif.

Tabel 4.1. Distribusi statistik deskriptif pada responden.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
IMT (Kg/m ²)	60	20,9	33,1	25,972	2,5935
Jumlah Rokok (btg/hari)	60	0	24	5.52	8.033
Masa Kerja (tahun)	60	3	17	13.68	2.807
Paparan Toluena (ppm)	60	.012	.404	.11013	.079380
Haemoglobin (gr/dL)	60	12.40	17.80	14.4550	1.65994
Red Blood Cel (μl)	60	4.20	5.40	4.6850	.36999
Hematokrit (%)	60	36.80	48.70	43.5983	2.60081
Mean Cospular Volume (fl)	60	75.47	112.79	93.4981	7.86185
Mean Cospular Haemoglobin (pg)	60	24.04	36.19	30.8571	2.57304
Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat (g/dL)	60	26.19	41.00	33.2095	3.68960
Leukosit (/mm ³)	60	3.90	13.90	7.6900	1.87053
Trombosit (/mm ³)	60	12.00	35.90	24.0217	5.96371

Dari tabel diatas dapat diuraikan sebagai berikut :

1). Kadar Toluena OVM

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Toluena OVM karyawan 0,110 ppm dengan standar deviasi 0,079 ppm. Paparan toluena karyawan yang terkecil sebesar 0,012 ppm dan yang tertinggi 0,404 ppm.

2). Kadar Haemoglobin dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Haemoglobin dalam darah 14,46 gr/dL dengan standar deviasi 1,66 gr/dl. Kandungan Haemoglobin dalam darah yang terkecil sebesar 12,40 gr/dL dan yang tertinggi 17,80 gr/dL.

3). Kadar Red Blood Cell dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Red Blood Cell dalam darah 4,69 μ l dengan standar deviasi 0,37 μ l. Kandungan Red Blood Cell dalam darah yang terkecil sebesar 4,20 μ L dan yang tertinggi 5,40 μ L.

4). Kadar Hematokrit dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Hematokrit dalam darah 43,60% dengan standar deviasi 2,60%. Kandungan Hematokrit dalam darah yang terkecil sebesar 36,80% dan yang tertinggi 48,70%.

5). Kadar *Mean Cospular Volume* dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Mean Cospular Volume dalam darah 93,49 fl dengan standar deviasi 7,86 fl. Kandungan Kadar Mean Cospular Volume dalam darah yang terkecil sebesar 75,47 fl dan yang tertinggi 112,79 fl.

6). Kadar *Mean Cospular Haemoglobin* dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Mean Cospular Haemoglobin dalam darah 30,86 pg dengan standar deviasi 2,57 pg. Kandungan Kadar Mean Cospular Haemoglobin dalam darah yang terkecil sebesar 24,04 pg dan yang tertinggi 36,19 pg.

7). Kadar *Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat* dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar *Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat* dalam darah 33,21 gr/dL dengan standar deviasi 3,69 gr/dL. Kandungan Kadar *Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat* dalam darah yang terkecil sebesar 26,19 gr/dL dan yang tertinggi 41,00 gr/dL.

8). Kadar Leukosit dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Leukosit dalam darah $7,69/\text{mm}^3$ dengan standar deviasi $1,87/\text{mm}^3$. Kandungan Leukosit dalam darah yang terkecil sebesar 3,90 per mm^3 dan yang tertinggi 13,90 per mm^3 .

9). Kadar Trombosit dalam darah

Dari tabel 4.1, hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata Kadar Trombosit dalam darah $24,02/\text{mm}^3$ dengan standar deviasi $5,96/\text{mm}^3$. Kandungan Trombosit dalam darah yang terkecil sebesar $12/\text{mm}^3$ dan yang tertinggi $35,90/\text{mm}^3$.

b. Hasil uji statistik untuk normalitas data.

Sebelum dilakukan analisis bivariat (uji korelasi), terlebih dahulu dilakukan uji normalitas data menggunakan uji *Shapiro-Wilk*, karena jumlah data masing-masing variabel sebanyak 60 data. Variabel yang mempunyai nilai $p \leq 0,05$ berarti data berdistribusi tidak normal, sedangkan bila nilai $p > 0,05$ maka data berdistribusi normal. Hasil uji normalitas data disajikan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil uji normalitas data (uji *Shapiro-Wilk*)

Variabel	W	Significance
IMT		
Hematokrit		
kadar Trombosit		
jumlah rokok		
masa kerja		
haemoglobin		
Red Blood Cell		
kadar toluena OVM		
mean cospular volume		
mean cospular haemoglobin		
mean cospular haemoglobin concentrat		
leukosit		

Dari tabel 4.2 didapatkan hasil :

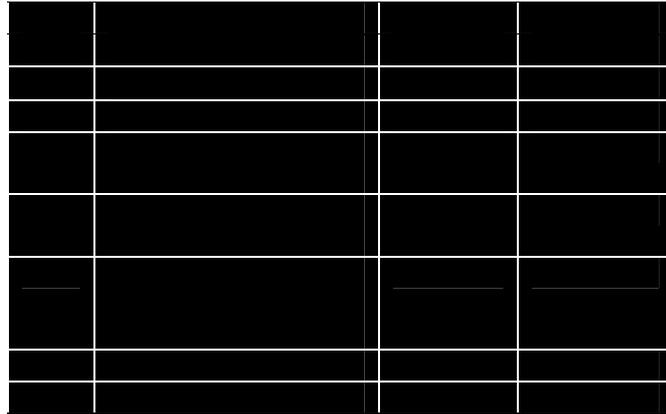
- c. Data yang berdistribusi normal : IMT, Hematokrit, dan kadar Trombosit.
- d. Data yang berdistribusi tidak normal : jumlah rokok, masa kerja, haemoglobin, Red Blood Cell, kadar toluena OVM, mean cospular volume, mean cospular haemoglobin, mean cospular haemoglobin concentrat, leukosit.

2. Analisis bivariat

a. Uji korelasi

1). Uji korelasi (*Kendall tau-b*) dengan variabel terikat kadar toluena OVM.

Tabel 4.3. Hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan variabel terikat kadar toluena OVM



Dari hasil analisis korelasi *Kendall tau-b*, antara variabel bebas kadar toluena ovm dengan semua variabel terikat seperti pada tabel diatas didapatkan nilai $p < 0,05$ untuk variabel *Haemoglobin, Red Blood Cell, Mean Cospular Haemoglobin, Mean Cospular Haemoglobin Concentrat*, ini berarti ada hubungan yang signifikan antara kadar toluena ovm dengan variabel tersebut. Sedangkan untuk variabel Mean Cospular Volume, hematokrit, leukosit dan trombosit tidak ada hubungan karena nilai $p > 0,05$.

b. Uji *Chi-Square*

Uji *Chi-Square* digunakan untuk menganalisis hubungan antara dua variabel dalam bentuk kategori.

1). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Haemoglobin

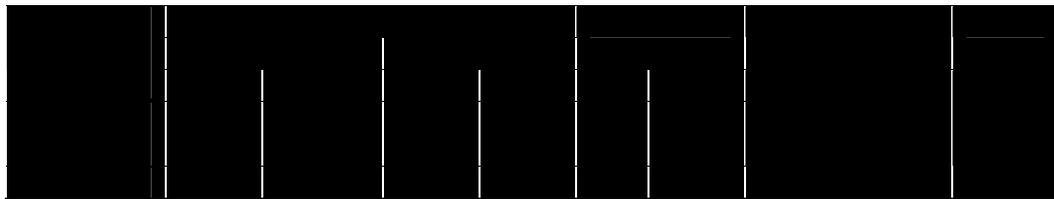
Tabel 4.4. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Haemoglobin



Hasil dari uji *chi-square* pada penelitian ini, prevalensi kadar haemoglobin dalam darah untuk karyawan yang tidak normal yang terpajan toluena adalah sebesar 58,1 %, dan untuk karyawan normal yang terpajan toluena adalah sebesar 41,9%. Nilai $p = 0,007$ ($p < 0,05$), berarti pada $\alpha = 0,05$ ada perbedaan yang signifikan untuk persentase haemoglobin darah yang tidak normal dan haemoglobin darah yang normal (13-18 gr/dL) antara karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm dan karyawan yang tidak terpajan toluena $< 0,08$ ppm. Nilai RP = 2,806 (95%CI=1,296 – 6,078), hal ini berarti peluang risiko bagi karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm punya risiko lebih besar untuk mempunyai kadar haemoglobin sebesar 2,806 kali bila dibandingkan dengan karyawan yang terpajan toluena $< 0,08$ ppm .

2). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Red Blood Cell

Tabel 4.5. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Red Blood Cell



Hasil dari uji *chi-square* pada penelitian ini, prevalensi kadar Red Blood Cell dalam darah untuk karyawan dengan RBC yang tidak normal yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm adalah sebesar 51,6 %, dan untuk karyawan normal yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm adalah sebesar 48,4%. Nilai $p=0,055$ ($p<0,05$). Berarti pada $\alpha=0,05$ tidak ada perbedaan yang signifikan untuk persentase Red Blood Cell darah antara karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm dan karyawan yang terpajan toluena $< 0,08$ ppm.

3). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Kadar Hematokrit dalam darah

Tabel 4.6. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Kadar Hematokrit dalam darah



Pada penelitian ini, didapatkan bahwa dari 31 orang responden yang terpajan toluena ($\geq 0,5$ ppm), dilaporkan ada 27 orang karyawan (87,1%) yang mempunyai kadar Hematokrit normal dalam darah (40-48 %). Sedangkan dari 29 orang responden yang tidak terpajan toluena ($<0,08$ ppm), ada 27 orang karyawan (93,1 %) yang mempunyai kadar hematokrit normal dalam darah. Dari hasil uji *chi-square*, didapatkan $RP=1,871$ ($95\%CI=0,370-9,455$) dan nilai $p=0,731$ ($p>0,05$), artinya

pada $\alpha=0,05$, tidak ada perbedaan proporsi kadar hematokrit dalam darah yang signifikan antara karyawan yang terpajan dan tidak terpajan toluena. Dengan RP 1,871, ada risiko 1,871 pada karyawan yang terpapar toluene untuk terjadinya kelainan/ peningkatan hematologi.

4). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Kadar Mean Cospular Volume dalam darah

Tabel 4.7. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Kadar Mean Cospular Volume dalam darah

Pada penelitian ini, didapatkan bahwa dari 31 orang responden yang terpajan toluena ($\geq 0,08$ ppm), dilaporkan ada 19 orang karyawan (61,3%) yang mempunyai kadar MCV normal dalam darah (82-92 fl). Sedangkan dari 29 orang responden yang tidak terpajan toluena ($<0,08$ ppm), ada 18 orang karyawan (62,1%) yang mempunyai kadar MCV normal dalam darah. Dari hasil uji *chi-square*, didapatkan RP=1,616 (95%CI= 0,939 – 2,782) dan nilai $p=0,121$ ($p>0,05$), artinya pada $\alpha=0,05$, tidak ada perbedaan proporsi kadar Mean Cospular Volume dalam darah yang signifikan. Namun dengan RP 1,616 atau lebih dari 1 ada risiko untuk terjadinya MCU darah pada pekerja yang terpapar toluene..

5). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Kadar Mean Cospular Haemoglobin dalam darah

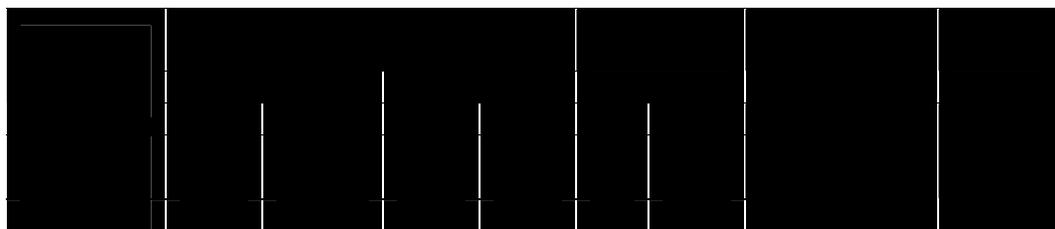
Tabel 4.8. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Kadar Mean Cospular Haemoglobin dalam darah



Pada penelitian ini, didapatkan bahwa dari 31 orang responden yang terpajan toluena ($\geq 0,5$ ppm), dilaporkan ada 21 orang karyawan (67,7%) yang mempunyai kadar MCH normal dalam darah (27-31 pg) dan responden yang tidak terpajan toluena yang memiliki MCH normal sebanyak 24,1%. Dari hasil penelitian diperoleh nilai $RP=0,425$ (95%CI=0,245-0,737). Dari uji *chi-square* ini, didapat nilai $p=0,02$ ($p<0,05$) artinya pada $\alpha=0,05$ ada perbedaan persentase yang signifikan proporsi kadar Mean Cospular Haemoglobin dalam darah antara karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm dan yang terpajan toluena $< 0,08$ ppm.

6). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Kadar Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat dalam darah

Tabel 4.9. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Kadar Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat dalam darah



Pada penelitian ini, didapatkan bahwa dari 31 orang responden yang terpajan toluena ($\geq 0,08$ ppm), dilaporkan ada 11 orang karyawan (35,5%) yang mempunyai

kadar MCHC normal dalam darah (32-36 gr/dL). Sedangkan dari 29 orang responden yang tidak terpajan toluena ($<0,08$ ppm), ada 12 orang karyawan (41,4%) yang mempunyai kadar MCHC normal dalam darah. Dari hasil uji *chi-square*, didapatkan $RP=1,101$ (95%CI=0,736-1,645) dan nilai $p=0,839$ ($p>0,05$), artinya pada $\alpha=0,05$, tidak ada perbedaan proporsi kadar Mean Cospular Haemoglobin Conscentrat dalam darah yang signifikan antara karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm dan terpajan toluena $< 0,08$ ppm.

7). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Kadar Leukosit dalam darah

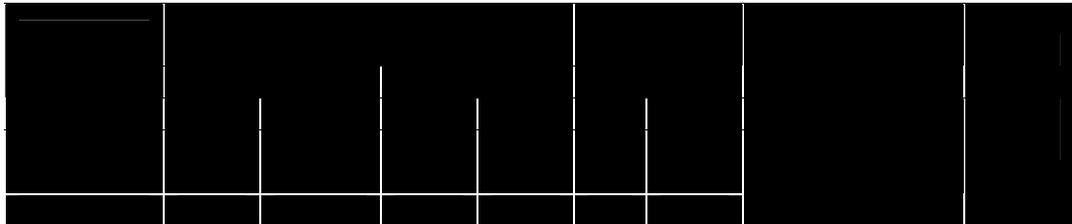
Tabel 4.10. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Kadar Leukosit dalam darah

31				

Pada penelitian ini, didapatkan bahwa dari 31 orang responden yang terpajan toluena ($\geq 0,08$ ppm), ada 26 orang karyawan (83,9%) yang mempunyai kadar Leukosit normal dalam darah ($5,0-10,0/\text{mm}^3$). Sedangkan dari 29 orang responden yang tidak terpajan toluena ($<0,08$ ppm), ada 25 orang karyawan (86,2%) yang mempunyai kadar leukosit normal dalam darah. Dari hasil uji *chi-square*, didapatkan $RP= 1,169$ (95%CI=0,348-3,935) dan nilai $p=1,000$ ($p>0,05$), artinya pada $\alpha=0,05$, tidak ada perbedaan proporsi kadar leukosit dalam darah yang signifikan antara karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm dan terpajan toluena $< 0,08$ ppm.

8). Hubungan antara kadar pajanan toluena (toluena OVM) dengan Kadar Trombosit dalam darah

Tabel 4.11. Distribusi kadar pajanan toluena responden dengan Kadar Trombosit dalam darah



Pada penelitian ini, didapatkan bahwa dari 31 orang responden yang terpajan toluena ($\geq 0,08$ ppm), ada 29 orang karyawan (93,5%) yang mempunyai kadar Trombosit normal dalam darah ($15-40/\text{mm}^3$). Sedangkan dari 29 orang responden yang tidak terpajan toluena ($<0,08$ ppm), ada 27 orang karyawan (93,1%) yang mempunyai kadar trombosit normal dalam darah. Dari hasil uji *chi-square*, didapatkan $RP=0,935$ ($95\%CI= 0,141 - 6,214$) dan nilai $p=1,000$ ($p>0,05$), artinya pada $\alpha=0,05$, tidak ada perbedaan proporsi kadar trombosit dalam darah yang signifikan antara karyawan yang terpajan toluena $\geq 0,08$ ppm dan terpajan toluena $< 0,08$ ppm.

3. Analisis Multivariat

Analisis regresi logistik dilakukan apabila dalam analisis bivariat, masing-masing variabel bebas mendapatkan nilai $p<0,25$ untuk mendapatkan model yang terbaik, semua variabel yang memenuhi syarat dimasukkan bersama-sama untuk dipertimbangkan menjadi model dengan dimasukkan bersama-sama bersama-sama untuk dipertimbangkan menjadi model dengan hasil menunjukkan nilai $p<0,05$

variabel yang terpilih dimasukkan ke dalam model, dan nilai p yang tidak signifikan ($p > 0,05$) dikeluarkan dari model.

Tabel 4.12. Nilai P yang diperoleh dari analisis bivariat (Uji chi square) dengan variabel terikat paparan toluena

Dari tabel 4.12 di atas, variabel yang mempunyai nilai $p < 0,050$ adalah : haemoglobin, RBC dan Mean Cospular Haemoglobin. Selanjutnya variabel tersebut diuji dengan menggunakan uji regresi logistik dengan variabel pajanan toluena dan variabel perancu yang terdiri dari merokok, status gizi dan masa kerja.

- 4) Uji Regresi Logistik untuk variabel Haemoglobin dengan Paparan Toluena, Merokok, Status Gizi Dan Masa Kerja

Tabel 4.13. Uji Regresi Logistik untuk variabel Haemoglobin dengan Paparan Toluena, Merokok, Status Gizi (IMT) dan Masa Kerja

Variabel kebiasaan merokok, masa kerja dan IMT mempunyai nilai $p > 0,05$ sedangkan variabel paparan toluena memiliki nilai $p < 0,05$ dengan nilai OR = 5,753 (CI 95% = 1,719 - 19,256). Hal ini menunjukkan bahwa paparan toluena dominan berpengaruh terhadap tidak normalnya kadar haemoglobin, dan karyawan yang terpapar toluena $\geq 0,08$ ppm cenderung memiliki kadar haemoglobin yang tidak normal sebesar 5,753 kali dibandingkan dengan karyawan terpapar toluena $< 0,08$ ppm .

5) Uji Regresi Logistik untuk variabel Red Blood Cell dengan Paparan Toluena, Merokok, Status Gizi Dan Masa Kerja

Tabel 4.14. Uji Regresi Logistik untuk variabel Red Blood Cell dengan Paparan Toluena, Merokok, Status Gizi (IMT) dan Masa Kerja

Variabel kebiasaan merokok, masa kerja dan IMT mempunyai nilai p -Wald $> 0,05$ sedangkan variabel paparan toluena memiliki nilai $p < 0,05$ dengan nilai OR = 3,428 (CI 95% = 1,105 - 10,638). Hal ini menunjukkan bahwa paparan toluena dominan berpengaruh terhadap tidak normalnya kadar RBC, dan karyawan yang terpapar toluena $\geq 0,08$ ppm cenderung memiliki kadar RBC yang tidak normal sebesar 3,428 kali dibandingkan dengan karyawan yang terpapar toluena $< 0,08$ ppm.

- 6) Uji Regresi Logistik untuk variabel MCH dengan Paparan Toluena, Merokok, Status Gizi Dan Masa Kerja

Tabel 4.15. Uji Regresi Logistik untuk variabel Red Blood Cell dengan Paparan Toluena, Merokok, Status Gizi (IMT) dan Masa Kerja

Variabel kebiasaan merokok, masa kerja dan IMT mempunyai nilai p-Wald $>0,05$ sedangkan variabel paparan toluena memiliki nilai p-Wald $< 0,05$ dengan nilai OR = 0,136 (CI 95% = 0,041 - 0,451). Hal ini menunjukkan bahwa paparan toluena dominan berpengaruh terhadap tidak normalnya kadar MCH tetapi belum dapat dikatakan bahwa paparan toluena merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan terhadap MCH.

BAB V

PEMBAHASAN

Dari hasil analisis bivariat (*chi-square*) terdapat variabel terikat yang bermakna ($p < 0,05$) dan tidak bermakna ($p > 0,05$). Untuk variabel terikat yang tidak bermakna adalah Haematokrit (Hb), Mean Cospular Volume (MCV), Mean Cospular Haemoglobin Consentrat (MCHC), Leukosit dan Trombosit. Sedangkan variabel yang terikat yang bermakna yaitu Haemoglobin (Hb), Red Blood Cell (RBC) dan Mean Cospular Haemoglobin (MCH).

Analisis regresi logistik dilakukan apabila dalam analisis bivariat, masing-masing variabel bebas mendapatkan nilai $p < 0,05$ untuk mendapatkan model yang terbaik. Variabel yang memenuhi syarat dimasukkan bersama-sama untuk dipertimbangkan menjadi model dengan hasil menunjukkan nilai $p < 0,05$. Variabel yang terpilih dimasukkan ke dalam model, dan nilai p yang tidak signifikan ($p > 0,05$) dikeluarkan dari model.

Asap rokok diketahui signifikan meningkatkan kadar pajanan.³ Dengan asumsi inhalasi 80 – 100 mikrogram toluena persatu batang rokok dan 50 % absorpsi 1 menghisap rokok satu batang sehari berkompetensi pada peningkatan dosis terabsorpsi sebesar 1000 mikro gram toluena/ hari. Dari hasil pengamatan di lapangan rata – rata pekerja menghisap rokok sebesar 5,52 batang/hari dan ada yang menghisap sampai 24 batang sehari. Selain itu juga diketahui bahwa dalam rokok terkandung toluene sehingga membentuk efek sinergis antara kebiasaan merokok dengan jumlah paparan toluene dalam darah dan menyebabkan karyawan yang 85 ok memiliki risiko lebih besar untuk mengalami kerusakan jaringan.

Menurut Andersen dkk (1983), efek kronis akan terjadi gangguan setelah masa kerja 6 – 8 tahun, yaitu penurunan yang signifikan berupa gangguan pada syaraf sistemik dan terjadi efek kronis pada penglihatan warna mengalami kerusakan signifikan pada pekerja yang kontak dengan toluena.^{10,12,13} Berdasarkan data ada 57 orang (95 %) dari ke 60 responden yang bekerja lebih dari 8 tahun, sehingga risiko untuk terpajan toluena lebih besar. Hal ini memperbesar peluang untuk menderita penyakit yang diakibatkan oleh pajanan toluena, yaitu kerusakan CNS, dan kerusakan pada kornea mata serta gangguan yang lain.

Berdasarkan pengamatan di lapangan diperoleh data bahwa interval status gizi atau IMT berkisar antara 20,9 sampai 33,1 kg/mm² dengan nilai mean 25,975 artinya banyak pekerja yang status gizinya normal (IMT=18,5 sampai dengan 20,5 kg/mm²) 20 orang atau 33 % dari sampel penelitian. Sedangkan sisanya sebanyak 40 responden dengan status gizi tidak normal (IMT > 25,0 kg/mm²). Dari hasil pengamatan terhadap responden menunjukkan bahwa IMT tidak normal terdapat pada 40 (66,67 %) dari 60 responden. IMT lebih dari 25,0 kg/mm² cenderung ke arah gemuk (obesitas) yang biasanya memiliki simpanan lemak yang tinggi. Hal ini karena responden tersebut banyak mendapatkan *intake* makanan, karena responden bekerja di lingkungan paparan toluene, dimungkinkan paparan toluene masuk bersamaan dengan makanan sehingga responden yang gemuk kadar toluennya cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan responden dengan IMT normal (< 25 kg/mm²). Adapun toluene dan benzene bersifat lipofilik sehingga banyak terdapat pada orang yang gemuk atau gizi lebih, artinya lemak akan mengikat toluene dan benzene menjadi residu di

dalam tubuh sehingga responden yang gemuk cenderung memiliki kadar toluene dalam darah yang tinggi.

Kadar paparan toluena yang ditemukan pada responden berkisar antara 0,012 – 0,404 ppm, jauh di bawah nilai ambang batas dari ACGIH 1999 (50 ppm). Penggunaan MRL (*Minimal Risk Level*) = 0,08 ppm dari ATSDR 2001 sebagai ambang batas dalam penelitian ini lebih disebabkan karena MRL merupakan ambang batas terkecil dalam penilaian risiko kesehatan, dan bila menggunakan standar ACGIH 1999, maka akan sulit dalam interpretasi data, karena kadar paparan toluena yang terukur semua di bawah 1 ppm.

Dari hasil pengamatan di lapangan, semua karyawan Kilang Paraxylena, baik yang menjadi responden maupun yang bukan responden, telah melaksanakan aturan dengan mengenakan alat pelindung diri berupa sarung tangan dan respirator ketika mereka bekerja di plant. Dengan mengenakan alat pelindung diri tersebut, manajemen sudah mengusahakan pengurangan paparan toluena ke tubuh tenaga kerja baik secara inhalasi maupun yang terabsorpsi melalui kulit.

Untuk petugas yang bekerja di *control room*, sebagian besar pekerjaannya dihabiskan dalam *control room*, yaitu ruang pengendalian pengoperasian Kilang Paraxylena yang bersifat kedap udara, sehingga jalur masuk toksisitas paparan toluena ke dalam tubuh tenaga kerja telah berkurang. Hanya sesekali waktu tenaga kerja tersebut keluar dari ruangan *control room* yang paparan toluennya lebih kecil..

Hasil penelitian ditemukan adanya perubahan profil darah pada pekerja yang berhubungan pajanan toluena, hal ini diduga berkaitan dengan adanya gangguan pada sum-sum tulang pada proses pembentukan sel-sel darah

(*red blood cell* dan haemoglobin). Haemoglobin adalah protein pembawa oksigen eritrosit yang berkembang dalam sum-sum tulang dan merupakan protein konjugasi yang mengandung empat gugus heme dan globin, bersifat oksigenasi reversibel.

Individu yang menghirup toluena dalam waktu berkelanjutan dapat mengacaukan sistem produksi darah yang normal dan menyebabkan berkurangnya komponen penting dari darah. Berkurangnya sel darah merah dapat menyebabkan anemia.. Produksi darah dapat kembali normal apabila pajanan terhadap toluena dihentikan..

Efek toksik yang paling berarti pada pajanan toluena adalah kerusakan sumsum tulang yang terjadi secara laten dan sering *ireversibel*, mungkin disebabkan oleh metabolit toluena epoksida. Kerentanan individual akan temuan hematologis sangat bervariasi. Perubahan-perubahan yang bisa terjadi adalah trombositopenia, leukopenia, anemia, atau gabungan dari ketiganya (pansitopenia). Fase awal yang bersifat iritatif dengan peningkatan jumlah elemen darah seringkali dapat mendahului gejala-gejala lain.

Dari hasil analisis, diketahui bahwa responden dengan kebiasaan merokok di atas 5 batang perhari sebanyak 24 orang (40 %), responden dengan masa kerja lebih dari 8 tahun sebanyak 57 orang (95 %) dan responden dengan status gizi/ IMT tidak normal ($>25 \text{ kg/mm}^2$) sebanyak 20 orang (33,33%) memiliki risiko yang besar terhadap perubahan profil darahnya. Apabila dilihat secara bersamaan, responden yang paling berisiko mendapatkan gangguan kesehatan akibat paparan toluene, adalah responden yang merokok lebih dari 5 batang/hari, dengan masa kerja di Kilang Paraxlena lebih dari 8 tahun, dengan nilai IMT lebih dari 25 kg/mm^2 . Artinya responden dengan kriteria di atas

memiliki risiko yang paling besar untuk mendapatkan gangguan kesehatan akibat efek sinergis dari paparan toluene.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, maka kesimpulan yang dapat dikemukakan adalah :

1. Rata – rata paparan toluene dalam darah responden sebesar 0,110 ppm, di atas ambang batas sebesar 0,08 ppm.
2. Ada hubungan yang signifikan antara pajanan toluena OVM dengan Hb darah pekerja.
3. Tidak ada hubungan yang signifikan antara pajanan toluena OVM dengan Eritrocyt darah pekerja.
4. Tidak ada hubungan yang signifikan antara pajanan toluena OVM dengan Trombosit darah pekerja.
5. Tidak ada hubungan yang signifikan antara pajanan toluena OVM dengan Hematokrit darah pekerja.
6. Tidak ada hubungan yang signifikan antara pajanan toluena OVM dengan Mean Cospular Volume darah pekerja.
7. Ada hubungan yang signifikan antara pajanan toluena OVM dengan Mean Cospular Haemoglobin darah pekerja.
8. Tidak ada hubungan yang signifikan antara pajanan toluena OVM dengan Mean Cospular Haemoglobin Consentrat darah pekerja.
9. Tidak ada hubungan yang signifikan antara pajanan toluena OVM dengan Leukosit darah pekerja.

B. Saran

1. Toksisitas toluena terhadap tenaga kerja lebih disebabkan karena bersamaan dengan paparan benzena yang bersifat karsinogenik dengan darah sebagai target utama diperlukan pemeriksaan kesehatan secara berkala terutama pemeriksaan profil darah untuk memantau dan mencegah efek merugikan dari paparan toluena sebagai *co-exposure* toluena terhadap tenaga kerja.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata – rata pajanan toluene padakaryawan > 0,08 ppm, penggunaan Alat Pelindung Diri sangat penting. Perlu diterapkan sanksi yang ketat bagi pekerja yang tidak menggunakan APD pada saat memasuki kilang Paraxylene .
3. Perlu dilaksanakan penelitian selanjutnya untuk mengukur metabolit toluene dalam tubuh untuk mengetahui adanya paparan toluene simpul 3, yaitu kadar toluene dalam darah.
4. Perlu juga dilakukan penelitian pengukuran kadar toluene udara emisi di *plant* secara kontinyu dan pemeriksaan darah rutin pada pekerja pada kilang Paraxylene.

DAFTAR PUSTAKA

1. **Pertamina Unit Pengolahan IV Cilacap**. 2 Desember 2006. From URL: http://www.download\Unit_Pengolahan_IV_files
2. **ToxFAQs™ for Toluene**. February 2001. From URL: <http://www.Artikel\Toluene\tfacts56.html>.
3. Toluene Toxicity. February 2001. From URL: <http://www.DepartmentofHealthANDHumanService.com>
4. Public Health statement for Toluene. May 1994. From URL: [\download\phs56.html](http://www.download\phs56.html)
5. Andersen I, Lundqvist GR, Molhave L, et al. 1983. Human response to controlled levels of toluene in six-hour exposures. *Scand J Work Environ Health* 9:405-418
6. Baelum J, Andersen I, Lundqvist GR, et al. 1985. Response of solvent-exposed printers and unexposed controls to six-hour toluene exposure. *Scand J Work Environ Health* 11:271-280.
7. Echeverria D, Fine L, Langolf G, et al. 1991. Acute behavioural comparisons of toluene and ethanol in human subjects. *Br J Ind Med* 48:750-761.
8. Orbaek P, Nise G. 1989. Neurasthenic complaints and psychometric function of toluene- exposed rotogravure printers. *Am J Ind Med* 16:67-77.
9. Zavalic M, Mandic Z, Turk R, et al. 1998a. Quantitative assessment of color vision impairment in workers exposed to toluene. *Am J Ind Med* 33(3):297-304.
10. Boey KW, Foo SC, Jeyaratnam J. 1997. Effects of occupational exposure to toluene: aneuropsychological study on workers in Singapore. *Ann Acad Med Singapore*. 26(2):84-7
11. Zavalic M, Mandic Z, Turk R, et al. 1998b. Assessment of colour vision impairment in male workers exposed to toluene generally above occupational exposure limits. *Occup Med* 48(3):175-180.
12. Zavalic M, Mandic Z, Turk R, et al. 1998c. Qualitative color vision impairment in toluene-exposed workers. *Int Arch Occup Environ Health* 71:194-200
13. Caldemeyer KS, Armstrong SW, George KK, et al. 1996. The spectrum of neuroimaging abnormalities in solvent abuse and their clinical correlation. *J Neuroimaging* 6(3):167-73.
14. Foo SC, Jeyaratnam J, Koh D. 1990. Chronic neurobehavioural effects of toluene. *Br J Ind Med* 47:480-484.

15. Johnson AC, Juntunen L, Nysten P, et al. 1988. Effect of interaction between noise and toluene on auditory function in the rat. *Acta Otolaryngol* 101:56-63.
16. Ronald M. Scott, 1995, *Introduction to Industrial Hygiene*, Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo Page 106 – 119.
17. Richard B. Philp, D.V.M., Ph.D, Profesor, *Environmental Hazards and Human Health*, Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo Page. 151 - 163.
18. Sylvia Anderson Price, Ph.D, R.N. and Lorraine McCarty Wilson, Ph.D, R.N, 1995, *Fisiologi Clinical Concepts of Disease Processes (Fisiologi Proses Penyakit)*, Edisi IV Buku Pertama, Penerbit Buku Kedokteran, Cetakan Pertama, Halaman 221 – 279
19. Michael S, Bisesi, Ph.D., CIH and James P. Kohn, Ed.D., CSP, CIH, 1995, *Industrial Hygiene Evaluation Methods*, Lewis Publishers, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo Page 2-6 – 2-9.
20. World Health Organization (WHO), Geneva, 1996, *Biological Monitoring of Chemical Exposure in the Workplace, Guidelines, Volume 2, Page 73 – 89.*
21. Carl Zenz, M.D., Sc.D; O. Bruce Dickerson, M.D., M.P.H.; Edward P. Horvath, JR., M.D., M.P.H, 1994, *Occupational Medicine, Third Edition*, Mosby, St. Louis, Baltimore, Boston, Chicago, London, Madrid, Philadelphia, Sydney, Toronto, Page 719 – 731
22. Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR), *Toxicological Profiles for Benzene (Draft for Public Comment)*, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, Georgia, U.S.A. September 2005, From : URL (<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.html>)
23. Manahan, Stanley E. *Toxicological Chemistry*. 2nd ed, Lewis Publisher, Chelsea-Michigan, U.S.A, 1992 :319.
24. Lan, Q et al, Hematotoxicity in workers exposed to low levels of benzene : Supporting online material. *Science* 306:1774-1776, Form URL : (<http://scienemag.org/cgi/data/306/5702/1774/DC1/1>) August 2, 2005.
25. Hudak A and Ungvary G. 1978 Embryotoxic effects of benzene and its methyl derivatives : Toluene, xylene. *Toxicology*, 11: 55-63.
26. L. Ritcher, S. Chakrabarti, C.-Senecal-M.A.Duhr,X.X.Zhang and R.Tardif Cytogenetic effects of low-level exposure to toluene, xylene and their mixture on human blood lymphocytes. *Int.Arch.of Occup & Environ.Health*, Vol 64 no 8, January 1993.

27. Vilai. "Prevalence of Toluene intake among workers in paint manufacturers" International Arch of Occup & Environ. Health, Vol 95 no 10, September 2000.
 28. Laboratorium Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja DKI Jakarta. Instruksi Kerja Metode Pengukuran Kadar Benzena, Toluene dan Xylena di Udara Lingkungan Kerja. Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja DKI Jakarta. 2002.
 29. Hristeva-Mirtcheva, M. "Changes in the peripheral blood of workers with occupational exposure to aromatic hydrocarbons (benzene, toluene, ethylbenzene and xylene). Int. Arch. Occup. Environ Health, 1998 Sept., 71 Suppl:S81-3. From URL : [Http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=PubMed](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=PubMed).
 30. Hoffbrand, Pettit, Mos. Kapita Selekta Hematologi (essential Haematology) edisi 4, EGC, Jakarta, 2005.
 31. Lange, Smolik, Zatonski, Glanzman. Leukocyte agglutinins in workers exposed to benzene, toluene and xylene. Int.Arch.Arbeitsmed, 1993, 31(1):45.
 32. Moszczynski, Lisiewicz. Hematological indices of peripheral blood in workers occupationally exposed to benzene, toluene and xylene. Zentralbl.Bakteriol.Mikrobiol.Hyg.(B),1993 Dec,178(4):329-39.
 33. Girard, Revol. Incidence of exposed to benzene in severe hematopathies. Nouv.Rev.Fr.Hematol.,1990 Jul-Aug.;10(4),477-83.
 34. Brondeau, DuCos, Gaudin, Morel, Bonnet, deCeaurriz. Evaluation of the interaction of benzene and toluene on the urinary excretion of t,t muconic acid in rats. Toxicol. Lett., 1992 July, 61(2-3):311-6.
 35. Yin, Li, Hu, Zhang, Inoue, Seijim Kasahara, Ikeda. Symptoms and sign pf workers exposed to benzene and toluene or the combination. Ind.Health; 1997;25(3):113-30.
-