GAMBARAN PROFIL DARAH PEKERJA SEKTOR INFORMAL INDUSTRI SEPATU KULIT

(Studi Kasus UD. Kurnia dan UD. Malis Jaya)

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Oleh :
Nika Susiana
NIM. 6411412072

JURUSAN ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2016

Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat
Fakultas Ilmu Keolahragaan
Universitas Negeri Semarang
Agustus 2016

ABSTRAK

Nika Susiana

Gambaran Profil Darah Pekerja Sektor Informal Industri Sepatu Kulit (Studi Kasus UD. Kurnia dan UD. Malis Jaya)

xiv + 81 halaman + 15 tabel + 10 gambar + 14 lampiran

Kandungan benzena dalam lem menimbulkan gangguan kesehatan sistem perdarahan pekerja industri sepatu yang memicu pada perubahan profil darah hingga keganasan. Pajanan benzena masuk melalui inhalasi, dermal, dan gastrointestinal.

Jenis penelitian ini adalah deskriptif kualitatif, bertujuan mendeskripsikan permasalahan yang ditemukan baik berupa risiko atau hasil terkait biomarker berupa neutrofil 13 pekerja.

Hasil penelitian didapatkan pekerja mempunyai neutrofil segmen normal 12 orang (92,31%) dan tidak normal 1 orang (7,69%). Neutrofil batang normal 3 orang (23,08%) dan tidak normal 10 orang (76,92%). Pekerja mengalami pergeseran hitung jenis leukosit ke kiri sebanyak 12 orang (92,31%) dan pergeseran hitung jenis leukosit ke kanan 1 orang (7,69%). Serta metabolit benzena dapat menghambat eritropoesis dengan jalur inhibisi aktivitas decanetation DNA dari topoisomerase II. Penghambatan ini dinyatakan sebagai mekanisme pembentukan Leukimia Myeloid Akut (LMA).

Saran yang direkomendasikan agar pekerja meningkatkan praktik personal hiegene, dan tempat industri memberian sekat ruangan kerja, pemasangan ventilasi serta menyediakan APD.

Kata Kunci : Benzena, pekerja industri sepatu, dan Leukimia Myeloid Akut (LMA).
Kepustakaan : 30 (1994-2015)

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Public Health Science Department
Faculty of Sport Science
Semarang State University
August 2016

ABSTRACT

Nika Susiana
Overview of Blood Profile Informal among Sector Worker of Leather Shoe Industry (Case Study in UD. Kurnia dan UD. Malis Jaya)
xiv + 81 pages + 15 tables + 10 pictures + xiv attachments

The content of benzene in glue caused the health problems bleeding system of shoe industry workers. Benzena exposure was absorption by inhalation, dermal, and gastrointestinal.

The type of this research is kualitative descriptive, and the purposed was to describe problems found either the risk or result related biomarker neutrophils of 13 workers.

The result of this research, showed workers who have normal segment neutrophil are 12 people (92,31%) and abnormal was 1 person (7,69%). Normal rod neutrophil were 3 people (23,08%) and abnormal were 10 people (76,92%). Workers who have shift to the left were 12 people (92,31%) and shift to the right was 1 person (7,69%). And benzene metabolites can inhibit the pathway inhibitation eritropoesis decanetation activity of DNA topoisomerase II. This is stated as inhibition of the formation mechanisme of Acute Myeloid Leukimia (AML).

The suggestion can be given are who workers to improve personal hiegiene practice, and the workplace gives work room divider, installing a ventilation and provide PPE.

Keywords : Benzene, Shoe Industry Worker, and Acute Myeloid Leukimia (AML).
Literature : 30 (1994-2015)

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis didalam skripsi ini benar-benar hasil karya sendiri, bukan dari jiplakan karya tulis orang lain baik sebagian atau keseluruhan. Pendapat atau hasil temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, Agustus 2016

Nika Susiana
NIM. 6411412072

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Telah dipertahankan dihadapan panitia sidang ujian skripsi Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang, skripsi atas nama Nika Susiana, NIM 6411412072, dengan judul **"Gambaran Profil Darah Pekerja Sektor Informal Industri Sepatu Kulit (Studi Kasus UD. Kurnia dan UD. Malis Jaya)"**

Pada hari : Rabu

Tanggal : 14 September 2016

Panitia Ujian

Ketua Panitia,	Sekretaris,
Prof. Dr. Tandiyo Rahayu, M.Pd	Drs. Bambang Wahyono, M.Kes
NIP. 19610320.198403.2.001	NIP. 19600610.198703.1.002

	Dewan Penguji	Tanggal Persetujuan
Ketua Penguji	1. Evi Widowati, S.KM., M.Kes NIP. 19830206.200812.2.003	26/9/16
Anggota Penguji	2. Mardiana, S.KM., M.Si NIP. 19800420.200501.2.003	4/10 2016.
Anggota Penguji	3. dr. Anik Setyo Wahyuningsih, M.Kes NIP. 19740903.200604.2.001	05/10 2016

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

"Wahai orang-orang yang beriman! Apabila dikatakan kepadamu, "Berilah kelapangan di dalam majelis-majelis", maka lapangkanlah, niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan, "Berdirilah kamu," maka berdirilah, niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat. Dan Allah Mahateliti terhadap apa yang kamu kerjakan." (QS. Al-Mujadilah:11).

"Education is the most powerful weapon which you can use to change the world." (Nelson Mandela)

PERSEMBAHAN

Karya tulis ini saya persembahkan kepada:

1. Ibunda dan Alm. Ayahanda Tercinta sebagai Dharma Bakti Ananda
2. Almamaterku UNNES

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul "Gambaran Profil Darah Pekerja Sektor Informal Industri Sepatu Kulit (Studi Kasus UD. Kurnia dan UD. Malis Jaya)" dengan sebaik-baiknya. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada program studi S1 Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang, Prof. Dr. Fathur Rohman, M.Hum., atas kesempatan yang diberikan untuk menyelesaikan studi S1 di Universitas Negeri Semarang.
2. Dekan Fakultas Ilmu Keolahragaan, Prof. Dr. Tandiyo Rahayu, M.Pd., atas izin penelitian yang telah diberikan.
3. Ketua Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Irwan Budiono, S.KM., M.Kes., atas izin pelaksanaan penelitian.
4. Dosen pembimbing sekaligus Penguji III, dr. Anik Setyo Wahyuningsih, M.Kes., atas bimbingan, arahan, dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Penguji I, Evi Wodiwati, S.KM., M.Kes., atas segala bimbingan dan arahan dalam perbaikan skripsi ini.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

6. Penguji II, Mardiana, S.KM., M.Si., atas segala bimbingan dan arahan dalam perbaikan skripsi ini.
7. Pemilik UD. Kurnia, Ahmad Angunedi, atas izin tempat penelitian yang diberikan.
8. Pemilik UD. Malis Jaya, Karjono, atas izin tempat penelitian yang diberikan.
9. Ibunda Niti dan Alm. Ayahanda Suwanto tercinta yang telah memberikan dukungan, semangat, dan doa yang tulus.
10. Paman terbaik, Soim, atas pengorbanan dan motivasinya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
11. Sahabat terkasih, Nurrakhmi Rizkiana dan Nurul Hidayah, atas dukungan selama pengerjaan skripsi.
12. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat angkatan 2012.
13. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih mempunyai banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan guna penyempurnaan karya selanjutnya. Serta semoga skripsi ini bermanfaat.

Semarang, Agustus 2016

Penulis

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR ISI

Halaman

JUDUL ..... **i**

ABSTRAK ..... **ii**

ABSTRACT ..... **iii**

PERNYATAAN ..... **iv**

PENGESAHAN ..... **v**

MOTTO DAN PERSEMBAHAN ..... **vi**

KATA PENGANTAR ..... **vii**

DAFTAR ISI ..... **ix**

DAFTAR TABEL ..... **xii**

DAFTAR GAMBAR ..... **xiv**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xv**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 7

1.3 Tujuan Penelitian 7

1.4 Manfaat Penelitian 7

1.5 Keaslian Penelitian 8

1.6 Ruang Lingkup Penelitian 10

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **11**

2.1 Kandungan Bahan Kimia Lem 11

2.1.1 Benzena 11

2.1.2 Toluena 17

2.1.3 Xylene 18

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.2 Efek terhadap Kesehatan 18
2.3 Nilai Ambang Batas (NAB)..... 20
2.4 Monitoring Biologi 20
2.5 *Biological Marker (Biomarker)* 22
2.6 Faktor Individu 24
2.7 Profil Darah 28
2.8 Konsep Fisiologi Darah 29
2.9 Tempat Pembentukan Darah..... 29
2.10 Darah dan Bagiannya..... 30
2.10.1 Sel Darah Merah (Eritrosit)..... 30
2.10.2 Sel Darah Putih (Leukosit) 37
2.10.3 Trombosit (Platelet)..... 45
2.10.4 Nilai Normal Pemeriksaan Darah..... 47
2.11 Upaya Pengendalian 48
2.12 Kerangka Teori 51
BAB III METODE PENELITIAN 52
3.1 Alur Pikir 52
3.2 Fokus Penelitian..... 52
3.3 Jenis dan Rancangan Penelitian..... 52
3.4 Teknik Pengambilan Sampel 53
3.5 Sumber Data 53
3.6 Instrumen Penelitian dan Teknik Pengambila Data..... 54
3.7 Prosedur Penelitian 56

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

3.8 Pemeriksaan Keabsahan Data 58

3.9 Teknik Analisis Data 58

BAB IV HASIL PENELITIAN 60

4.1 Gambaran Umum Tempat Penelitian 60

4.2 Hasil Penelitian 62

4.2.1 Faktor Individu 62

4.2.2 Gambaran Profil Darah 64

4.2.3 Pergeseran Leukosit 66

BAB V PEMBAHASAN 67

5.1 Pembahasan 67

5.1.1 Karakteristik Responden Berdasarkan Faktor Individu 67

5.1.2 Gambaran Profil Darah Responden 69

5.1.3 Pergeseran Hitung Jenis Leukosit Responden 70

5.1.4 Patofisiologis Pajanan Benzena 71

5.2 Hambatan dan Kelemahan Penelitian 74

BAB VI SIMPULAN DAN SARAN 76

6.1 Simpulan 76

6.2 Saran 76

DAFTAR PUSTAKA 79

LAMPIRAN 82

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1.1: Keaslian Penelitian 8

Tabel 2.1: Sifat Fisika dan Kimia Benzena..... 11

Tabel 2.2: Kategori Penggelompokan Usia 24

Tabel 2.3: Kategori Ambang Batas IMT..... 26

Tabel 2.4: Kategori Lama pajanan 27

Tabel 2.5: Kategori Masa Kerja 28

Tabel 2.6: Nilai Normal Pemeriksaan darah 47

Tabel 4.1: Hasil Pengukuran Usia..... 62

Tabel 4.2: Hasil Pengukuran IMT..... 62

Tabel 4.3: Hasil Pengukuran Lama Pajanan 63

Tabel 4.4: Hasil Pengukuran Masa Kerja 63

Tabel 4.5: Hasil Pemeriksaan Neutrofil Batang..... 65

Tabel 4.6: Hasil Pemeriksaan Neutrofil Segmen 65

Tabel 4.7: Hasil Pergeseran Leukosit..... 66

Tabel 4.8: Hasil Pengukuran *Biomarker* dengan Faktor Individu 66

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1: Jalur Metabolisme Benzena dalam Tubuh 17

Gambar 2.2: Efek Kesehatan akibat Pajanan Benzena 19

Gambar 2.3: Biotransformasi Xenobiotik 22

Gambar 2.4: Profil Darah 30

Gambar 2.5: Sel Darah Merah (Eritrosit) 30

Gambar 2.6: Sel Darah Putih (Leukosit) 37

Gambar 2.7: Trombosit (Platelet) 45

Gambar 2.8: Kerangka Teori 51

Gambar 3.1: Alur Pikir 52

Gambar 5.1: Patofisiologi Pajanan Benzena 73

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1: Surat Tugas Pembimbing 82

Lampiran 2: Surat Ijin Penelitian dari Fakultas 83

Lampiran 3: Surat Ijin Penelitian dari Kesbangpol..... 86

Lampiran 4: Surat Ijin Pemeriksaan ke Balabkes Provinsi Jateng..... 88

Lampiran 5: Surat Ijin telah Melakukan Penelitian 89

Lampiran 6: *Ethical Clearance*..... 91

Lampiran 7: Lembar Observasi..... 92

Lampiran 8: *Informed Consent* 94

Lampiran 9: Lembar Wawancara dan Hasil Pengukuran 95

Lampiran 10: Daftar Identitas Responden 96

Lampiran 11: Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan 97

Lampiran 12: Dokumentasi Penelitian..... 99

Lampiran 13: Desain Penyekat dan Ventilasi 103

Lampiran 14: Gambar Alat Pelindung Diri..... 105

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi terdapat kecenderungan bahwa interdependensi perekonomian bangsa semakin menguat. Adanya situasi atau gejolak internal di suatu negara akan mempengaruhi negara lain atau bahkan kawasan tertentu. Industrialisasi merupakan upaya untuk menggalakkan industri di suatu negara dan proses perkembangan suatu negara. Di negara berkembang, industri dalam sektor informal memegang andil yang sangat besar termasuk di Indonesia (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003:242). Menurut Herry Koesyanto (2012:25), sektor informal diartikan sebagai kegiatan ekonomi marginal atau kecil yang pola kegiatannya tidak teratur, tidak tersentuh peraturan, dan biasanya skala usaha relatif kecil.

Sektor informal jarang tersentuh peraturan, terutama peraturan mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Hal inilah yang menyebabkan pekerja tidak memperhatikan keselamatan dan kesehatannya. Padahal pemerintah menyatakan tenaga kerja berhak mendapat perlindungan atas keselamatannya, hal ini diatur dalam Undang-undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang keselamatan kerja. Tujuan penerapan K3 adalah melindungi kesehatan tenaga kerja dalam udara tempat kerja. Konsep perlindungan kesehatan yang dimaksudkan untuk mencegah terjadinya gangguan kesehatan dan penyakit yang diakibatkan oleh pekerjaan atau lingkungan kerja serta memelihara agar tenaga kerja tetap sehat dan bekerja produktif (Suma'mur P.K., 2009:202).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Selaras dengan kemajuan teknologi, pengolahan, dan produksi, penggunaan bahan kimia dalam industri maupun kehidupan sehari-hari semakin meningkat. Di samping bermanfaat, bahan kimia juga berpengaruh negatif terhadap manusia, hewan, tumbuhan, serta lingkungan. Sehingga pengenalan dan pemahaman mengenai jenis, sifat, dan bahaya zat atau bahan kimia serta berbagai upaya untuk mengatasi risiko yang merugikan sangat diperlukan (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003:105).

Industri sepatu sektor informal merupakan salah satu usaha berskala kecil yang memainkan peran penting dalam menciptakan lapangan kerja. Karena industri sepatu ini memproduksi barang yang dibutuhkan orang lain. Namun, keberhasilan pekerja industri pembuatan sepatu untuk mempertahankan eksistensi produk yang dihasilkan seringkali tidak diimbangi oleh perlindungan yang memadai terhadap risiko pekerjaan yang banyak berhubungan dengan peralatan dan bahan berbahaya (Suma'mur P.K., 2009:188).

Secara umum, tahapan pembuatan sepatu terdiri dari beberapa proses yakni : Menggambar pola, pembentukan pola pada bahan (kulit), pemotongan pola pada bahan kulit, penipisan bagian kulit sepatu yang akan dijahit, penjahitan, pemasangan alas dan kulit sepatu pada pencetak bentuk kaki, pemasangan sol sepatu, pengeleman, pengepresan, pelepasan pencetak sepatu kaki dari sepatu, *finishing*, dan sepatu jadi. Bahan yang digunakan dalam pembuatan sepatu adalah kulit, alas kaki, dan lem sebagai perekatnya. Semakin bertambahnya jumlah produksi sepatu, hal itu akan mempengaruhi banyaknya penggunaan lem pada proses pengeleman. Penggunaan jenis lem sangat mempengaruhi risiko kesehatan

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

bagi tubuh manusia, karena dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan. Kebanyakan industri sepatu kulit menggunakan jenis lem kuning sebagai perekatnya. Adapun komposisi lem tersebut terdiri dari benzena, toluena, xylen, dan PVC (Polivinil klorida). Benzena atau dalam rumus kimia dikenal dengan C_6H_6 merupakan jenis bahan kimia hidrokarbon aromatik yang bersifat karsinogenik bagi tubuh manusia (Team ILO-IPEC, 2003). Oleh karena itu, diperlukan suatu konsep perlindungan kesehatan terhadap pemaparan kerja, salah satunya dengan menetapan Nilai Ambang Batas (NAB) terhadap penggunaan bahan kimia di tempat kerja. NAB adalah standar pemaparan kerja yang merupakan pedoman kualitatif dan kuantitatif bagi penerapan perlindungan kesehatan tenaga kerja terhadap efek pemaparan kerja (Suma'mur P.K., 2009:202).

Dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 2005, benzene termasuk A-2 yakni merupakan zat kimia yang diperkirakan karsinogen untuk manusia *(Suspected human carcinogen)*. Karena berpotensi sebagai karsinogenik, maka pemerintah Indonesia menetapkan NAB benzena sebesar 32 mg/m^3. Bahan lain seperti toluena dan xylene termasuk kelompok A-4 yakni zat kimia yang belum cukup bukti untuk diklasifikasikan karsinogenik terhadap manusia atau binatang, sehingga NAB toluena sebesar 188 mg/m^3 dan xylene sebesar 434 mg/m^3.

Toksisitas akut yang timbul akibat pajanan benzena terjadi bila terpajan pada konsentrasi tinggi dalam bentuk uap dengan gejala *euphoria*, mabuk, sakit kepala, muntah atau kehilangan kesadaran, dan kematian akibat kegagalan

pernafasan. Sedangkan toksisitas kronik menyebabkan gangguan kelelahan, gangguan saluran pencernaan, mabuk yang disertai pendarahan membran mukosa dan aplastik, serta dalam jangka panjang mengakibatkan leukimia dijumpai pula adanya anemia (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2008:117).

Urgensi pajanan benzena yang terjadi selama 15-365 hari akan berefek pada sistem saraf pusat yang dapat menyebabkan kantuk, pening, sakit kepala, gemetar, bingung sampai tidak sadarkan diri atau pingsan. Gejala klinis tersebut dapat berkembang menjadi paraliris, ketidaksadaran, kejang-kejang, dan kematian dapat terjadi. Sedangkan pajanan kronik dapat terjadi, akibat pajanan benzena lebih dari 1 tahun. Dampak yang timbul akibat pajanan benzena kronik adalah terganggunya sumsum tulang yang merupakan tempat produksi sel darah. Efek toksik pada sumsum tulang ini terjadi secara laten dan sering irrevesibel. Hal ini mungkin disebabkan oleh metabolit benzena epoksida yang akan menimbulkan kerusakan genetik dari DNA pada perkembangan tunas sel darah dalam tulang rawan, meningkatkan pertumbuhan myeloblast (precursor sel darah putih), serta penurunan jumlah sel darah merah dan platelet (ATSDR, 2001).

Hal tersebut juga diperkuat oleh penelitian Martha Tinelli Haen dan Katharina Oginawati tahun 2011 di kawasan industri sepatu. Dalam penelitiannya menyebutkan bahwa kandungan benzena merupakan bahan penyusun lem dengan rata-rata tertinggi dibanding bahan kimia lainnya. Dari hasil penelitiannya diketahui ada hubungan yang signifikan antara konsentrasi benzena pada *breathing zone* dengan Hemoglobin (Hb), eritrosit, dan juga eosinofil. Sedangkan

penelitian Ata Sedik Ibrahim Elsayed tahun 2015 yang dilakukan di Saudi Arabia, menyebutkan bahwa hasil pajanan benzena kronik akan mempengaruhi fungsi sumsum tulang, sehingga jumlah sel darah merah dan sel darah putih akan mengalami penurunan. Studi epidemiologi menyebutkan terpajan benzena level tinggi akan menaikan risiko anemia aplastik, leukimia mieloid akut, dan leukimia limfosit kronik.

Gangguan kesehatan atau penyakit yang berhubungan dengan pajanan benzena dengan leukimia telah banyak ditemukan di beberapa negara. Leukimia merupakan penyakit yang tidak menular yang menyebabkan kematian dengan jumlah kasus yang tidak sedikit. Berdasarkan data *International Agency for Research on Cancer World Health Organization* (WHO) pada tahun 2008, insiden leukimia di seluruh dunia adalah 5 per 100.000 dengan angka kematian 3,6 per 100.000 penduduk. WHO tahun 2010, menyebutkan bahwa jumlah total penyakit leukimia di dunia mencapai sekitar 500-600 juta orang. Sedangkan menurut data *The leukimia and Lymphoma Society* di Amerika Serikat sepanjang tahun 2014 ada sekitar 55.350 orang meninggal akibat leukimia.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Sektor informal industri sepatu kulit masih banyak ditemui. Pada proses pembuatan sepatu, pajanan bahaya kimia yang serius seringkali disebabkan oleh penggunaan bahan kimia dalam lem. Benzena yang merupakan salah satu bahan kimia yang terkandung dalam lem bersifat hidrokarbon aromatik yang mudah menguap sehingga gas tersebut menyebar didalam ruangan industri. Tidak adanya rotasi kerja memungkinkan seluruh pekerja terpajan bahan kimia lem. Selain itu

masih banyak tempat kerja yang jarang menyediakan Alat Pelindung Diri (APD) masker dan bahkan pada tahap pengeleman sebagian pekerja tidak menggunakan kuas sebagai alat bantu. Hal inilah yang menyebabkan kandungan bahan kimia benzena terhirup langsung, serta proses pengeleman tanpa menggunakan kuas dapat mempengaruhi penyerapan benzena melalui kulit. Menurut ATSDR 2007, terkait indikator monitoring pajanan benzena dapat menggunakan darah karena sifat darah yang spesifik dan sensitif. Sedangkan biomarker benzena adalah sel granulosit yang berupa neutrofil karena merupakan garis depan pertahanan seluler terhadap invasi dan menfagosit partikel kecil dengan aktif.

Upaya pengambilan sampel darah telah dilakukan pada pekerja disalah satu industri sepatu kulit UD. Kurnia. Berdasarkan hasil observasi, pengambilan, dan pemeriksaan sampel darah pada tanggal 16 April 2016 terhadap 6 pekerja yang terdiri 4 pekerja laki-laki dan 2 pekerja perempuan, diketahui usia pekerja sekitar 36-62 tahun, keseluruhan Indeks Massa Tubuh (IMT) normal, lama pajanan sekitar 1-2 jam per hari, masa kerja selama 4 bulan-25 tahun, serta 4 dari 6 pekerja (66,67%) mengalami batuk dan 2 dari 6 pekerja (33,33%) mengalami pusing. Dari hasil pemeriksaan darah terkait biomarker benzena menunjukkan bahwa 1 dari 6 pekerja (16,67%) mempunyai jumlah neutrofil segmen tidak normal serta keseluruhan pekerja (100%) mempunyai jumlah neutrofil batang tidak normal.

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian terkait gambaran profil darah pekerja sektor informal industri sepatu kulit UD. Kurnia dan UD. Malis Jaya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, dapat disusun rumusan masalah terkait: “Bagaimana gambaran profil darah pekerja sektor informal industri sepatu kulit UD. Kurnia dan UD. Malis Jaya?”

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah : “Mengetahui gambaran profil darah pekerja sektor informal industri sepatu kulit UD. Kurnia dan UD. Malis Jaya.”

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1.4.1 Untuk Industri Sepatu Kulit

Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan informasi untuk mengetahui profil darah pada pekerja. Sehingga dilakukan upaya preventif untuk menghindari pekerja terhadap penyakit akibat kerja di tempat kerja.

1.4.2 Untuk Pekerja

Penelitian ini dapat dijadikan informasi bagi pekerja, sehingga pekerja terdorong untuk menegakkan disiplin dalam pemakaian alat pelindung diri dan lebih memperhatikan kewaspadaan tanda bahaya karena pemajanan bahan kimia di lingkungan kerja.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

1.4.3 Untuk Peneliti

Sarana untuk pengaplikasian ilmu dengan metode ilmiah yang telah dipelajari selama kuliah serta kemampuan untuk mengetahui efek risiko kesehatan pekerja sektor informal terutama di industri pembuatan sepatu akibat pajanan bahan kimia di lingkungan kerja.

1.4.4 Untuk Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat

Penelitian ini dapat digunakan sebagai pustaka di Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Semarang untuk pengembangan kemampuan mahasiswa, khususnya kompetensi mengenai K3. Selain itu, dapat pula dikembangkan untuk penelitian guna melihat gambaran profil darah pada pekerja sektor informal industri sepatu.

1.5 Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian ini diperoleh dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Martha Tinelli Haen dan Katharina Oginawati tahun 2011, Ata Sedik Ibrahim Elsayed tahun 2015, dan Ayaz Ali Khan *at all* tahun 2013 (Tabel 1.1).

Tabel 1.1 : Keaslian Penelitian

No	Judul Penelitian	Nama Peneliti	Tahun dan Tempat Penelitian	Rancangan Penelitian	Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1.	Hubungan Pajanan Senyawa Benzena, Toluena, dan Xylen dengan Sistem Hemato-logi Pekerja di Kawasan Industri Sepatu.	Martha Tinelli Haen dan Katharina Oginawati	2011, Kawasan Industri Sepatu	*Cross sectional*	Variabel bebas : Pajanan Senyawa Benzena, Toluena, dan Xylen Variabel terikat : Sistem Hemato-logi.	Ada hubungan yang signifikan antara konsen-trasi benzena pada *breathing zone* dengan hemo-globin, eritrosit, dan juga eosinofil.

Lanjutan (Tabel 1.1)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
2.	*Hemato-toxicity and Oxidative Stress Caused by Benzene.*	Ata Sedik Ibrahim Elsayed	2015, Riyadh Saudi Arabia	*Cross sectional*	Variabel bebas : Benzena Variabel terikat : Sistem Hemato-toksitas dan Stres Oksidatif	Studi Epidemio-logi Menunjuk-kan Bahwa Terpajan Benzena dengan Kadar Tinggi Meningkat-kan Risiko Anemia Aplastis, Leukimia Mieloid Akut, dan Leukimia Limfosit Kronik.
3.	*Biochem-cal and Hematolo-gical Analysis after Exposure to Hazardous Material during Shoe Making*	Ayaz Ali Khan, *at all*	2013, Pakistan	*Cohort*	Variabel Bebas : Pajanan Bahan Kimia selama Pembuat-an Sepatu Variabel Terikat : Hemato-logi	Ada Hubungan yang Signifikan antara Bahan Kimia selama Pembuat-an Sepatu dengan Jumlah Total Leukosit, Eosinofil, Monosit, dan Trombosit.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Beberapa hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan desain penelitian Deskriptif Kualitatif.
2. Penelitian ini dilakukan didua sektor informal industri sepatu kulit yakni UD. Kurnia dan UD. Malis Jaya

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini meliputi :

1.6.1 Tempat

Lokasi penelitian ini dilakukan didua sektor informal industri sepatu kulit, yakni :

1. UD. Kurnia Jalan Batik Kubursari No. 667 Semarang
2. UD. Malis Jaya Jalan Wringinjajar RT/RW 05/03 Mranggen, Demak.

1.6.2 Waktu

Penelitian berjudul "Gambaran Profil Darah Pekerja Sektor Informal Industri Sepatu Kulit UD. Kurnia dan UD. Malis Jaya" dilakukan pada bulan Juni 2016.

1.6.3 Keilmuan

Penelitian ini termasuk dalam peminatan bidang K3 mengenai gambaran profil darah pekerja sektor informal industri sepatu kulit UD. Kurnia dan UD. Malis Jaya.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kandungan Bahan Kimia Lem

Dalam pembuatan sepatu, pajanan bahaya kimia seringkali disebabkan oleh penggunaan bahan pelarut dalam lem. Bahan kimia pembuatan sepatu ini memiliki dampak kesehatan jangka panjang yang serius dan dapat muncul pada beberapa tahun ke depan. Bahan kimia pembuatan sepatu juga mudah terbakar dan rentan mengakibatkan bahaya kebakaran. Oleh karena itu, jauhkan bahan kimia tersebut dari segala hal yang mudah menimbulkan kebakaran seperti percikan apik dan rokok (Team ILO-IPEC, 2003).

Adapun bahan kimia yang terkandung dalam lem antara lain :

2.1.1 Benzena

Benzena dalam rumus kimia dikenal dengan C_6H_6 yang merupakan senyawa siklik dengan enam atom karbon yang tergabung dalam cincin. Setiap atom terhibridisasi sp^2 dan cincinnya adalah planar. Setiap atom karbon mempunyai satu atom hidrogen yang terkait padanya (Ralp. J. Fessenden dan Joan S. Fessenden, 1991:69).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.1.1.1 Sifat Fisika dan Kimia

Adapun sifat fisika dan kimia benzena sebagai berikut (Tabel 2.1).

Tabel 2.1: Sifat Fisika dan Kimia Benzena

No.	Sifat Fisika dan Kimia	Keterangan
(1)	(2)	(3)
1.	Nama Kimia	Benzena
2.	Nama Lain	Benzine, Benzol, *Cyclohexatriene*
3.	Rumus Kimia	C_6H_6

Lanjutan (Tabel 2.1)

(1)	(2)	(3)
4.	Rumus bangun	
5.	Berat Molekul	78,11 g/mol
6.	Bentuk Fisik	Cairan tidak berwarna
7.	Titik Didih	80,1˚C (176,2˚F)
8.	Titik Nyala	-11˚C
9.	Titik Leleh	5,5˚C (41,9˚F)
10.	Batas Pajanan	OSHA : 1 ppm; (STEL 5 ppm) NIOSH : 0.1 ppm; C 1ppm/15 min *(suspect carcinogen)* ACGIH : 10 ppm; *(suspect carcinogen)* (1 ppm = 3.19 mg/m 3 @ NTP)

Sumber : MSDS NOVA-0011 (2015), MSDS Science Lab.com (2005), NIOSH by Portable GC (1994)

2.1.1.2 Sumber Pajanan dan Kegunaan Benzena

Chemical-Specific Reference Values for Benzene (CASRN 71-43-2) tahun 2012 menyebutkan bahwa benzena dalam dunia industri lebih dikenal dengan sebutan BTEX (Benzena, Toluena, Eethylbenzene, and xylene). Di industri kimia, benzena merupakan bentuk dasar jenis aromatik perantara dan kelompok campuran *Cycloaliphatic.* Benzena digunakan sebagai bahan dasar pembuatan plastik, sintesis karet, campuran bahan detergen, agen perlindungan tanaman, dan ektensif digunakan sebagai pelarut. Sedangkan menurut A.M Sugeng Budiono, dkk. (2003:117), benzena merupakan pelarut aromatik yang sering digunakan dalam industri sepatu karet atau plastik dan pencetakan klise foto.

2.1.1.3 Toksikokinetik Benzena

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) 2007, menyatakan pajanan utama benzena terhadap tubuh manusia melalui rute inhalasi (pernafasan), selain melalui pajanan oral (mulut) dan dermal (kulit). Benzena

yang terabsorbsi kemudian dengan cepat didistribusikan ke seluruh tubuh dan cenderung terakumulasi di jaringan lemak. Sedangkan menurut A.M Sugeng Budiono, dkk., (2003:117) benzena diserap melalui paru dan kulit serta mengalami tranformasi spontan menjadi *phenol* atau terhidrasi menjadi *catechol* atau terkondensasi bersama *gluthatione* membentuk asam *mercapturic*.

Toksikokinetik melalui beberapa tahap, yaitu :

2.1.1.3.1 Absorbsi Benzena

Benzena dengan cepat diabsorbsi melalui saluran pernafasan dan pencernaan. Penyerapan melalui kulit cepat tetapi tidak luas, hal ini disebabkan karena benzena mengalami penguapan lebih cepat. Sekitar 50% dari benzena yang terhidup diabsorbsi setelah pajanan 4 jam pada konsentrasi sekitar 50 ppm. Setengah dari benzena yang terhirup dalam konsentrasi tinggi akan masuk ke dalam saluran pernafasan yang kemudian masuk ke dalam aliran darah. Hal yang sama terjadi jika makanan dan minuman terpajan benzena, maka akan masuk ke dalam jaringan gastrointestinal, kemudian masuk ke aliran darah. Di dalam darah, benzena akan beredar ke seluruh tubuh dan disimpan sementara di dalam lemak dan sumsum tulang, kemudian akan dikonversi menjadi metabolit dalam hati dan sumsum tulang (ATSDR, 2007).

Absorbsi benzena dapat melalui beberapa cara, antara lain :

2.1.1.3.1.1 Inhalasi (Pernafasan)

Benzena masuk ke dalam tubuh dalam bentuk uap melalui inhalasi dan absorbsi terutama melalui paru, jumlah yang diinhalasi sekitar 40-50% dari keseluruhan jumlah benzena yang masuk ke dalam tubuh (ATSDR, 2007). Jika

terpajan benzena pada konsentrasi tinggi dalam bentuk uap maka dapat menyebabkan toksisitas akut dengan gejala *euphoria*, mabuk, sakit kepala dan muntah, kehilangan kesadaran, serta kematian akibat kegagalan pernafasan (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003:117).

Adapun mekanisme pajanan benzena yang masuk melalui inhalasi yakni benzena akan diabsorbsi sekitar 70-80% pada 5 menit pertama, dan 20-60% sampai satu jam berikutnya. Sebelum benzena sampai ke organ targetnya, benzena menimbulkan iritasi pada selaput lendir mata dan saluran pernafasan, menimbulkan gejala batuk, beringus, berdahak dan sesak. Bila konsentrasi benzena di udara lingkungan kerja jauh di atas NAB, dapat menimbulkan gejala respirasi yang hebat menyerupai bronkitis akut. Iritasi pada selaput lendir saluran napas dalam jangka panjang, dapat menimbulkan bronkitis kronik. Bila bronkritis kronik tidak terkoreksi karena pajanan terus berlanjut, bisa menimbulkan kerusakan dinding saluran napas yang permanen dan terjadilah penyakit pernapasan obstruktif kronik (PPOK). Serangkaian kelainan saluran pernapasan baik yang bersifat akut maupun kronik dapat menurunkan produktivitas pekerja (ATSDR, 2001).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.1.1.3.1.2 Dermal (Kontak Kulit)

Diperkirakan dari studi *in vitro* yang dilakukan pada kulit manusia, bahwa absorbsi gas benzena melalui kulit lebih kecil dibandingkan dengan total absorbsi. Namun, absorbsi dari gas benzena dapat menyebabkan rute pajanan yang signifikan (ATSDR, 2007).

Adapun mekanisme pajanan benzena yang masuk melalui dermal adalah benzena akan terabsorbsi 80%. Penyerapan melalui kulit lebih sedikit bila dibandingkan dengan inhalasi atau penyerapan oral, hal ini disebabkan sebagian besar untuk penyerapan volatil benzena lebih cepat daripada kulit. Jika penyerapan didasarkan pada jumlah yang dioleskan pada kulit tanpa memperhitungkan kerugian penguapan, maka angka persentase penyerapan yang rendah biasanya kurang dari 1% (EPA, 1998).

2.1.1.3.1.3 Gastrointestinal (Pencernaan)

Absorbsi benzena melalui saluran pencernaan dapat mengakibatkan intoksikasi akut. Apabila benzena masuk melalui jalur pencernaan akan mengakibatkan dampak seperti iritasi pencernaan. Adapun mekanisme pajanan benzena yang masuk melalui gastrointestinal adalah benzena akan terabsorbsi sebesar 98%. Ketika seseorang terpajan benzena secara ingesti yaitu tertelan maka sebagian besar benzena akan masuk ke dalam jaringan gastrointestinal lalu akan masuk ke dalam jaringan darah (ATSDR, 2007).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

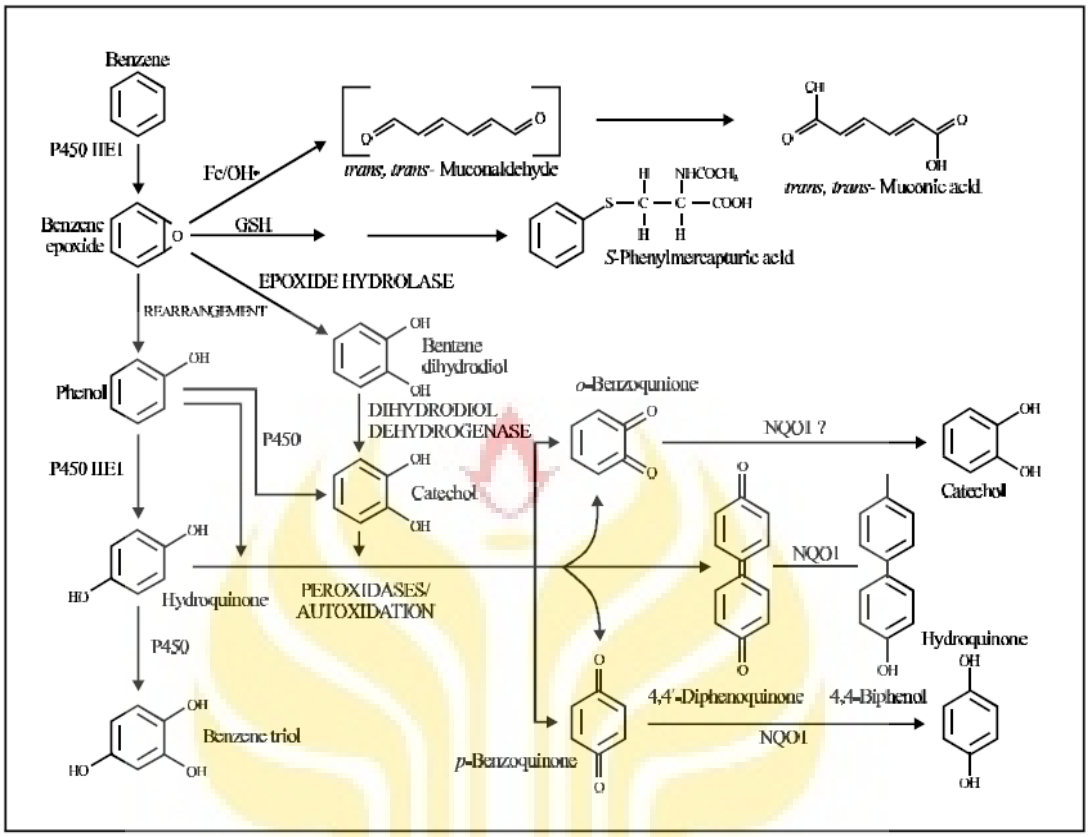
2.1.1.3.2 Distribusi Benzena

Distribusi benzena ke seluruh tubuh melalui absorbsi dalam darah, karena benzena bersifat lifofilik yang distribusi terbesarnya adalah jaringan lemak. Jaringan lemak, sumsum tulang, dan urine mengandung sekitar 20 kali konsentrasi benzena lebih banyak daripada dalam darah. Kadar benzena dalam otot dan organ

1-3 kali lebih banyak dibandingkan dalam darah, serta eritrosit mengandung benzena 2 kali lebih banyak di dalam plasma (ATSDR, 2007).

2.1.1.3.3 Metabolisme Benzena

Metabolisme benzena dalam jumlah sedikit terdapat dalam sumsum tulang. Langkah pertama adalah enzim *cycthrome* P-450 2E1 (CYP2E1) mengkatalisis reaksi oksidasi benzena menjadi benzena oksida yang berkesetimbangan dengan benzena *oxepin*, yang kemudian termetabolisme menjadi fenol (produk metabolit utama benzena). Fenol kemudian dioksidasi dengan katalis (CYP2E1) menjadi katekol atau hidrokuinon yang kemudian dengan enzim *myeloperoxidase* (MPO) dioksidasi menjadi metabolit reaktif 1,2- dan 1,4-benzokuinon. Katekol dan hidrokuinon dapat diubah menjadi metabolit 1,2,4-benzoenatriol dengan katalisis (CYP2E1). Reaksi metabolisme benzena yang lain adalah reaksi dengan glutathion (GSH) yang menghasilkan asam *S-fenilmerkapturat*. Kemudian reaksi dengan katalis besi (Fe) yang menghasilkan produk dengan cincin terbuka, yaitu asam trans, trans-mukonat dengan senyawa intermediet trans, *trans-mukonaldehida* yang merupakan metabolit benzena yang hematoksik yaitu racun tehadap sistem darah (ATSDR, 2007). Metabolisme benzena disusun secara skematis pada (Gambar 2.1).



Gambar 2.1: Jalur Metabolisme Benzena dalam Tubuh
Sumber : ATSDR, 2007

2.1.1.3.4 Ekskresi Benzena

Pada pajanan inhalasi, ekskresi benzena terutama dalam tubuh terjadi melalui proses ekshalasi. Proporsi benzena yang diabsorbsi kemudian diekresikan melalui ekshalasi adalah 8-17%. Ekskresi benzena terutama di dalam urin sebagai metabolit, khususnya sebagai asam sulfat dan *glucuronid* terkonjugasi fenol (ATSDR, 2007).

2.1.2 Toluena

Toluena banyak digunakan pada cat, resin, dan juga lem sebagai pelarut karet. Toluena diserap tubuh melalui paru dan kulit yang akan mengalami biotransformasi terutama menjadi asam *hipuric* dan juga sedikit *orcreasol* dan p-*creasol* (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003:117).

2.1.3 Xylene

Xylene digunakan sebagai thinner untuk cat, pernis, bahan celup sintesis, adiktif bahan bakar pesawat terbang, dan juga sebagai pelarut paraffin. Terhisap melalui paru sebesar 60-65% juga dapat terserap melalui kulit. Biotransformasinya sama dengan toluena dengan membentuk asam *methylhipuric* pada urine (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003:118).

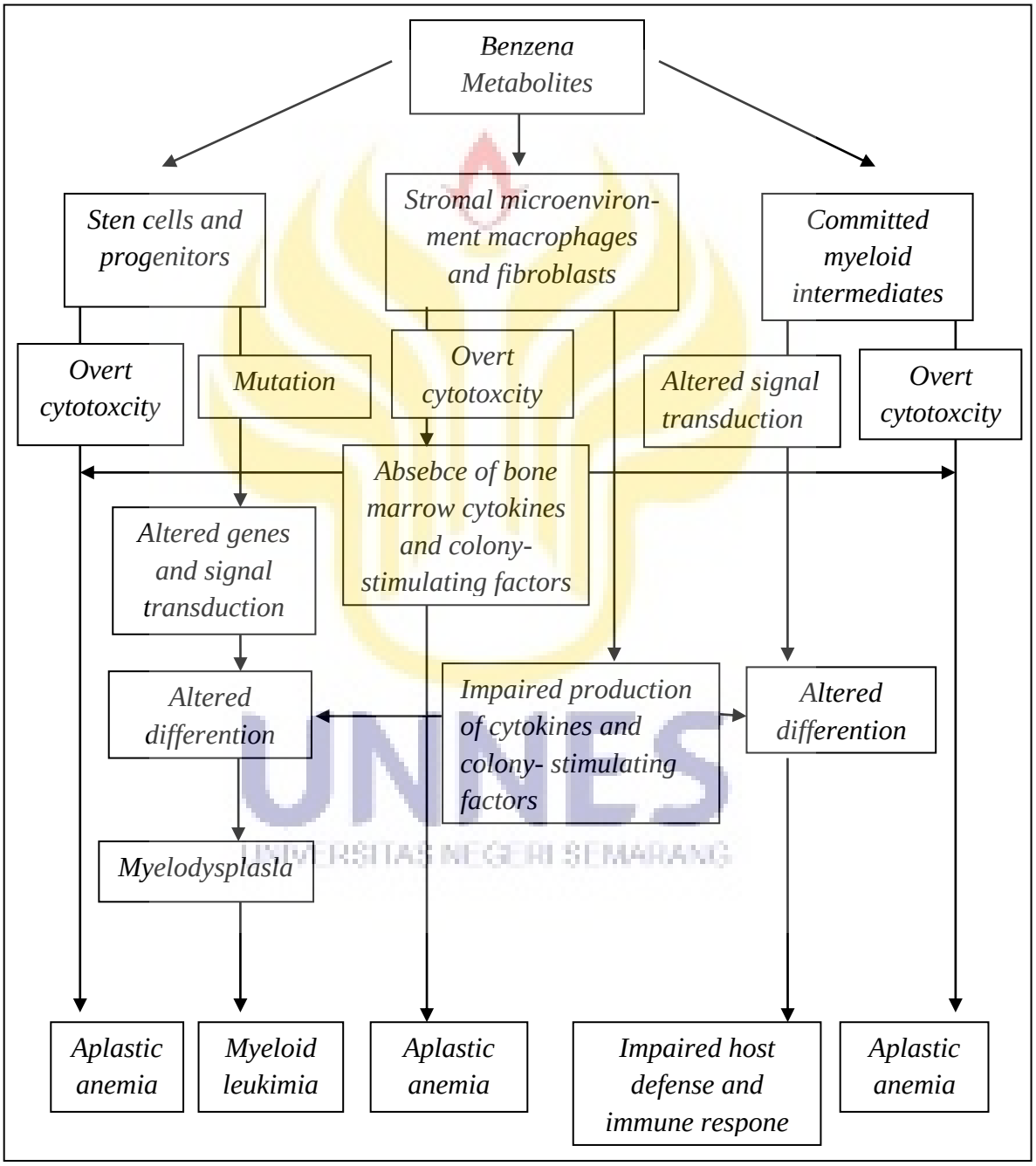
2.2 Efek terhadap Kesehatan

Pemajanan bahan kimia mengakibatkan terjadinya perubahan biologik atau fungsi tubuh yang manifestasinya berupa keluhan, gejala, dan tanda gangguan kesehatan. kerusakan jaringan atau sel tubuh terjadi pada organ target yakni bagian yang terserang bahan kimia (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003:111).

Bahan kimia toluena pada konsentrasi diatas 100 ppm dapat menyebabkan vertigo dan sakit kepala. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, menyebabkan koma. Namun tidak menyebabkan kerusakan sumsum tulang, tidak bersifat hepatotoksik, dan tidak berpengaruh pada sistem saraf. Konsentrasi normal tidak menyebabkan kerusakan otak. Bahan kimia lain seperti xylene gejala akutnya sama dengan toluena tapi xylene lebih bersifat iritan dan menimbulkan bau yang tidak enak. Berbahaya bagi mata dan saluran pernafasan atas, namun tidak menyebabkan hematotoksik dan neurotoksik (A.M. Sugeng Budiono, 2003:117).

Sedangkan semua jalur pajanan benzena diketahui bahwa bersifat karsinogenik bagi manusia. Hal ini diperkuat dari tiga jalur area yang berbeda, yaitu : studi epidemiologi manusia, data hewan, dan peningkatan pengetahuan dari aksi mekanisme serta banyak studi dari penyerapan kulit pada manusia dan hewan. Pada spesies percobaan hewan, pajanan benzena (inhalasi dan jalur

pencernaan) diketahui bahwa penyebab kanker pada sasaran beberapa organ (U.S. EPA, 1998). Untuk menilai efek kesehatan akibat pajanan benzena didapat dari data kesehatan pekerja yang terpajan benzena di lingkungan kerja (ATSDR, 2007). Hal ini dapat digambarkan secara skematis pada (Gambar 2.2).



Gambar 2.2: Efek Kesehatan akibat Pajanan Benzena
Sumber : U.S. EPA, 1998

2.3 Nilai Ambang Batas (NAB)

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.13/MEN/X/2011 tentang NAB faktor fisika dan faktor kimia di tempat kerja menyatakan bahwa kegunaan NAB ini akan digunakan sebagai pedoman pada praktik higiene perusahaan dalam melakukan penatalaksanaan lingkungan kerja sebagai upaya untuk mencegah dampaknya terhadap kesehatan. Benzena merupakan salah satu zat kimia yang berbahaya, oleh karena itu NAB benzena yang ditetapkan adalah sebesar 10 ppm.

Sedangkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 2005, benzena termasuk kelompok A-2 yakni zat kimia yang diperkirakan karsinogenik untuk manusia *(Suspected Human Carcinogen)*. Karena berpotensi sebagai karsinogenik bagi manusia, maka ditetapkan NAB benzena sebesar 32 mg/m^3. Bahan lain seperti toluena dan xylene termasuk kelompok A-4 yakni zat kimia yang belum cukup bukti untuk diklasifikasikan karsinogenik terhadap manusia atau binatang, sehingga NAB toluena sebesar 188 mg/m^3 dan xylene sebesar 434 mg/m^3. Serta dalam *Material Safety Data Sheet* (MSDS) tahun 2014, *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (*ACGIH) menyatakan bahwa batas pajanan benzena adalah 10 ppm *(suspect carcinogen).*

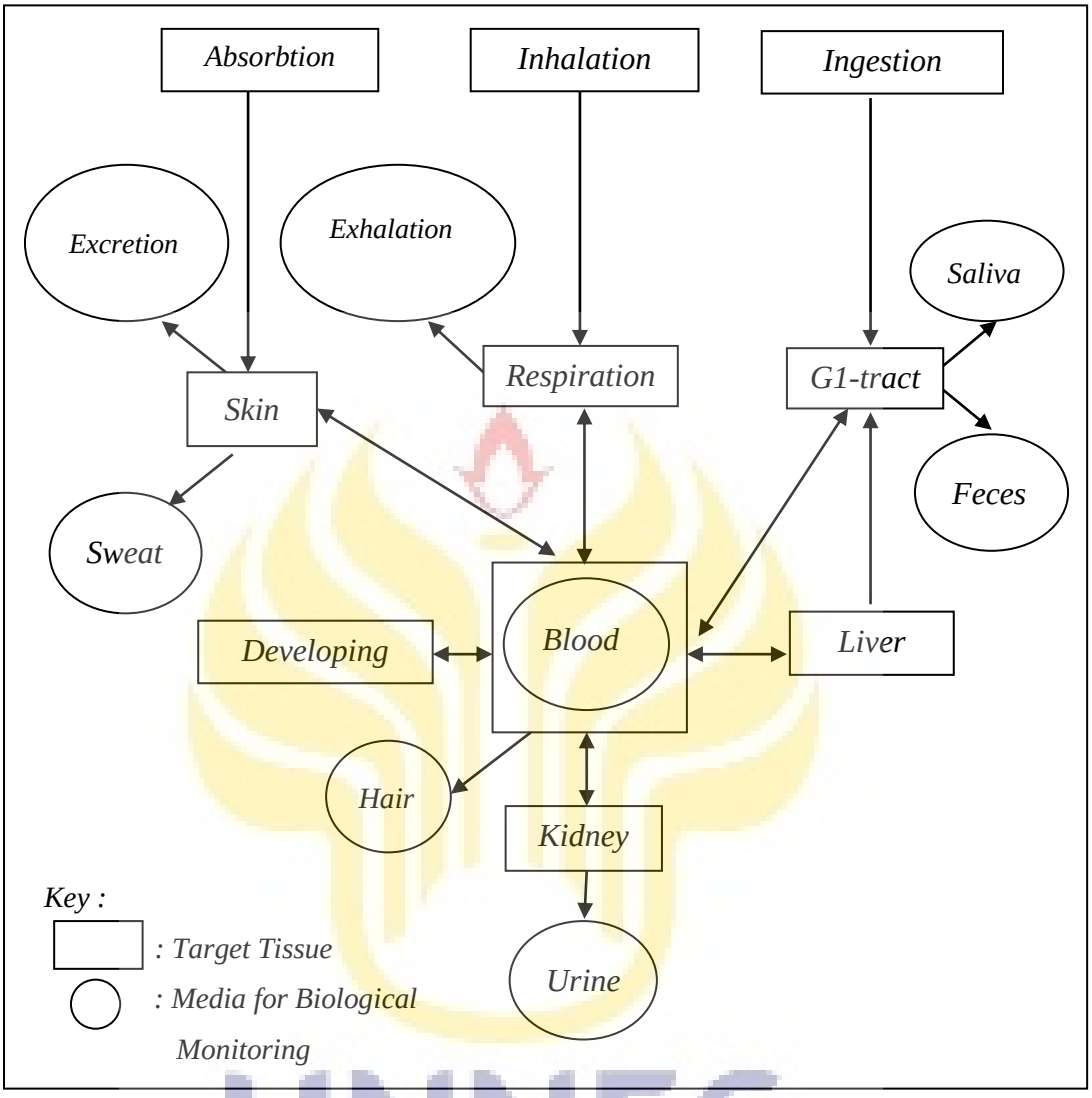
2.4 Pemantauan Biologis *(Biological Monitoring)*

Untuk mempelajari kandungan bahan kimia dalam tubuh manusia dan efek biologi dari bahan kimia menggunakan metode pemantauan biologis *(Biological Monitoring).* Pemantauan ini digunakan untuk mendeteksi kelainan fungsi organ

tubuh atau penyakit akibat kerja. Melalui pemeriksaan darah dan urin, dapat terdeteksi absorbsi bahan beracun, metabolit, dan aktivitas enzim yang mungkin dipengaruhi oleh bahan beracun tersebut. Pemantauan biologik atau biomedik akan memberi gambaran yang lebih dapat dipercaya daripada pengukuran kadar bahan kimia di udara (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003:114).

Pendekatan pemantauan biologi dan pemantauan ambien terhadap risiko kesehatan dapat dinilai antara lain dengan membandingkan hasil perhitungan parameter dengan nilai perkiraan maksimum yang diperkenankan, yaitu *Threshold Limit Value* (TLV) atau *Biological Limit Value (BLV).* Pemantauan biologi dipakai untuk mengidentifikasi suatu paparan bahan kimia yang bekerja secara sistemik pada organisme. Benzena yang masuk ke dalam tubuh melalui kulit, saluran pernafasan, dan saluran pencernaan yang bersumber dari tempat kerja dan lingkungan lainnya dapat dilakukan dengan pemantauan biologi. Selain itu, hasil pemantauan biologi dari paparan benzena ditentukan oleh faktor individu dan dipengaruhi oleh masuknya serta absorbsinya bahan tersebut di dalam tubuh. Faktor individu yang mempengaruhi adalah jenis kelamin, usia, status gizi, dan kesehatan (ATSDR, 2001).

Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa penggunaan tes biologi untuk menentukan dosis internal dari benzena diperlukan proses absorbsi, distribusi, metabolisme, ekskresi, toksisitas benzena serta kondisi lingkungan antara dosis internal, pajanan, dan akibat pajanan. Proses biotransfomasi menyangkut jaringan target dan media biologi untuk proses benzena dapat dilihat pada (gambar 2.3).



Gambar 2.3 : Biotransformasi Xenobiotik
Sumber : Hulka 1988 dalam Mukono, 2002:58

2.5 *Biological Marker (Biomarker)*

Dalam arti luas *biological marker* atau *biomarker* atau marka biologi adalah suatu teknik pengukuran spesimen biologis yang dapat menjelaskan hubungan antara pemaparan lingkungan dan timbulnya kerusakan atau dampak buruk pada organisme. Dalam *biomarker*, respon biologis yang diukur adalah level terendah dalam organisasi biologis, seperti: respon-respon molekuler, biokimia dan fisiologis, sehingga hasil yang diberikan bersifat jangka pendek dan sangat

sensitif yang merupakan respon organisme terhadap stressor didalam lingkungan. Oleh karena itu, *biomarker* merupakan indikator dini dari perubahan kondisi fisiologis organisme akibat terdapat *stressor* dalam lingkungan tempat hidupnya (Frank C. Lu, 1995:122).

Kehadiran suatu bahan kimia asing *(Xenobiotics)* atau metabolitnya atau produk hasil interaksi antara suatu *xenobiotics* dengan molekul target atau sel yang diukur dalam suatu fase, untuk organisme dikelompokan sebagai suatu *biomarker* pemaparan (ATSDR, 2007). Biomarker pemaparan umumnya digunakan untuk memprediksi dosis atau konsentrasi yang diterima oleh individu, selanjutnya dapat dikaitkan dengan perubahan yang timbul dalam suatu kondisi penyakit. Dalam banyak hal, biomarker pemaparan merupakan hal yang cukup mudah untuk diketahui, karena kebanyakan kontaminan atau metabolitnya dapat dikuantifikasi dar sampel tanpa membunuh organismenya, seperti: darah, urine, feces atau jaringan-jaringan yang dapat diperoleh dengan biopsi atau nekrosi (Frank C. Lu, 1995:123).

Darah sering digunakan sebagai *biomarker*, karena sifatnya yang lebih spesifik dan sensitif. Darah terdiri dari sel-sel dan cairan yang terdapat dalam sistem sirkulasi tertutup, yang mengalir secara teratur dalam satu arah, didorong terutama oleh kontraksi jantung yang berirama. Darah terdiri dari 2 bagian: unsur berbentuk (sel-sel darah) dan plasma. Unsur berbentuk ialah eritrosit, leukosit, dan trombosit. Apabila terdapat suatu benda asing yang masuk dalam tubuh, maka sel granulosit dari leukosit akan memakan atau menfagosit benda asing tersebut. Bagian sel granulosit yang berfungsi sebagai fagosit adalah neutrofil. Neutrofil

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

membentuk pertahanan terhadap invasi mikroorganisme, terutama bakteri. Serta neutrofil juga merupakan fagosit aktif terhadap partikel kecil (L. Carlos Junqueira, dkk., 1997:226). Waktu paruh rata-rata neutrofil didalam sirkulasi adalah 6 jam dan jangka hidup antara 1-4 hari dalam jaringan ikat (William F. Ganong, 2002:496).

2.6 Faktor Individu

Faktor individu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi toksisitas bahan kimia pada manusia. Misalnya: usia, jenis kelamin, ras, status gizi, kesehatan, faktor genetik, dan kebiasaan lain seperti merokok, minum-minuman keras, toleransi dan sebagainya (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003:108). Sedangkan penelitian Betty Susilowati tahun 2011 dan penelitian Martha Tinelli dan Katharina Oginawati tahun 2011 menyebutkan bahwa ada faktor lain seperti waktu kerja, masa kerja, dan penggunaan APD yang dapat mempengaruhi risiko kesehatan pekerja.

2.6.1 Usia

Usia merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi banyaknya pajanan yang masuk ke dalam tubuh manusia (I Dewa Nyoman Supariasa, dkk., 2001:38). Usia seseorang akan mempengaruhi daya tahan tubuh terhadap pajanan zat toksik atau bahan kimia (ATSDR, 2007).

Tabel 2.2: Kategori Penggelompokan Usia

No.	Usia (Tahun)	Kategori
1.	18 - 45	Tidak Rentan
2.	> 45	Rentan

Sumber: Undang-undang No.1 Tahun 1999

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Menurut Undang-undang No. 1 Tahun 1999 tentang pengesahan Konvensi *International Labour Organization* (ILO) No. 138 dalam A.M. Sugeng Budiono (2003:146), mengenai usia minimun yang diperbolehkan bekerja untuk pekerjaan yang membahayakan kesehatan, keselamatan, dan moral, anak harus diupayakan tidak boleh bekerja pada usia kurang dari 18 tahun, kecuali untuk pekerjaan ringan tidak boleh kurang dari 16 tahun. Hal tersebut dikarenakan bahwa keadaan fisik anak pada umumnya lebih lemah dibandingkan dengan orang dewasa sehingga lebih rentan terhadap segala jenis bahaya yang mungkin timbul dan dapat mengganggu perkembangannya baik fisik maupun mental. Potensi bahaya kimia juga merupakan ancaman bagi kesehatan dan keselamatan seorang anak di tempat kerja.

Mekanisme pajanan benzena yang dipengaruhi usia pekerja adalah terhadap toksisitas. Pada usia tertentu yang belum mencapai 18 tahun, maka tubuh akan rentan terhadap penyakit. Sedangkan pada usia lanjut atau lebih dari 45 tahun terjadi penurunan faal organ tubuh sehingga mempengaruhi metabolisme dan penurunan kerja otot (ATSDR, 2007).

2.6.2 Indeks Massa Tubuh (IMT)

Masalah kekurangan dan kelebihan gizi pada orang dewasa (18 tahun keatas) merupakan masalah penting, karena selain mempunyai risiko penyakit tertentu juga dapat mempengaruhi produktivitas kerja. Indeks Masa Tubuh (IMT) adalah alat yang sederhana untuk memantau status gizi orang dewasa khususnya yang berkaitan dengan kekurangan dan kelebihan berat badan (I Dewa Nyoman Supariasa, dkk., 2001:60).

Rumus perhitungan IMT adalah sebagai berikut :

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

Sumber : I Dewa Nyoman Supariasa, dkk., 2001:60

Batas ambang IMT ditentukan dengan merujuk ketentuan FAO atau WHO, yang membedakan batas ambang untuk laki-laki dan perempuan. Namun untuk kepentingan Indonesia, maka ambang batas dimodifikasi lagi berdasarkan pengalaman klinis dan hasil penelitian di beberapa negara berkembang (Tabel 2.3).

Tabel 2.3: Kategori Ambang Batas IMT

	Kategori	IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	<17,0
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17,0 - 18,4
Normal		>18,5 – 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	>25,1 – 27,0
	Kelebihan berat badan tingkat berat	>27,0

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan RI, 2014

IMT yang merupakan hasil bagi antara berat badan dan tinggi badan kuadrat merupakan salah satu karakteristik antropometri yang dapat mempengaruhi absorbsi benzena dalam tubuh. Berat badan adalah salah satu faktor penentu yang mempengaruhi jumlah asupan yang masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi. Besarnya nilai intake berbanding lurus dengan nilai konsentrasi bahan kimia, laju asupan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan. Sedangkan asupan berbanding terbalik dengan nilai berat badan dan periode waktu rata-rata. Sehingga semakin besar berat badan maka akan semakin kecil risiko kesehatannya (ATSDR, 2007).

2.6.3 Lama Pajanan

Lama pajanan adalah lamanya seseorang terpajan bahaya lem dalam satuan jam per hari.

Tabel 2.4 : Kategori Lama Pajanan

No.	Jumlah Jam Pajanan/hari	Kategori
1.	> 1 jam	Ringan
2.	1-2 jam	Sedang
3.	> 2 jam	Tinggi

Sumber : ATSDR, 2007

Lama pajanan berkaitan langsung dengan banyaknya benzena yang memapar pekerja selama berada di tempat kerja. Walaupun benzena yang terinhalasi, terabsorbsi dermal, dan gastrointestinal setiap hari masih tergolong rendah dan berada dibawah NAB yang ada, namun apabila konsentrasi benzena terpajan dalam waktu yang lama maka akan mempengaruhi jumlah asupan benzena (ATSDR, 2007).

2.6.4 Masa Kerja

Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR) 2007, menyebutkan masa kerja merupakan durasi lamanya seseorang bekerja di suatu tempat dalam satuan tahun. Masa kerja ini dihitung dari tahun pertama pekerja bekerja hingga dilakukan penelitian.

Tabel 2.5 : Kategori Masa Kerja

No.	Masa Kerja (Tahun)	Kategori
1.	< 1 tahun	Baru
2.	> 1 tahun	Lama

Sumber : ATSDR, 2007

Mekanisme pajanan benzena terkait masa kerja yakni pajanan benzena yang utama adalah melalui inhalasi, walaupun pajanan secara dermal juga dimungkinkan terjadi. Efek kesehatan terbagi menjadi beberapa pajanan, tergantung pada lama pajanan. Pajanan akut yang cepat yaitu 14 hari. Pajanan intermediet benzena yang terjadi selama 15-365 hari akan berefek pada sistem saraf pusat dimana dapat menyebabkan kantuk, pening, sakit kepala, gemetar, bingung sampai tidak sadarkan diri atau pingsan. Gejala klinis tersebut dapat berkembang menjadi paraliris, ketidaksadaran, kejang-kejang, dan kematian dapat terjadi. Sedangkan pajanan kronik dapat terjadi, akibat pajanan benzena lebih dari 1 tahun. Dampak yang timbul akibat pajanan benzena kronik adalah terganggunya sumsum tulang yang merupakan tempat produksi sel darah. Efek toksik pada sumsum tulang ini terjadi secara laten dan sering irrevesibel (ATSDR, 2001).

2.7 Profil Darah

Darah adalah organ khusus yang berbeda dengan organ lain, karena berbentuk cairan. Darah merupakan suspensi dari partikel dalam larutan koloid cair yang mengandung elektrolit. Peranannya adalah sebagai medium pertukaran antara sel-sel yang terfiksasi dalam tubuh dan lingkungan luar serta memiliki sifat-sifat protektif terhadap organisme sebagai keseluruhan, khususnya terhadap darah sendiri (Arif Muttaqin, 2009:384).

Sedangkan menurut Evelyn C. Pearce (2009:133), darah merupakan jaringan cair yang terdiri atas dua bagian. Bahan interseluler adalah cairan yang disebut plasma dan didalamnya terdapat unsur padat, yaitu sel darah. Volume darah secara keseluruhan sekitar satu per dua belas berat badan atau sekitar 2 liter. 55% darah merupakan cairan, sedangkan 45% sisanya terdiri dari sel darah. Sel

darah dibagi menjadi menjadi sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), dan trombosit.

2.8 Konsep Fisiologis Darah

Volume darah manusia sekitar 85% dari berat badan normal dan berjumlah sekitar 5 liter. Darah bersikulasi didalam sistem vaskular dan berperan sebagai penghubung antara organ tubuh, membawa oksigen yang diabsorbsi oleh paru dan nutrisi yang diabsorbsi oleh traktus gastrointestinal ke sel tubuh untuk metabolisme sel. Darah mengangkut produk ekskresi yang dihasilkan oleh metabolisme sel ke paru, kulit, dan ginjal yang akan ditransformasi dan dibuang keluar dari tubuh. Darah juga membawa hormon dan antibodi ke tempat sasaran atau tujuan (Arif Muttaqin, 2009:384).

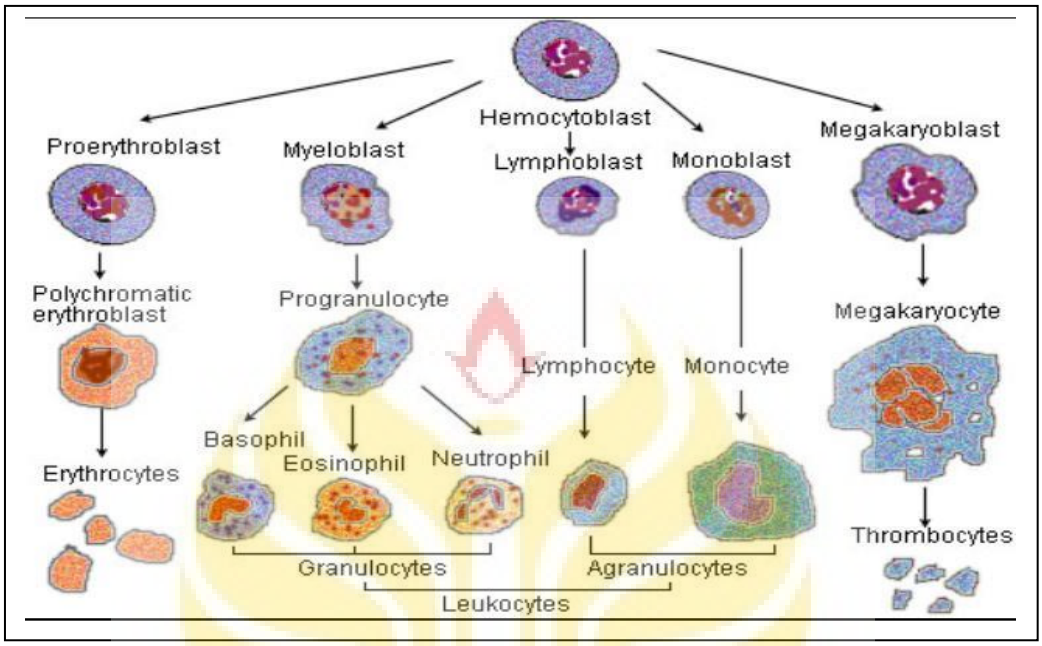
Untuk tetap menjalankan fungsinya, darah harus tetap berada dalam keadaan cair yang normal. Oleh karena berbentuk cairan, maka selalu terdapat bahaya kehilangan darah dari sistem vaskuler akibat trauma. Untuk mencegah bahaya ini, darah memiliki mekanisme pembekuan yang sangat peka serta dapat diaktifkan setiap saat jika diperlukan untuk menyumbat kebocoran pada pembuluh darah (Evelyn C. Pearce, 2009:135).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.9 Tempat Pembetukan Darah

Sumsum tulang menempati bagian dalam tulang spons dan bagian tengah rongga tulang panjang. Sumsum merupakan 4-5% berat badan total, sehingga merupakan zat yang paling besar dalam tubuh. Sumsum bisa berwarna merah dan kuning. Sumsum merah merupakan tempat produksi sel darah merah aktif dan merupakan organ hematopoetik (penghasil darah) utama. Sedangkan sumsum

kuning tersusun terutama oleh lemak dan tidak aktif dalam produksi elemen darah (Arif Muttaqin, 2009:385).



Gambar 2.4: Profil Darah
Sumber : Guyton, 1995:50

2.10 Darah dan Bagiannya

Sel darah terdiri atas tiga jenis, yaitu :

2.10.1 Sel Darah Merah (Eritrosit)

Gambar 2.5: Sel Darah Merah (Eritrosit)
Sumber : Arif Muttaqin, 2009:387

Sel darah merah (eritrosit) berbentuk cakram bikonkaf yang tidak berinti dan berdiameter sekitar 8 µm. Namun eritrosit sangat fleksibel, sehingga mampu melewati kapiler yang diameternya 4 µm. Membran sel eritrosit sangat tipis, sehingga gas seperti oksigen dan karbondioksida dengan mudah berdifusi melaluinya (Arif Muttaqin, 2009:385).

Pada laki-laki normal jumlah rata-rata eritrosit per mililiter kubik adalah 5.200.000 dan pada wanita normal adalah 4.700.000. Namun ketinggian tempat hidup seseorang juga mempengaruhi jumlah eritrosit. Jumlah hematokrit (persentase darah yang berupa sel darah merah) normalnya 40-45% dan jumlah Hemoglobin (Hb) dalam masing-masing sel normal adalah mengandung rata-rata 15 gram Hb. Tiap gram Hb mampu mengikat kira-kira 1,39 ml oksigen. Oleh karena itu, pada orang normal lebih dari 20 ml oksigen dapat diangkut dalam ikatan dengan Hb dalam tiap 100 ml darah (Guyton, 1995:45).

2.10.1.1 Pembentukan Sel Darah Merah (Eritrosit)

Pembentukan sel darah merah dimulai dari adanya proeritroblast yang kemudian berdiferensiasi menjadi eritroblast di dalam sumsum tulang. Eritroblast (sel berinti yang dalam proses pematangan di sumsum tulang menimbun hemoglobin) pada 24 jam kemudian menjadi basofil eritroblast dan pada hari berikutnya menjadi polikromafil eritroblast. Selanjutnya nukleus keluar dari inti sel pada hari ke 4. Pada hari berikutnya sel darah merah memasuki sirkulasi sebagai retikulosit sumsum tulang. Retikulosit adalah stadium terakhir dari

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

perkembangan eritrosit belum matang dan mengandung jala yang terdiri atas serat-serat retikular. Sejumlah kecil hemoglobin masih dihasilkan selama 24 jam sampai 48 jam pematangan. Retikulum kemudian larut dan menjadi eritrosit yang matang. Pematangan lebih lanjut menjadi eritrosit yang disertai dengan menghilangannya material berwarna gelap dan sedikit penyusutan ukuran. Eritrosit matang kemudian dilepaskan dalam sirkulasi (Arif Muttaqin, 2009:385).

2.10.1.1.1 Hemoglobin

Hemoglobin (Hb) adalah protein tetramer yang terdiri dari dua pasang subunik polipeptida yang berbeda (α, β, γ, ð, S). Sel darah merah mampu mengkonsentrasikan Hb dalam cairan sel sampai sekitar 34 g/dl sel. Konsentrasi ini tidak pernah meningkat lebih dari nilai tersebut, karena ini merupakan batas metabolik dari mekanisme pembentukan Hb sel. Selanjutnya pada orang normal, persentase Hb hampir selalu mendekati maksimum dalam setiap sel. Namun bila pembentukan Hb dalam tulang sumsum berkurang, maka persentase Hb dalam darah merah juga menurun karena Hb untuk mengisi sel kurang. Jumlah Hb seluruh darah pria rata-rata mengandung 16 g/dl Hb, dan pada wanita mengandung rata-rata 14 g/dl (Guyton, 1995:46).

Hb mengikat empat molekul oksigen per tetrameter (satu per subunit heme), dan kurva saturasi oksigen memiliki bentuk sigmoid. Sarana yang menyebabkan oksigen terikat pada Hb adalah jika sudah terdapat empat molekul oksigen lain

pada tertrameter yang sama. Jika oksigen sudah ada, pengikatan oksigen berikutnya akan berlangsung lebih mudah. Dengan demikian, Hb memperlihatkan kinetika pengikatan komparatif yakni suatu sifat yang memungkinkan Hb mengikat oksigen dalam jumlah semaksimal mungkin pada organ respirasi dan memberikan oksigen semaksimal mungkin pada partial oksigen jaringan perifer (Guyton, 1995:47)

2.10.1.1.2 Hematokrit

Hematokrit (Ht atau HTC) adalah volume yang digunakan untuk mengukur persentase darah merah dalam seluruh volume darah. Persentase sel darah merah normalnya 40-45%. Nilai ini juga digunakan untuk mengetahui ada tidaknya anemia. Penetapan nilai hematokrit dapat dilakukan dengan cara makro dan mikro. Secara umun, anemia terjadi pada orang dewasa bila nilai normal Ht kurang dari 42% bagi laki-laki dan 37% bagi wanita. Penurunan nilai Ht dapat membantu penilaian mekanisme terjadinya anemia. Pada penghentian total produksi sumsum tulang tanpa adanya perdarahan atau hemolisis akan menyebabkan penurunan Ht. adapun penurunan Ht tidak lebih dari 3-4 angka per minggu (Guyton, 1995:48).

2.10.1.2 Fungsi Sel Darah Merah (Eritrosit)

Fungsi utama sel darah merah (eritrosit) adalah membawa oksigen dari paru ke jaringan. Eritrosit mempunyai kemampuan khusus untuk melakukan fungsi ini

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

karena kandungan hemoglobinnya tinggi. Apabila tidak ada hemoglobin, kapasitas pembawa oksigen darah dapat berkurang sampai 99% dan tentunya tidak mencukupi kebutuhan metabolisme tubuh. Fungsi penting hemoglobin adalah kemampuannya mengikat oksigen dengan mudah dan revesibel. Akibatnya, oksigen yang langsung terikat dalam paru diangkut sebagai oksihemoglobin dalam darah arterial, dan langsung terurai dari hemoglobin dalam jaringan. Dalam darah vena, Hb bergabung dengan ion hidrogen yang dihasilkan oleh metabolisme sel, sehingga dapat menyangga kelebihan asam (Arif Muttaqin, 2009:389).

2.10.1.3 Laju Endap Darah (LED)

Laju Endap Darah (LED) adalah kecepatan mengendapnya eritrosit dari suatu sampel darah yang diperiksa dalam satuan alat tertentu dalam mm/jam. LED juga sering diistilahkan dalam bahasa asing BBS *(Blood Bezenking Snelheid)*, BSR *(Blood Sedimentation Rate)*, ESR *(Erytrocyte Sedimentation Rate)*, dan dalam bahasa Indonesianya adalah KPD (Kecepatan Pengendapan Darah). Proses pengendapan darah terjadi dalam 3 tahap, yaitu tahap pembentukan rouleaux, tahap pengendapan, dan tahap pemadatan. Nilai rujukan untuk wanita 0-20 mm/jam, sedangkan pria 0-10 mm/jam (Guyton, 1995:47).

2.10.1.3.1 Fase-fase LED

Ada beberapa fase dalam pengendapan LED, yaitu : (1) Fase Pertama (fase pembentukan rouleaux), pada fase ini terjadi rouleaux formasi yaitu eritrosit mulai saling menyatukan diri. Waktu yang dibutuhkan adalah beberapa menit hingga 30

menit. Adanya makromolekul dengan konsentrasi tinggi di dalam plasma darah dapat mengurangi sifat saling menolak diantara sel eritrosit, dan mengakibatkan eritrosit mudah melekat satu dengan yang lain, sehingga memudahkan terbentuknya rouleaux. Rouleaux adalah gumpalan eritrosit yang terjadi bukan karena antibodi atau ikatan kovalen, tetapi karena saling tarik-menarik diantara permukaan sel. Bila perbandingan globulin terhadap albumin meningkat atau kadar fibrinogen sangat tinggi, pembentukan rouleaux dipermudah hingga LED meningkat; (2) Fase Kedua (fase pengendapan cepat), fase ini disebut juga fase pengendapan maksimal, karena telah terjadi agregasi atau pembentukan rouleaux atau partikel-partikel eritrosit menjadi lebih besar dengan permukaan yang lebih kecil sehingga menjadi lebih cepat pula pengendapannya. Kecepatan pengendapan pada fase ini adalah konstan, waktunya 30 menit sampai 120 menit; (3) Fase Ketiga (fase pengendapan lambat atau pemadatan), fase ini terjadi pengendapan eritrosit yang sangat lambat. Dalam keadaan normal dibutuhkan waktu setengah jam hingga satu jam untuk mencapai fase ketiga tersebut. Pengendapan eritrosit ini disebut sebagai laju endap darah (Guyton, 1995:47).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.10.1.3.2 Faktor yang Mempengaruhi LED

Faktor yang mempengaruhi LED antara lain : (1) Faktor eritrosit, faktor terpenting yang menentukan kecepatan endapan eritrosit adalah ukuran atau masa dari pertikel endapana. Pada beberapa penyakit dengan gangguan fibrinogen plasma dan globulin dapat menyebabkan perubahan permukaan eritrosit dan peningkatan LED; (2) Faktor Plasma, beberapa protein plasma mempunyai

muatan positif dan mengakibatkan muatan permukaan eritrosit menjadi netral. Hal ini menyebabkan gaya tolak eritrosit menurun dan mempercepat terjadinya agregasi atau endapan eritrosit; (3) Faktor teknik dan mekanik, faktor terpenting pemeriksaan LED adalah tabung harus betul tegak lurus, perubahan akan menyebabkan keselahan sebesar 30%, dan panjang diameter bagian dalam tabung LED juga mempengaruhi hasil pemeriksaan (Guyton, 1995:50).

2.10.1.3.3 Faktor yang Meningkatkan LED

Faktor yang meningkatkan LED, antara lain : (1) Jumlah eritrosit kurang dari normal; (2) Ukuran eritrosit yang lebih besar dari ukuran normalnya, sehingga lebih mudah atau cepat membentuk rouleaux; (3) Peningkatan kadar fibrinogen dalam darah akan mempercepat pembentukan rouleaux; (4) Tabung pemeriksaan bergetar akan mempercepat pembentukan pengendapan; (5) Suhu saat pemeriksaan lebih tinggi dari suhu ideal (>20˚C) sehingga mempercepat pengendapan (Guyton, 1995:48)

2.10.1.3.4 Faktor yang Menurunkan LED

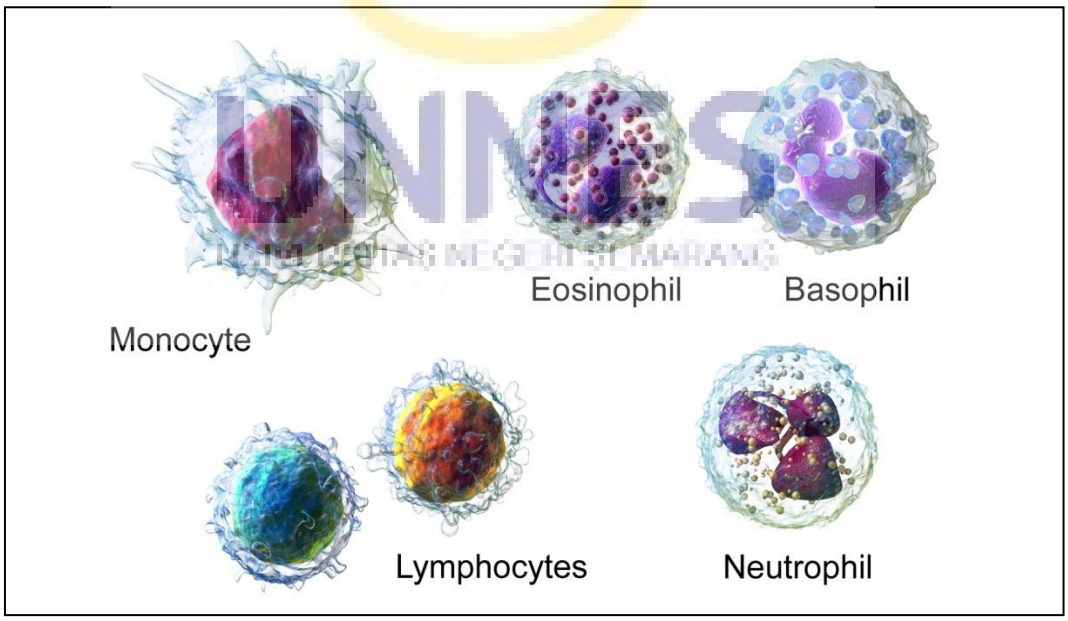
Lekositosis berat, polsitemia, abnormalitas protein (hyperviskositas), faktor teknik seperti: problem pengeceran, darah sampel beku, tabung LED pendek, dan getaran pada saat pemeriksaan (Guyton, 1995:49).

2.10.1.4 Kelainan pada Darah Merah (Eritrosit)

Ada beberapa kelainan yang dapat terjadi pada sel darah merah (eritrosit), antara lain : (1) Anemia, berarti defisiensi sel darah merah atau kandungan hemoglobin didalam darah yang dapat disebabkan karena kehilangan sel darah

merah yang terlalu banyak atau pembentukan sel darah merah yang terlalu lambat (Guyton, 1995:49). Anemia diklasifikasikan berdasarkan patofisiologinya, yaitu : berhubungan dengan penurunan produksi atau dengan kenaikan kehilangan eritrosit dan berdasarkan ukuran sel (Lawrence M. Tierney, Jr *at all*, 2003:63). Hal ini dapat tejadi akibat pajanan kronik benzena lebih dari 1 tahun. Dampak yang timbul adalah terganggunya sumsum tulang yang merupakan tempat produksi sel darah, salah satunya adalah eritrosit. Produksi dan jumlah sel darah merah akan berkurang, jika hal ini terjadi terus menerus maka akan menyebabkan defisiensi eritrosit yang kemudian menyebabkan anemia; (2) Hemolisis, merupakan penghancuran sel darah merah dalam sirkulasi, terjadi bila gangguan pada sel darah itu sendiri yang memperpendek hidupnya atau karena perubahan lingkungan yang mengakibatkan penghancuran sel darah merah (Arif Muttaqin, 2009:397).

2.10.2 Sel Darah Putih (Leukosit)



Gambar 2.6: Sel Darah Putih (Leukosit)
Sumber : Guyton, 1995:50

Sel darah putih (leukosit) bening dan tidak berwarna, bentuknya lebih besar dari sel darah merah, tetapi jumlahnya lebih kecil. Dalam setiap milimeter kubik darah terdapat 6.000 sampai 10.000 (rata-rata 8.000) sel darah putih (Evelyn C. Pearce, 2009:135). Leukosit dibagi menjadi dua katergori, yaitu: granulosit dan agranulosit (sel mononuklear). Sekitar 60% diantaranya adalah granulosit dan 40% agranulosit. Granulosit ditentukan oleh adanya granula dalam sitoplasmanya. Diameter granulosit biasanya dua sampai tiga kali eritrosit (Arif Muttaqin, 2009:389).

Granulosit dibagi dalam tiga bagian, yaitu : (1) Neutrofil paling banyak dijumpai, sel golongan ini mewarnai dirinya dengan pewarna netral atau campuran asam basa dan tampak berwarna ungu. Dalam sirkulasi dibagi atas kelompok sirkulasi dan kelompok marjinal (sel darah putih yang terletak disepanjang dinding kapiler). Dengan gerakan seperti gerakan amuba, neutrofil bergerak dengan cara diapedesis dari kelompok marjinal untuk masuk ke dalam jaringan dan membran mukosa. Sel ini bekerja sebagai sistem pertahanan primer tubuh untuk melawan insfeksi bakteri, metode pertahanannya adalah proses fagositosis; (2) Eosinofil mempunyai fungsi lemah dan tidak dapat dipahami secara jelas. Sel ini berfungsi pada reaksi antigen-antibodi dan meningkat pada serangan asma, reaksi obat, dan investasi parasit tertentu. Sel golongan ini juga hanya sedikit dijumpai, dan sel ini menyerap pewarna bersifat asam dan kelihatan merah; (3) Basofil membawa heparin, menyerap pewarna basa dan menjadi biru. Faktor pengaktifan histamin dan platelet dalam granulanya untuk menimbulkan peradangan (Arif Muttaqin, 2009:389).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Sedangkan agranulosit dibagi dalam dua bagian, yaitu : (1) Limfosit yang membentuk 25% dari seluruh jumlah sel darah putih. Sel ini dibentuk didalam kelenjar limfe dan juga dalam sumsum tulang. Sel ini tidak memiliki kemampuan bergerak seperti amuba; (2) Monosit merupakan sejumlah kecil sel yang berukuran lebih besar (sebanyak 5%). Sel ini mampu mengadakan gerakan amuboid dan mempunyai sifat fagosit (Evelyn C. Pearce, 2009:136).

2.10.2.1 Pembentukan Sel Darah Putih (Leukosit)

Sel polimorfonuklear dan monosit dibentuk hanya dalam sumsum tulang. sebaliknya, limfosit dan sel plasma dihasilkan dalam berbagai organ limfogen. Beberapa sel darah putih yang dibentuk dalam sumsum tulang, khususnya granulosit disimpan dalam sumsum sampai mereka dibutuhkan (Guyton, 1995:51).

Sel menjalani suatu fase proliferasi (pembelahan) mitotik. Selanjutnya diikuti oleh fase pematangan. Waktu yang diperlukan bervariasi dari 9 hari untuk eosinofil sampai 12 hari untuk neutrofil. Semua fase ini akan mengalami menambahan kecepatan selama terjadi infeksi. Di dalam sumsum tulang, setelah sel menjadi matang kemudian sel tersebut menjadi lebih kecil, intinya berbentuk bulat atau oval, serta memiliki dua sampai lima lobus yang dikelilingi oleh sitoplasma yang mengandung granul halus dan tersebar merata. Sumsum tulang memiliki tempat penyimpanan cadangan tetap dan kapasitasnya sekitar 10 kali jumlah neutrofil yang dihasilkan setiap hari. Bila timbul infeksi, neutrofil cadangan ini dimobilisasi dan dilepaskan ke dalam sirkulasi, disana sel tersebut menetap selama 6-8 jam (Arif Muttaqim, 2009:391).

2.10.2.2 Fungsi Sel Darah Putih (Leukosit)

Fungsi leukosit adalah melindungi tubuh terhadap invasi bakteri atau benda asing lainnya. Fungsi utama leukosit polimorfonuklear (PMN) adalah memakan benda asing atau yang sering disebut fagositosis. Fungsi limfosit terutama menghasilkan substansi yang membantu penyerangan benda asing serta menghasilkan antibodi. Eosinofil dan basofil berfungsi sebagai tempat penyimpanan berbagai material biologis kuat. Peningkatan jumlah eosinofil pada keadaan alergi menunjukkan bahwa sel ini terlibat dalam reaksi hipersensitivitas (Arif Muttaqin, 2009:390).

Sebagai hasil kerja fagositik dari sel darah putih, peradangan dapat dihentikan. Bila kegiatannya tidak dapat berhasil dengan sempurna, maka dapat berbentuk nanah. Nanah terdiri dari kawan dan lawan fagosit yang terbunuh dalam perjuangannya melawan kuman yang menyerbu masuk dan disebut sel nanah (Evelyn C. Pearce, 2009:137).

2.10.2.3 Hitung Jenis Sel Darah Putih (Leukosit)

Hitung leukosit adalah jumlah total leukosit. Leukosit tinggi umumnya tubuh sedang melawan infeksi dan leukosit rendah artinya ada masalah dengan sumsum tulang. Sedangkan hitung jenis *(differential)* menghitung lima jenis sel darah putih, yaitu: neutrofil, limfosit, monosit, eosinofil, dan basofil. Hasil masing-masing dilaporkan sebagai persentase jumlah leukosit. Persentase ini dikalikan leukosit untuk mendapatkan hitung mutlak (Arif Muttaqin, 2009:389).

Hitung jenis leukosit adalah perhitungan jenis leukosit yang ada dalam darah berdasarkan proporsi (%) tiap jenis leukosit dari seluruh jumlah leukosit.

Hasil pemeriksaan ini dapat menggambarkan secara spesifik kejadian dan proses penyakit dalam tubuh, terutama penyakit infeksi (Guyton, 1995: 51).

Eosinofil merupakan salah satu jenis leukosit yang terlibat dalam alergi dan infeksi (terutama parasit) dalam tubuh, jumlahnya 1-2% dari seluruh jumlah leukosit. Sedangkan nilai normal jenis leukosit ini adalah 1-3%. Peningkatan eosinofil terjadi pada kejadian alergi, infeksi parasit, dan kanker tulang. Serta penurunan eosinofil terjadi pada kejadian stres dan luka bakar. Neutrofil merupakan salah satu jenis leukosit dengan nilai normal 2-6% untuk neutrofil batang dan 50-70% untuk neutrofil segmen. Neutrofil paling cepat bereaksi terhadap radang dan luka dibanding leukosit jenis lain dan merupakan pertahanan selama fase infeksi akut. Peningkatan jumlah neutrofil biasanya pada fase infeksi akut, radang, kerusakan jaringan, dan apendiksitis akut (radang usus buntu). Sedangkan penurunan jumlah neutrofil terjadi karena infeksi virus, leukimia, dan anemia defisiensi besi. Basofil merupakan jenis leukosit yang jumlahnya 0,5-1% dari seluruh jumlah leukosit dan nilai normalnya adalah 0-1%. Jenis leukosit ini terlibat dalam reaksi alergi jangka panjang seperti asma, dan alergi kulit. Peningkatan basofil terjadi pada proses inflamasi (radang), leukimia, dan fase penyembuhan infeksi. Sedangkan penurunan basofil ini terjadi pada penderita stres, reaksi alergi (hipersensitivitas). Limfosit merupakan salah satu jenis leukosit yang berperan dalam proses kekebalan dan pembentukan antibodi dengan nilai normal 25-40%. Peningkatan limfosit terdapat pada leukimia limpositik, infeksi virus, dan infeksi kronik. Sedangkan penurunan linfosit terjadi pada penderita kanker, anemia aplastik, dan gagal ginjal. Monosit merupakan salah satu jenis

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

leukosit yang berinti besar dengan ukuran 2x lebih besar dari eritrosit. Terbesar dalam sirkulasi darah dan diproduksi di jaringan limpatik. Nilai normal dalam tubuh 2-8% dari jumlah seluruh leukosit. Peningkatan monosit jika terjadi infeksi virus, parasit, dan kanker. Sedangkan penurunan terjadi pada leukimia limposit dan anemia aplastik (Guyton, 1995:52)

2.10.2.4 Pergeseran Leukosit (*Leukocytes Shift)*

Menurut Guyton (1995:53), pergeseran leukosit *(leukocytes shift)* menunjukkan adanya sel leukosit yang dominan didalam darah berdasarkan tingkat kematangannya. Hal ini terjadi apakah sel leukosit yang sudah matang *(mature)* atau yang masih muda *(immature)*. Pergeseran leukosit ini dapat diketahui melalui pemeriksaan hitung jenis. Istilah *shift* (pergeseran) lebih digunakan untuk melihat sel granulosit saja, lebih spesifiknya neutrofil karena jumlahnya yang paling banyak dibandingkan leukosit lain. Pergeseran yang terjadi bisa bergeser ke kiri *(shift to the left)* maupun bergeser ke kanan *(shift to the right).*

Istilah pergeseran ini timbul pada jaman dulu dimana pemeriksaan hitung jenis masih dilakukan menggunakan mesin hitung jenis manual. Biasanya sel yang sudah *mature* akan disimpan ke kanan dan sel *immature* akan disimpan ke kiri. Sehingga jika sel *immature* jumlahnya meningkat, maka disebut bergeser ke kiri dan jika sel *mature* jumlahnya lebih meningkat, maka disebut bergeser ke kanan (Guyton, 1995:54).

2.10.2.4.1 Pergeseran ke Kiri (*Shift to the Left)*

Shift to the left atau sering disebut juga *left shift* adalah istilah yang diguna-

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

kan untuk menunjukkan peningkatan bentuk *immature* dari sel neutrofil. *Shift to the left* menandakan adanya fase akut dari suatu proses imunologi, baik itu infeksi akut, inflamasi akut, ataupun proses nekrosis akut. Hal ini terjadi karena neutrofil yang bekerja ketika ada serangan infeksi akut. Neutrofil yang masih muda akan diikutsertakan untuk memberi pertahanan ekstra. Oleh karena itu, jumlah neutrofil *immature* akan meningkat dalam darah (L. Charlos Junqueira, dkk., 1997:251).

Selain itu, *Shift to the left* merupakan peningkatan neutrofil batang maupun segmen relatif dibanding limfosit dan monosit. Neutrofil inilah yang terutama menyerang dan menghancurkan bakteri, virus, dan bahan-bahan merugikan lain yang menyerbu masuk ke dalam tubuh. Infeksi yang disertai *Shift to the left* biasanya merupakan infeksi bakteri dan malaria. Sedangkan kondisi noninfeksi yang dapat menyebabkan *Shift to the left* antara lain asma dan penyakit alergi-alergi lainnya (Guyton dan Hall, 1997:546).

2.10.2.4.2 Pergeseran ke Kanan (*Shift to the Right)*

Shift to the right atau sering disebut juga *right shift* menunjukkan peningkatan jumlah sel *mature* neutrofil dibandingkan dengan jumlah sel *immature*-nya. *Shift to the right* terjadi akibat kerusakan pembuat sel darah disumsum tulang. Hal ini menyebabkan jumlah sel yang *immature* mengalami penurunan produksi atau tidak diproduksi sama sekali. *Shift to the right* merupakan tanda spesifik dari penyakit anemia persiniosa dan keracunan radiasi. Pada pemeriksaan hitung jenis, jumlah sel neutrofil *mature* ini menjadi tampak meningkat didarah. Sebetulnya jumlah sel *mature* ini tetap, akan tetapi karena sel *immature*-nya menurun atau tidak ada. Maka mengakibatkan sel *mature* tampak

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

lebih banyak atau lebih dominan. Selain itu, akibat tidak adanya neutrofil *immature*, neutrofil *mature* bekerja lebih ekstra dalam sistem pertahanan tubuh. Hal ini mengakibatkan sel-sel neutrofil *mature* membesar dan menjadi neutrofil raksasa atau *giant neutrophil* (L. Charlos Junqueira, dkk., 1997:251).

Selain itu, *Shift to the right* merupakan peningkatan jumlah limfosit dan monosit relatif daripada neutrofil. Infeksi yang disertai *Shift to the right* biasanya infeksi virus. Sedangkan kondisi noninfeksi yang dapat menyebabkan *Shift to the right* adalah keracunan bahan kimia (Guyton dan Hall, 1997:547).

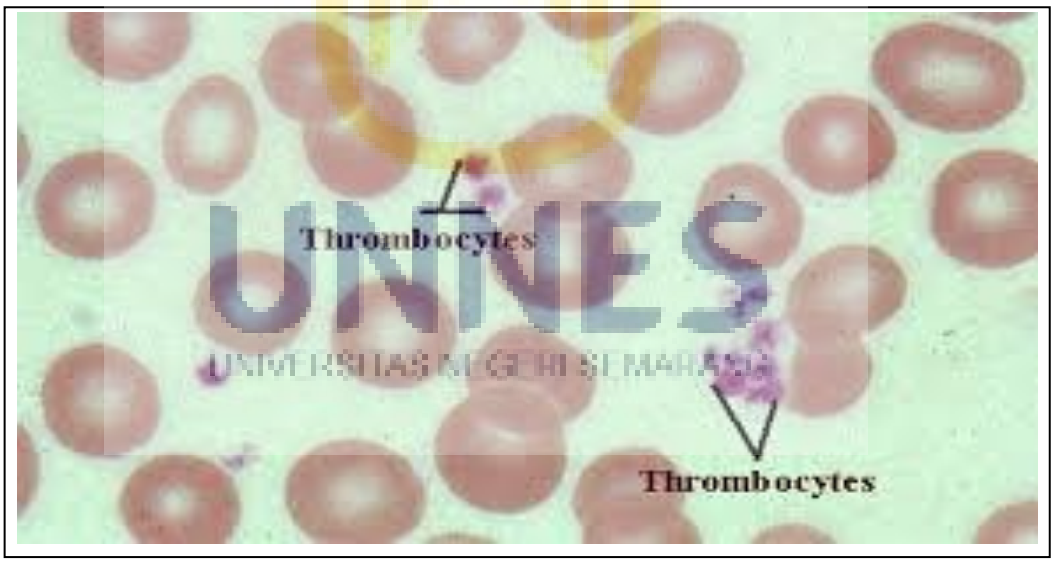
2.10.2.5 Kelainan Sel Darah Putih (Leukosit)

Ada beberapa kelainan yang dapat terjadi pada sel darah putih (leukosit), antara lain: (1) Leukositosis, merupakan penambahan jumlah keseluruhan sel darah putih dalam darah, yaitu jumlah penambahan melampaui 10000 butir/$mm^{3.}$ Hal ini terjadi sebagai bentuk perlawanan leukosit terhadap infeksi benda asing dari luar tubuh yang seperti kuman, bakteri, ataupun bahan kimia seperti benzena yang dapat mengganggu sistem hematologik; (2) Eosinofilia merupakan kelainan yang ditandai dengan peningkatan jumlah eosinofil. Peningkatan jumlah ini menunjukkan respon yang tepat terhadap sel-sel abnormal, parasit, atau bahan-bahan penyebab alergen, serta bahan kimia seperti benzena yang bersifat karsinogenik. Setelah dibentuk di dalam sumsum tulang, eosinofil akan memasuki aliran darah dan tinggal dalam darah hanya beberapa jam. Jika suatu bahan asing masuk ke dalam tubuh, akan terdeteksi oleh limfosit dan neutrofil yang akan melepaskan bahan untuk menarik eosinofil, kemudian eosinofil akan melepaskan bahan racun yang dapat membunuh parasit dan menghancurkan sel abnormal; (3)

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Leukopenia, berkurangnya jumlah sel darah putih sampai 5000 atau kurang; (4) Agranulositosis, suatu penurunan jumlah granulosit atau sel polimorfonuklear secara menyolok; (5) Leukimia Mielogeneus Akut (AML), mengenai sel stem hematopeotik yang kelak berdiferensiasi ke semua sel mieloid, yaitu : monosit, granulosit, eritrosit, eritrosit dan trombosit. Semua kelompok usia dapat terkena, insidensi meningkat sesuai bertambahnya usia. Serta jenis leukemia nonlimfositik ini yang paling sering terjadi; (6) Leukimia Mielogeneus Kronik (CML), manifestasi mirip dengan gambaran AML tetapi tanda dan gejala lebih ringan, pasien menunjukkan tanpa gejala selama bertahun-tahun, peningkatan leukosit kadang sampai jumlah yang luar biasa, dan limpa membesar (Evelyn C. Pearce, 2009:137).

2.10.3 Trombosit (Platelet)



Gambar 2.7: Trombosit (Platelet)
Sumber : Guyton, 1995:53

Trombosit merupakan partikel kecil berdiameter 2-4 µm yang terdapat dalam sirkulasi plasma darah. Oleh karena itu dapat mengalami disintegrasi cepat

dan mudah, jumlahnya selalu berubah antara 200.000 dan 400.000/mm3 darah, bergantung pada jumlah yang dihasilkan, bagaimana digunakan, dan kecepatan kerusakan (Arif Muttaqin, 2009:392).

2.10.3.1 Pembentukan Trombosit (Platelet)

Trombosit dibentuk oleh fragmentasi sel raksasa sumsum tulang yang disebut megakariosit. Trombosit berasal dari sel induk pluripotensial yang tidak terikat, bila dibutuhkan dan adanya faktor perangsang trombosit *(Mikroorganisme-CSF, megakaryocyte colony stimulating factor)* berdiferensiasi menjadi kelompok sel induk yang terikat untuk membentuk megakarioblas, sel ini melalui serangkaian proses pematangan menjadi megakariosit raksasa. Tidak seperti unsur sel lainnya, megakariosit mengalami endomitosis dimana terjadi pembelahan inti di dalam sel, tetapi sel itu sendiri tidak membelah. Produksi trombosit diatur oleh trombopotein (Arif Muttaqin, 2009:392).

2.10.3.2 Fungsi Trombosit (Platelet)

Peranannya sangat penting dalam penggumpalan darah (Evelyn C. Pearce, 2009:137). Trombosit juga berperan penting dalam mengontrol perdarahan. Apabila terjadi cedera vaskular, trombosit mengumpul pada tempat cedera tersebut. Substansi yang dilepaskan dari granula trombosit dan sel darah lainnya menyebabkan trombosit menempel satu sama lain dan membentuk tambalan atau sumbatan yang dapat menghentikan perdarahan untuk sementara. Substansi lain dilepaskan dari trombosit untuk mengaktifasi faktor pembekuan dalam plasma darah (Arif Muttaqin, 2009:392).

2.10.3.3 Kelainan Trombosit (Platelet)

Salah satu kelainan yang dapat terjadi pada trombosit adalah trombositosis esensial. Trombositosis esensial adalah gangguan mieloproliferatif yang jarang terjadi, penyebab tidak diketahui, dan ditandai dengan proliferasi megakariosit dalam sumsum tulang yang menyebabkan peningkatan angka platelet. Masalah klinis yang paling sering terjadi adalah trombosit. Risiko trombosit meningkat seiring dengan usia (Lawrence M. Tierney, *at all*., 2003:103).

2.10.4 Nilai Normal Pemeriksaan Darah

Adapun nilai pemeriksaan darah adalah sebagai berikut :

Tabel 2.6 : Nilai Normal Pemeriksaan Darah

No.	Pemeriksaan	Satuan	Nilai Normal	
			Laki-laki	Perempuan
(1)	(2)	(3)	(4)	
1.	Hitung jumlah eritrosit	10^6/uL	4,63 - 6,08	3,93 - 5,22
2.	Hitung jumlah leukosit	10^3/uL	4,23 - 9,07	3,98 - 10,04
3.	Hemoglobin (Hb)	g/dL	13,7 - 17,5	11,2 - 15,7
4.	Hematokrit	%	42 - 52	37 – 47
5.	LED (Laju Endap Darah)	mm/jam	0 – 10	0 – 20
6.	Trombosit	10^3/uL	150 – 450	
7.	MCV *(Mean Corpuscular Volume)*	fL	79 – 99	
8.	MCH *(Mean Corpuscular Hemoglobin)*	Pikogram (pg)	27 - 31	
9.	MCHC *(Mean Corpuscular Hemoglobin Concetration)*	g/dL	33 – 37	
10.	Eosinofil	%	1 – 3	
11.	Basofil	%	0 – 1	
12.	Neutrofil Batang	%	2 – 6	

Lanjutan (tabel 2.6)

(1)	(2)	(3)	(4)
13.	Neutrofil Segmen	%	50 – 70
14.	Limfosit	%	25 – 40
15.	Monosit	%	2 – 8

Sumber : Alat Pemeriksaan Darah Sysmex XS-800i

2.11 Upaya Pengendalian

Dalam kemajuan teknologi dewasa ini, bahan kimia yang disatu pihak sangat perlu bagi pemenuhan kebutuhan, namun harus disadari bahwa dipihak lain apabila tidak disertai upaya pengamanannya dapat mengakibatkan timbulkan pengaruh negatif seperti gangguan kesehatan, gangguan kenyamanan dan gairah kerja, kerusakan pada peralatan produksi dan harta benda, serta pencemaran lingkungan (Soedirman, 2012:41).

Penerapan teknologi pengendalian faktor penyebab khususnya lingkungan kerja *(Hierarchy of control)* yang bisa dibedakan dalam :

2.11.1 Eliminasi

Eliminasi atau meniadakan sama sekali faktor penyebab, sehingga dianggap sebagai cara yang paling ideal meskipun dalam pelaksanaannya perlu mempertimbangkan berbagai aspek yang berkaitan dengan produksi (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003:130).

2.11.2 Substitusi

Substitusi yakni mengganti suatu proses atau bahan yang berbahaya dengan yang kurang berbahaya namun menghasilkan produk atau manfaat yang tidak berbeda (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003:130). Sedangkan menurut Soedirman

(2012:41), substitusi merupakan penggantian bahan kimia yang potensi bahayanya tinggi dengan bahan kimia yang potensi bahayanya lebih rendah. Adapun bentuk substitusi guna mengurangi pajanan bahan kimia terutama benzena yang terkandung dalam lem saat proses pengeleman adalah mengganti lem yang tidak mengandung bahan kimia benzena. Sehingga tidak menimbulkan risiko terhadap kesehatan pekerja.

2.11.3 Pengendalian Teknis

Pengendalian teknis atau *engineering control* yang meliputi modifikasi atau penerapan cara teknis guna meminimalkan pemaparan pada pekerja, misalnya : melalui cara isolasi atau pemisahan atau pemasangan penyekat, ventilasi lokal atau melalui proses otomatik serta penyelenggaraan tata rumah tangga yang baik (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003:131).

2.11.4 Pengendalian Administratif

Pengendalian ini digunakan untuk mendukung cara pengendalian lainnya, misalnya : peningkatan higiene perorangan atau penyediaan fasilitas saniter, tanda peringatan, pertimbangan aspek keselamatan dan kesehatan dalam proses pembelian bahan atau peralatan, petunjuk cara kerja yang sehat dan aman atau bahkan penerapan sistem rotasi untuk mengurangi pemaparan (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003:131).

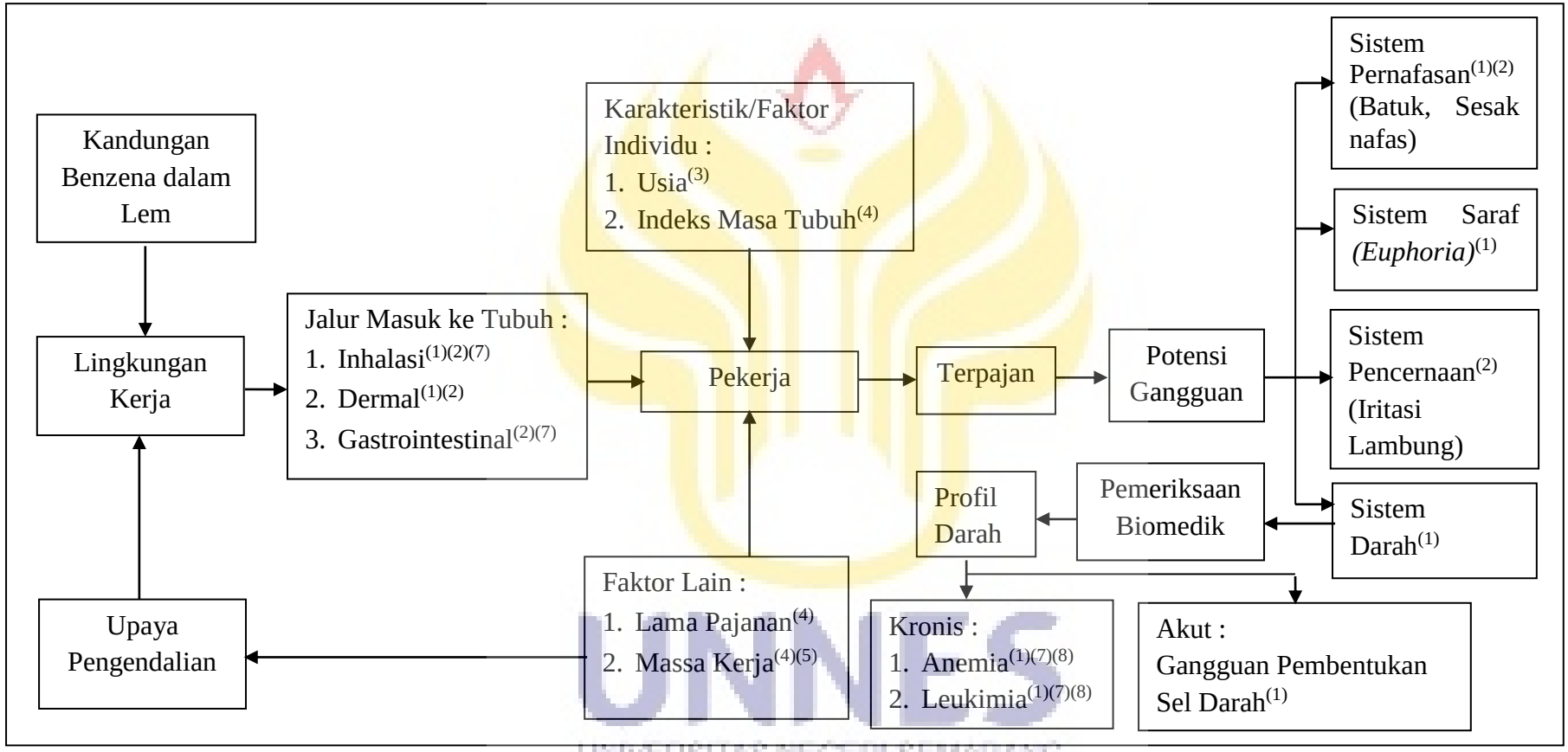
2.11.5 Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)

Penggunaan APD bagi pekerja sebagai alternatif yang paling akhir atau di-terapkan bersamaan teknologi pengendalian lainnya (A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003:130). APD yang digunakan untuk pencegahan pemaparan terhadap faktor

bahaya kimiawi sangat tergantung dari bentuk kontaminan dan cara masuk ke dalam tubuh. Banyak diantara kontaminan di udara yang masuk ke dalam tubuh melalui udara pernafasan (inhalasi) dan absorbsi kulit, walaupun ada diantaranya yang masuk melalui penelanan. Pencegahan masuknya debu, gas, dan uap ke dalam tubuh melalui udara pernafasan dilakukan dengan menggunakan masker (Soedirman, 2012:51).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.12 Kerangka Teori



Gambar 2.8 : Kerangka Teori

Sumber : (1) A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003; (2) ATSDR 2007; (3) I Dewa Nyoman Supariasa, dkk., 2001; (4) Betty Susilowati, 2011; (5) Yati Sumiati 2004; (6) Martha Tinelli dan Katharina Oginawati, 2011; (7) U.S. EPA,1998; (8) Ata Sedik Ibrahim Elsayed, 2015.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB VI

SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Target organ pajanan benzena adalah darah karena sifat darah yang sensitif dan spesifik.
2. *Biomarker* pajanan benzena adalah neutrofil dari sel granulosit yang merupakan garis depan pertahanan seluler terhadap invasi dan menfagosit partikel kecil yang aktif serta neutrofil juga memiliki waktu paruh yang cepat yakni 6 jam.
3. Pekerja memiliki jumlah neutrofil batang normal sebanyak 3 orang (23,08%) dan yang tidak normal sebanyak 10 orang (76,92%).
4. Pekerja memiliki jumlah neutrofil segmen normal sebanyak 12 orang (92,31%) dan yang tidak normal sebanyak 1 orang (7,69%).

6.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah:

6.2.1 Untuk Pekerja

Sebaiknya pekerja peduli terkait kesehatannya, karena pajanan bahan kimia secara terus menerus dapat menyebabkan manifestasi penyakit. Pekerja seharusnya: meningkatkan praktik hiegiene personal, misal: segera mencuci tangan setelah selesai proses pengeleman, karena jika pekerja tidak mencuci tangan maka benzena akan mudah terserap melalui dermal. Selain itu, apabila

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

tangan yang terpajan lem kemudian memegang makanan, maka hal ini akan mempercepat jalur masuk pajanan benzena ke dalam tubuh melalui gastrointestinal.

6.2.2 Untuk Industri Sepatu Kulit

Sebaiknya industri sepatu kulit lebih memperhatikan dan menerapkan hierarki pengendalian, meliputi:

1. Pengendalian teknis, memberi penyekat dalam ruangan. Sehingga mengurangi penguapan benzena ke seluruh ruangan kerja. Serta pemasangan ventilasi guna mempermudah sirkulasi udara. Contoh desain penyekat ruangan dan ventilasi dapat dilihat pada (Lampiran 13).
2. Pengendalian administratif, memberikan fasilitas saniter berupa penyediaan kran air bersih yang mengalir guna meningkatkan praktik personal higiene agar pekerja segera membasuh atau mencuci anggota tubuh yang terpajan lem setelah selesai proses pengeleman.
3. APD, menyediakan masker khusus untuk pencegahan bahan kimia, yaitu jenis masker NP 305 serta menyediakan sarung tangan jenis nitrile, vinyl, atau neoprene agar tangan terlindungi dari bahaya bahan kimia terutama benzena yang dapat terserap melalui dermal.

Semua jenis hierarki pengendalian ini bertujuan untuk mengurangi dampak negatif yang dapat ditimbulkan akibat pemajanan bahan kimia di tempat kerja. Contoh APD dapat dilihat pada (Lampiran 13).

6.2.3 Untuk Dinas Kesehatan dan Dinas Tenaga Kerja Kota Semarang

Sebaiknya Dinas Kesehatan dan Dinas Tenaga Kerja sebagai Satuan Kerja Perangkat Daerah (SKPD) lebih memantau praktik pengembangan sektor informal

dengan merumuskan kebijakan teknis dan pengelolaan. Karena sektor informal berkonstribusi tertinggi dalam membentukan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kota Semarang. Selain itu, meninjau pula penerapan praktik K3 guna mengurangi peningkatan gangguan kesehatan atau Penyakit Akibat Kerja (PAK) pekerja sektor informal dengan melakukan evaluasi dan pelaporan.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR PUSTAKA

A.M. Sugeng Budiono, dkk., 2003, *Bunga Rampai Hiperkes & KK. Edisi Kedua*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry ATSDR, 2000, *Benzena*, Atlanta, GA: U.S. Departemen of Health and Human Service.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry ATSDR, 2001, *National Exposure Registry, Benzene Subregistry, Baseline Through Follow up 4 Techical Report*, Atlanta, GA: U.S. Departemen of Health and Human Service, Agency for Toxic Subtances and Disease Registry.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry ATSDR, 2007, *Toxicology Profile for Benzene*, Atlanta, GA: U.S. Departemen of Health and Human Service.

Anizar, 2009, *Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Industri*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Arif Muttaqin, 2009, *Asuhan Keperawatan Klien dengan Gangguan Sistem Kardiovaskuler dan Hematologi*, Salemba Medika, Jakarta.

Ata Sedik Ibrahim Elsayed, 2015, *Hematotoxicity and Oxidative Stress Caused by Benzene*, Pyrex Journal of Biomedical Research, Vol 1 (6), pp 074-080, December 2015.

Ayaz Ali Khan, *at all*, 2013, *Biochemical and Hematology Analysis after Exposure to Hazardous Material during Shoe Making*, Journal of Biology and Life Science, Vol. 4 No. 2.

Betty Susilowati, 2011, *Risiko Kesehatan terhadap Pajanan Benzena pada Pekerja Industri Sepatu Kulit di PIK Pulogadung Tahun 2011*, Skripsi, Universitas Indonesia, Jakarta.

Eko Budiarto, 2001, *Biostatistika untuk Kedokteran dan Kesehatan Masyarakat.* Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.

Environmental Protection Agency EPA, 1998, *Carcinogenic Effect of Benzene*, National Center of Environmental Assessment-Washington Office, Office of Research Delevopmenr, U.S. EPA, Washington DC.

Guyton, 1995, *Fisiologi Manusia dan Mekanisme Penyakit*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.

Guyton dan Hall, 1997, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Edisi 9*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.

Herry Koesyanto, 2012, *Dasar Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, ATTHA, Semarang.

I Dewa Nyoman Supariasa, dkk., 2001, *Penilaian Status Gizi*, Penerbit Buku Kedokteran EGC,Jakarta.

Jorunn Kirkeleit, *at all*, 2008, *Effect of Benzene on Human Hematopoiesis*, The Open Hematology Journal, 2, 87-102.

Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Kep. 102/MEN/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.

L Meily Kurniawidjaja, dkk., 2012, *Keluhan Pernapasan dan Analisis Risiko Kesehatan Pajanan BTX pada Pekerja di Bengkel Alas Kaki Informal di Kecamatan Ciomas Kabupaten Bogor*, Jurnal Respir Indo Vol. 32, No. 1, Januari 2012.

L. Charlos Junqueira, dkk., 1997, *Histologi Dasar Edisi 8*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.

Lawrence M. Tierney, Jr., *at all*, 2003, *Diagnosis & Terapi Kedokteran Penyakit Dalam*, Salemba Medika, Jakarta.

Martha Tinelli Hien dan Katharina Oginawati, 2011, *Hubungan Pajanan Senyawa Benzena, Toluena, dan Xylen dengan Sistem Hematologi Pekerja di Kawasan Industri Sepatu*, Skripsi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Material Safety Data Sheet MSDS ID NOVA-0011, 2014, *Benzene*, Calgary, Alberta, Canada T2P 5C6.

Material Safety Data Sheet MSDS, 2005, *Material Safety Data Sheet Benzene MSDS*, Science Lab.com, Inc.., Houston, Texas 77396.

Mukono, 2002, *Epidemiologi Lingkungan*, Cetakan Pertama Airlangga Univertsity Press, Surabaya.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1994, *Benzena by portable GC Method 3700*.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2003, *Hydrocarbon Aromatic Method 1501*.

Oktia Woro K. H., 2012, *Petunjuk Penyusunan Skripsi Mahasiswa Program Strata 1*, IKM FIK UNNES, Semarang.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2014, *Pedoman Gizi Seimbang*, Jakarta.

Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia, No. PER.08/MEN/VII/2010, *Alat Pelindung Diri*, Jakarta.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, No. 29/PRT/M/2006, *Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung*, Jakarta.

Ralp. J. Fessenden dan Joan S. Fessenden, 1991, *Kimia Organik Edisi Ketiga*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Soedirman, 2012, *Higiene Peusahaan*, El Musa Press, Bogor.

Soekidjo Notoatmodjo, 2010, *Metodologi Penelitian Kesehatan*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.

Standar Nasional Indonesia SNI, 19-0232-2005, *Nilai Ambang Batas (NAB) Zat Kimia di Udara Tempat Kerja*.

Standar Nasional Indonesia SNI, 03-6572-2001, *Tata Cara Perencanaan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung.*

Steven P. Forand, 2014, *Leukimia Incidence Among Worker in the Shoe and Boot Manufacring Industry : A Case-Control Study,* Journal of Encironment Health : A Global Access Science Source, New York.

Sudigdo Sastroasmoro dan Sofwan Ismael, 1995, *Dasar-dasar Metodologi Penelitian Klinis*, Binarupa Aksara, Jakarta.

Sugiyono, 2010, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D,* Penerbit Alfabeta, Bandung.

Suma'mur P.K., 2009, *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (Hiperkes)*, Sagung Seto, Jakarta.

Team ILO-IPEC Programme di Sektor Alas Kaki dan Pia Markkannen, 2003, *Meningkatkan Keselamatan Kesehatan dan Lingkungan Kerja di Sektor Informal Alas Kaki*, Buku Petunjuk untuk Operator Patris (Pelatihan Aksi Bersama untuk Pelaku Sektor Informal), Kantor Perburuhan Internasional Program Internasional Penghapusan Pekerja Anak (IPEC) dan Program Penghapusan Pekerja Anak di Sektor Alas Kaki di Indonesia, Jakarta.

Willian F. Gamong, 2002, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.

Yati Sumiati, 2006, *Hubungan Masa Kerja dengan Kadar Hemoglobin pada Pekerja bagian Pengeleman Dua Industri Kecil Sepatu Kulit di Semarang*, Skripsi, Semarang.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG