

**HIGIENE INDUSTRI
PAJANAN BENZENA**

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

HIGIENE INDUSTRI PAJANAN BENZENA

Dr. Ikhrum Hardi S., S.K.M., M.Kes.

Dr. Suharni, S.Pd., M.Kes.

Asri Mulyati, S.K.M.



HIGIENE INDUSTRI PAJANAN BENZENA

Ikhram Hardi S., Suharni & Asri Mulyati

Desain Cover :
Nama

Sumber :
Link

Tata Letak :
Titis Yuliyanti

Proofreader :
Mira Muarifah

Ukuran :
x, 143 hlm, Uk: 15.5x23 cm

ISBN :
No ISBN

Cetakan Pertama :
Bulan 2021

Hak Cipta 2021, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2021 by Deepublish Publisher
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT DEEPUBLISH
(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581
Telp/Faks: (0274) 4533427
Website: www.deepublish.co.id
www.penerbitdeepublish.com
E-mail: cs@deepublish.co.id

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamin, segala puji dan syukur ke hadirat Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kami sehingga dapat menyelesaikan buku **Higiene Industri Pajanan Benzena** ini. Salam dan *shalawat* senantiasa tercurahkan kepada Baginda Rasulullah Muhammad saw. beserta keluarga dan para sahabat beliau hingga akhir zaman yang merupakan suri teladan dan pembawa rahmat bagi semesta alam.

Keberadaan dan pajanan benzena secara berkelanjutan di lingkungan tempat kerja berisiko tinggi menimbulkan gangguan kesehatan kepada para pekerja maupun masyarakat sekitar perusahaan. Apabila kondisi tersebut tidak dikendalikan dengan langkah-langkah yang terencana dan sistematis maka produktivitas kerja dari tenaga kerja maupun perusahaan dapat mengalami penurunan. Olehnya itu, buku higiene industri pajanan benzena ini disusun dari beberapa pustaka dengan harapan dapat menjadi salah satu referensi tambahan dalam rangka untuk mengendalikan potensi bahaya dari pajanan benzena yang ada di lingkungan tempat kerja.

Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih pada semua pihak yang telah membantu selama proses pembuatan buku ini. Penulis menyadari bahwa masih terdapat berbagai kelemahan dan kekurangan dalam penyajian. Olehnya itu, saran yang membangun dari para pembaca yang budiman diharapkan untuk perbaikan yang lebih lanjut.

Semoga buku ini dapat memberikan manfaat yang diharapkan bagi kita semua, *aamiin*.

Penulis

Dr. Ikhrum Hardi S., S.K.M., M.Kes.

Dr. Suharni, S.Pd., M.Kes.

Asri Mulyati, S.K.M.

KATA SAMBUTAN

DEKAN FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS MUSLIM INDONESIA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Alhamdulillah rabbil 'alamiin, tiada kata yang patut diucapkan oleh seorang hamba selain mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah Swt., Tuhan pemilik segala ilmu pengetahuan, Tuhan yang Maha Mengetahui apa yang ada di langit dan di bumi, atas nikmat akal dan nikmat secuil kemampuan yang diberikan kepada penulis buku ini, sehingga buku **Higiene Industri Pajanan Benzene** dapat terselesaikan penulisan hingga penerbitannya.

Buku **Higiene Industri Pajanan Benzene** yang ditulis oleh Bapak Ikhrum Hardi S. dan kawan-kawan menguraikan risiko bahaya faktor-faktor yang berada di lingkungan tempat kerja berupa faktor fisika, kimiawi, biologi, ergonomi dan psikososial yang mungkin timbul karena beroperasinya suatu teknologi dalam proses produksi. Tentang sasaran penerapan suatu kegiatan higiene industri terutama faktor lingkungan melalui jalan identifikasi bahaya dan pengukuran agar tahu secara kualitatif dan kuantitatif bahaya yang sedang dihadapi atau yang mungkin timbul. Demikian pula tentang cara kerja dari higiene industri yang meliputi teknis-teknologis yang ditujukan kepada lingkungan kerja melalui pengenalan, identifikasi, pengukuran, evaluasi dan pengendalian bahaya dari risiko faktor fisika, kimiawi, biologi, ergonomi dan psikososial.

Buku ini dapat menjadi pedoman dan pegangan bagi ilmuwan, akademisi, praktisi dan pemerhati bidang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3). Urgensinya termasuk pemangku kepentingan pada semua sektor yang membawahi perusahaan dan industri dalam arti luas yang memerlukan pengamanan terhadap risiko bahaya yang bersumber dari

lingkungan kerja. Substansi higiene industri yang menyangkut higiene, kesehatan dan keselamatan tenaga kerja merupakan wewenang dan tanggung jawab sektor yang mengurus ketenagakerjaan, sedangkan substansi yang menyangkut higiene, kesehatan dan keselamatan masyarakat umum adalah wewenang dan tanggung jawab sektor yang menangani kesehatan dan lingkungan hidup.

Saya ucapkan selamat dan penghargaan yang tinggi atas karya tulis dan buah tangan dari Bapak Ikhrum Hardi S. dan kawan-kawan, atas diterbitkannya buku ini.

وَالسَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Makassar, 15 Februari 2021
Dekan FKM UMI

Dr. Suharni Andi Fachrin, M.Kes.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
KATA SAMBUTAN.....	vi
DAFTAR ISI	viii

BAB I	DASAR-DASAR KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA.....	1
	A. Pendahuluan	1
	B. Sejarah Singkat Kesehatan Keselamatan Kerja.....	2
	C. Definisi K3	6
	D. Ruang Lingkup K3	7
	E. Sasaran dan Tujuan K3.....	8
	F. Rangkuman.....	10

BAB II	KONSEP DASAR HIGIENE INDUSTRI.....	11
	A. Pendahuluan	11
	B. Sejarah Singkat Perkembangan Higiene Industri	13
	C. Definisi dan Tujuan Higiene Industri	16
	D. Teknologi Proses Produksi, Faktor Lingkungan Kerja Industri dan Konsep <i>Stress-Strain</i>	18
	E. Rangkuman.....	23

BAB III	PRINSIP DASAR PENERAPAN HIGIENE INDUSTRI	25
	A. Pendahuluan	25
	B. Prinsip Dasar Penerapan Higiene Industri.....	26
	C. Rangkuman.....	37

BAB IV	PENGENALAN BAHAYA PAJANAN BENZENA DI LINGKUNGAN KERJA.....	38
	A. Mengenali Karakteristik Benzena	38

B.	Mengenali Sumber Paparan dan Pemanfaatan Benzena	39
C.	Mengenali Tanda, Gejala dan Efek Terpapar Benzena	41
D.	Rangkuman	46
BAB V	PENILAIAN BAHAYA PAPARAN BENZENA DI LINGKUNGAN KERJA.....	47
A.	Nilai Ambang Batas Paparan Benzena.....	47
B.	<i>Biomarker</i> Paparan Benzena	48
C.	Pengukuran dan <i>Monitoring</i> Benzena	49
D.	Rangkuman	51
BAB VI	PENGENDALIAN BAHAYA PAPARAN BENZENA DI LINGKUNGAN KERJA	53
A.	Pendahuluan	53
B.	Upaya Pengendalian Bahaya Paparan Benzena.....	53
C.	Rangkuman	57
BAB VII	KAJIAN TENTANG PENGARUH KADAR BENZENA TERHADAP GEJALA GANGGUAN KESEHATAN PEKERJA SPBU PERTAMINA	58
A.	Pendahuluan	58
B.	Metode Penelitian.....	60
C.	Hasil Penelitian	61
D.	Pembahasan.....	70
E.	Kesimpulan dan Saran.....	92
BAB VIII	PENILAIAN RISIKO KESEHATAN PAPARAN BENZENA DI UDARA PADA OPERATOR SPBU	94
A.	Pendahuluan	94
B.	Metode Penelitian.....	96
C.	Hasil Penelitian	98
D.	Pembahasan.....	114
E.	Simpulan dan Saran.....	124

DAFTAR PUSTAKA.....	126
DAFTAR SINGKATAN.....	132
LAMPIRAN	134

BAB I

DASAR-DASAR KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA

A. Pendahuluan

Perkiraan terbaru yang dikeluarkan oleh Organisasi Perburuhan Internasional (ILO) bahwa terdapat sekitar 2,78 juta pekerja meninggal setiap tahun karena kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Sekitar 2,4 juta (86,3 persen) dari kematian ini dikarenakan penyakit akibat kerja, sementara lebih dari 380.000 (13,7 persen) dikarenakan kecelakaan kerja. Setiap tahunnya juga terdapat hampir seribu kali lebih banyak kecelakaan kerja non-fatal dibandingkan kecelakaan kerja fatal. Kecelakaan nonfatal diperkirakan dialami oleh 374 juta pekerja setiap tahun, dan banyak dari kecelakaan ini memiliki konsekuensi yang serius terhadap kapasitas penghasilan para pekerja (Hämäläinen *et al.*, 2017).

Pembangunan kesehatan di Indonesia bertujuan meningkatkan kesadaran, kemauan dan kemampuan hidup sehat bagi setiap orang agar terwujud derajat kesehatan yang optimal sehingga akan meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Untuk dapat mencapai peningkatan kualitas hidup yang optimal, manusia harus berupaya dalam bentuk bekerja, berkarya. Dalam melaksanakan kegiatan, agar kinerjanya optimal diperlukan suatu upaya lain bagi pemeliharaan kesehatan jasmani dan rohani. Upaya lain ini adalah upaya kesehatan dan keselamatan kerja yang merupakan kebutuhan pokok bagi para pekerja, dan juga masyarakat di sekitar atau yang dapat terkena dampaknya.

Dalam Undang-undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan, Pasal 163 tentang kesehatan lingkungan disebutkan bahwa pemerintah, pemerintah daerah dan masyarakat menjamin ketersediaan lingkungan yang sehat dan tidak mempunyai risiko buruk bagi kesehatan yang bebas dari unsur-unsur yang menimbulkan gangguan kesehatan dan pasal 165

mengenai kesehatan kerja menyebutkan bahwa upaya kesehatan kerja wajib diselenggarakan pada setiap tempat kerja yang formal maupun informal, khususnya tempat kerja yang mempunyai risiko bahaya kesehatan yang besar bagi pekerja agar dapat bekerja secara sehat tanpa membahayakan diri sendiri dan masyarakat sekelilingnya, untuk memperoleh produktivitas kerja yang optimal, sejalan dengan program perlindungan tenaga kerja.

Penduduk Indonesia sebagian besarnya merupakan masyarakat pekerja sehingga diperlukan peningkatan upaya kesehatan dan keselamatan pada tenaga kerja agar status kesehatan dan produktivitas mereka juga meningkat. Peranan tenaga kerja dalam pembangunan nasional sangat penting karena merupakan pelaku dan tujuan pembangunan. Sesuai dengan peranan tersebut, maka diperlukan pembangunan ketenagakerjaan untuk meningkatkan kualitas tenaga kerja dan peran sertanya dalam pembangunan (Kemenkes RI, 2015).

Salah satu upaya pembangunan ketenagakerjaan adalah dengan menerapkan keselamatan dan kesehatan kerja dengan tujuan untuk perlindungan pekerja dan meningkatkan produktivitas kerja. Hal ini sesuai dengan yang tercantum dalam UU No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan Pasal 86 ayat (1) yaitu setiap pekerja/buruh mempunyai hak untuk memperoleh perlindungan atas keselamatan dan kesehatan kerja, moral dan kesusilaan, dan perlakuan yang sesuai dengan harkat dan martabat manusia serta nilai-nilai agama. Pada ayat (2) juga disebutkan bahwa untuk melindungi keselamatan pekerja/buruh guna mewujudkan produktivitas kerja yang optimal diselenggarakan upaya keselamatan dan kesehatan kerja.

B. Sejarah Singkat Kesehatan Keselamatan Kerja

Sejarah perkembangan kesehatan dan keselamatan kerja tidak diketahui kapan tepatnya. Namun pengerahan tenaga kerja sesungguhnya sudah setara usia manusia di bumi ini dan bersamaan dengan itu juga adanya proses pengupahan kepada tenaga kerjanya. Dari beberapa referensi pustaka yang ada, dapat diberikan deskripsi singkat tentang sejarah perkembangan kesehatan dan keselamatan kerja baik di tingkat dunia secara umum maupun di Indonesia secara khusus, sebagai berikut:

1. Sekitar 1700 Sebelum Masehi, dalam kitab Undang-Undang Kerajaan Babilonia yang dibuat oleh **Raja Hamurabi**, menyebutkan dalam salah satu pasalnya bahwa “Bila seorang ahli bangunan membuat rumah untuk seseorang dan pembuatannya tidak dilaksanakan dengan baik, sehingga rumah itu roboh dan menimpa pemilik rumah hingga meninggal dunia, maka ahli bangunan tersebut akan dibunuh.”
2. Pada zaman mozaik setelah kurang lebih 5 abad dari **Raja Hamurabi**, dalam undang-undangnya dinyatakan bahwa “Ahli bangunan bertanggung jawab atas keselamatan para pelaksana dan pekerjaanya, dengan menetapkan pemasangan pagar pengaman pada setiap sisi luar dari atap rumah.”
3. Sekitar tahun 80 Masehi, **Plinius** seorang ahli *encyclopedia* yang berkebangsaan Roma, memberikan persyaratan agar para pekerja tambang harus mengenakan tutup hidung karena banyaknya debu di tempat kerja tersebut.
4. Pada tahun 1450 Masehi, **Dominico Fontana** mendapat tugas penting membangun obelisk di tengah lapangan St. Pieter Roma. Untuk hal tersebut ia senantiasa menginstruksikan agar seluruh pekerjaanya menggunakan topi baja untuk melindungi kepalanya dari segala risiko kecelakaan kerja yang dapat terjadi dari proses pembangunan obelisk tersebut.
5. Pada tahun 1556, buku yang ditulis oleh **Dr. Agricola** mengenai tambang logam yang mengalami masalah dengan gangguan kesehatan/penyakit-penyakit pada buruh tambang diterbitkan pada tahun tersebut.
6. Pada tahun 1567, penerbitan risalah yang dibuat oleh **Dr. Paracelsus** tentang penyakit-penyakit pada pekerjaan penambangan dan peleburan.
7. Pada tahun 1690, dikeluarkannya *Boson v. Sandford* yaitu putusan pertama yang mengesahkan doktrin tentang pertanggungjawaban pemilik usaha, yaitu orang yang bertanggung jawab terhadap apa yang dilakukan oleh para pekerjaanya di tempat kerja.
8. Pada tahun 1700, penerbitan buku yang ditulis oleh seorang ahli penyakit asal Italia, **Bernadino Ramazzini**, tentang penyakit-penyakit dalam usaha perdagangan.

9. Pada akhir tahun 1700-an terjadi revolusi industri di Eropa. Sejak revolusi industri peran manusia sebagai tenaga kerja mulai tergantikan dengan mesin yang menyebabkan banyak terjadi kecelakaan. Pada awalnya di saat tersebut tidak ada langkah yang diambil untuk mengurangi kecelakaan dan penderitaan para korban karena pengusaha pada waktu itu beranggapan bahwa kejadian kecelakaan itu merupakan bagian dari pekerjaan yang harus ditanggung oleh pekerja itu sendiri. Akibat adanya tekanan dari kaum industrialis yang memiliki kepedulian dan kesadaran kesehatan dan keselamatan kerja, muncul konsep “*Employers Liability*” yang mengatur bahwa kesehatan dan keselamatan kerja menjadi tanggung jawab semua pihak dalam lingkungan industri yaitu pengusaha, pekerja/buruh dan masyarakat umum.
10. Pada tahun 1802, ditetapkan pemeliharaan kesehatan dan moral pekerja magang dan pekerja lainnya di pabrik pemintalan kapas disahkan. Ketetapan ini merupakan ketetapan pertama dalam program kesehatan dan keselamatan kerja.
11. Tahun 1819–1906, Beberapa ketetapan/peraturan dan undang-undang yang terkait dengan kesehatan dan keselamatan kerja banyak disahkan, di antaranya yaitu melarang penggunaan tenaga kerja anak-anak di bawah umur 9 tahun, melarang kerja malam hari bagi pekerja yang berumur di bawah 16 tahun dan adanya ketetapan untuk mengurangi jam kerja bagi tenaga kerja wanita dan anak-anak, selain itu juga adanya pengesahan aturan mengenai pengangkatan empat orang inspektur pabrik (*Inspector of Factories*).
12. Pada tahun 1931, **H.W. Heinrich** dalam bukunya yang berjudul *Industrial Accident Prevention* yang dikenal dengan teori Pencegahan Kecelakaan Kerjanya menjadi pelopor untuk memperkenalkan prinsip-prinsip dasar bagi program kesehatan keselamatan kerja yang berlaku hingga sekarang agar program K3 dapat dilakukan secara terorganisir.
13. Pada tahun 1974, penerbitan *Health and Safety at Works, etc. Act* (HSW) yang merupakan regulasi di bidang kesehatan dan keselamatan kerja yang menempatkan kewajiban dasar di pundak

pengusaha, pekerja, penyewa lahan dan pemilik lahan. Aturan HSW ini memuat kondisi-kondisi yang memungkinkan menteri urusan hukum dan perundang-undangan (*Minister of Subordinate Laws*) untuk membuat perangkat-perangkat yang lebih dikenal sebagai Regulasi dan Tata Tertib (*Regulations and Orders*), untuk meletakkan ketentuan-ketentuan tertentu ke dalam segala kegiatan dan kondisi tempat kerja.

14. Di Indonesia sejarah perkembangan K3 dapat diuraikan secara singkat mulai dari zaman penjajahan hingga zaman kemerdekaan sebagai berikut:
 - a. Tahun 1816, sebuah lembaga yang bertujuan menghapuskan perbudakan didirikan oleh Sir Thomas Stanford Raffles.
 - b. Tahun 1818, ditetapkan UUD Hindia Belanda yaitu "*Regreling Reglement*" yang beberapa pasalnya melarang adanya perbudakan.
 - c. Belanda meratifikasi konvensi ILO No.29 yang dituangkan dalam Staatsblad 1933 No.261 tentang larangan kerja rodi/kerja paksa.
 - d. Tahun 1908, beberapa anggota parlemen Belanda yang peduli pada nasib pekerja mendesak agar memberlakukan peraturan K3 di daerah "*Nederland Indie*".
 - e. Pada tahun 1910, Pemerintah Hindia Belanda di Indonesia menerbitkan Peraturan Keselamatan Kerja I.
 - f. Setelah kemerdekaan Indonesia, beberapa peraturan terbit di antaranya yaitu: Undang-Undang No.12 Tahun 1948 tentang Kerja, Undang-Undang No.14 Tahun 1969 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Mengenai Tenaga Kerja dan Undang-Undang No.1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.
 - g. Adanya Undang-Undang No.36 Tahun 2009 tentang Kesehatan, Undang-Undang No.13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan dan Undang-Undang No.3 Tahun 1992 tentang Jaminan Sosial Tenaga Kerja yang bertujuan mewujudkan tenaga kerja yang sehat, selamat, kompetitif dan produktif. Implementasi K3 pada awal masa pemerintahan Orde Baru hingga era reformasi sekarang paralel dengan konsep pembangunan nasional.

C. Definisi K3

Saat ini kesehatan dan keselamatan kerja lebih populer dengan sebutan K3 dan implementasinya pun telah menyebar secara luas pada hampir semua sektor industri baik di dunia secara umum maupun di Indonesia. Ada beberapa definisi yang menjelaskan terkait Kesehatan dan Keselamatan Kerja, antara lain sebagai berikut:

Kesehatan kerja merupakan spesialisasi dalam ilmu kesehatan/kedokteran beserta praktiknya yang bertujuan agar pekerja/masyarakat pekerja memperoleh derajat kesehatan yang optimal, baik fisik, mental, emosional maupun sosial dengan usaha-usaha promotif, preventif, kuratif dan rehabilitatif terhadap penyakit/gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh faktor-faktor pekerjaan dan lingkungan kerja serta terhadap penyakit-penyakit umum (Suma'mur, 2014).

Komisi Gabungan WHO dan ILO (1995) menjelaskan bahwa kesehatan kerja adalah suatu layanan/upaya untuk peningkatan dan pemeliharaan derajat kesehatan fisik, mental & kesejahteraan sosial yang setinggi-tingginya bagi pekerja di semua jabatan dan pencegahan gangguan kesehatan yang disebabkan oleh kondisi pekerjaan, serta perlindungan pekerja dari faktor risiko pekerjaan yang merugikan kesehatan, penempatan dan pemeliharaan pekerja dalam suatu lingkungan kerja sebagai adaptasi antara pekerjaan dengan manusia dan manusia dengan pekerjaannya.

Undang-Undang No.1 Tahun 1970 menyebutkan bahwa yang dimaksud dengan keselamatan kerja adalah keselamatan yang berhubungan dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan dan proses pengolahan, landasan kerja dan lingkungan kerja serta cara-cara melakukan pekerjaan dan proses produksi. Keselamatan kerja merupakan tugas semua orang yang berada di tempat kerja. Keselamatan kerja juga merupakan sarana utama untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja yang dapat menimbulkan kerugian berupa luka/cedera, cacat ataupun kematian, kerugian harta benda dan kerusakan peralatan/mesin dan lingkungan secara meluas.

Secara filosofis, Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) merupakan suatu upaya dan pemikiran untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan aspek jasmaniah maupun rohaniah diri manusia pada umumnya dan tenaga kerja pada khususnya beserta hasil karyanya dalam rangka menuju

masyarakat yang adil, makmur dan sejahtera. Sementara secara keilmuan, K3 merupakan “Suatu ilmu pengetahuan dan penerapannya secara teknis dan teknologis untuk melakukan pencegahan terhadap munculnya kecelakaan, pencemaran dan penyakit yang diakibatkan oleh segala proses pekerjaan yang dilakukan yang ada di lingkungan kerja sebuah tempat kerja (perusahaan)”. Dari sudut pandang ilmu hukum, K3 adalah “Suatu upaya perlindungan kepada setiap tenaga kerja dan orang lain yang memasuki tempat kerja agar senantiasa dalam keadaan sehat dan selamat serta sumber-sumber proses produksi dapat dijalankan secara aman, efisien dan produktif”.

Kesehatan dan Keselamatan Kerja merupakan Cabang atau bagian dari ilmu kesehatan masyarakat yang mempelajari metode/cara-cara pengawasan serta pemeliharaan kesehatan tenaga kerja dan masyarakat di sekitar perusahaan dan segala kemungkinan gangguan kesehatan dan keselamatan (penyakit dan kecelakaan) akibat proses produksi yang berlangsung di perusahaan/industri/tempat kerja.

Menurut OSHA (Occupational Safety and Health Administration) USA, K3 dinyatakan sebagai berikut: *“Occupational Health and Safety concern the application of scientific principles in understanding the nature of risk to the safety of people and property in both industrial and non-industrial environments. It is multidisciplinary profession based upon physics, chemistry, biology and behavioral sciences with applications in manufacturing, transport, storage and handling of hazardous material and domestic and recreational activities”*.

Pada akhirnya dapat disimpulkan bahwa Kesehatan dan Keselamatan Kerja merupakan suatu multidisiplin keilmuan yang mempelajari semua potensi bahaya atau *hazards* atau faktor risiko akibat hubungan interaktif antara kapasitas kerja, lingkungan kerja dan jenis atau beban kerja secara simultan dalam rangka untuk mencegah terjadinya kejadian penyakit dan atau kecelakaan akibat kerja melalui upaya-upaya promotif, preventif, kuratif dan rehabilitatif sehingga tenaga kerja dapat mencapai produktivitas kerja optimal.

D. Ruang Lingkup K3

Ruang lingkup implementasi kesehatan dan keselamatan kerja meliputi semua tempat kerja baik di darat, di dalam tanah, di permukaan

air, di dalam air maupun di udara, yang berada di dalam wilayah kekuasaan hukum republik Indonesia (Undang-Undang No.1 Tahun 1970). Tempat kerja yang dimaksud adalah Tiap ruangan atau lapangan tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap, di mana tenaga kerja bekerja atau yang sering dimasuki tenaga kerja untuk keperluan suatu usaha dan di mana terdapat sumber-sumber bahaya termasuk semua ruangan, lapangan, halaman dan sekelilingnya yang merupakan bagian-bagian atau yang berhubungan dengan tempat kerja tersebut (Permenaker No.5 Tahun 2018).

Adapun lingkup keilmuan dari K3 ini terdiri atas beberapa disiplin ilmu pengetahuan, antara lain sebagai berikut:

1. Kedokteran
2. Kesehatan Masyarakat
3. Fisiologi
4. Ilmu Gizi
5. Toksikologi
6. Statistik
7. Kesehatan Lingkungan
8. Psikologi
9. Antropologi
10. Teknik, dan lain sebagainya.

E. Sasaran dan Tujuan K3

Dalam sebuah proses produksi di industri/perusahaan, kesehatan dan keselamatan kerja merupakan faktor yang sangat penting bagi produktivitas suatu industri/perusahaan. Sebagaimana telah disebutkan bahwa implementasi K3 di industri/perusahaan/tempat kerja dalam rangka untuk mencegah terjadinya kecelakaan dan gangguan kesehatan/penyakit yang diakibatkan oleh semua kondisi yang ada di tempat kerja.

Secara umum dalam proses pelaksanaan upaya K3 di industri/perusahaan/tempat kerja memiliki sasaran sebagai berikut:

1. Pekerja

Dalam menyusun rencana dan melaksanakan upaya K3 di tempat kerja sebaiknya memperhatikan dan mempertimbangkan aspek Fisik, Mental dan Sosial dari pekerja.

2. Lingkungan Kerja

Dalam menyusun rencana dan pelaksanaan upaya K3 di tempat kerja sebaiknya memperhatikan dan mempertimbangkan aspek-aspek/faktor-faktor yang ada di lingkungan kerja yang meliputi: Faktor Fisika, Faktor Kimia, Faktor Biologi, Faktor Ergonomi dan Faktor Psikososial.

3. Sarana Kerja

Sarana kerja dalam penyusunan rencana dan pelaksanaan upaya K3 di tempat kerja meliputi: bahan baku, mesin/alat bantu kerja, dan proses kerja.

Penerapan upaya kesehatan dan keselamatan kerja memiliki beberapa tujuan utama, antara lain sebagai berikut:

1. Pencegahan dan pengendalian penyakit-penyakit dan kecelakaan yang diakibatkan oleh faktor pekerjaan
2. Pemeliharaan dan peningkatan derajat kesehatan, kapasitas dan gizi tenaga kerja
3. Perawatan dan peningkatan efisiensi dan produktivitas tenaga kerja
4. Pengendalian kelelahan dan *stress* akibat kerja dan peningkatan motivasi serta kenyamanan dalam bekerja
5. Perlindungan bagi masyarakat sekitar perusahaan
6. Perlindungan bagi masyarakat luas atas kemungkinan bahaya yang timbul dari produk yang dihasilkan.

Saat ini fokus utama tujuan pelaksanaan upaya kesehatan dan keselamatan kerja di Indonesia adalah:

1. Pemeliharaan dan peningkatan derajat kesehatan pekerja dan kapasitas kerjanya
2. Perbaikan kondisi lingkungan kerja dan pekerjaan yang kondusif bagi kesehatan dan keselamatan kerja
3. Pengembangan pengorganisasian pekerjaan dan budaya kerja ke arah yang mendukung kesehatan dan keselamatan pekerja.

F. Rangkuman

Pembangunan kesehatan di Indonesia bertujuan meningkatkan kesadaran, kemauan dan kemampuan hidup sehat bagi setiap orang agar terwujud derajat kesehatan yang optimal sehingga akan meningkatkan kualitas sumber daya manusia.

Perkembangan sejarah K3 di tingkat dunia dapat dikatakan merupakan perkembangan konsep/teori K3 melalui pengkajian/penelitian yang bersifat sistematis yang puncaknya dilatarbelakangi dari dampak revolusi industri. Sedangkan di Indonesia merupakan perkembangan peraturan perundang-undangan dan pembentukan lembaga K3 yang dilatarbelakangi oleh rasa nasionalisme (perjuangan dari penjajahan).

Kesehatan dan Keselamatan Kerja merupakan suatu multidisiplin keilmuan yang mempelajari semua potensi bahaya atau faktor risiko akibat hubungan interaktif antara kapasitas kerja, lingkungan kerja dan jenis atau beban kerja secara simultan dalam rangka untuk mencegah terjadinya kejadian penyakit dan atau kecelakaan akibat kerja melalui upaya-upaya promotif, preventif, kuratif dan rehabilitatif sehingga tenaga kerja dapat mencapai produktivitas kerja optimal.

Ruang lingkup implementasi kesehatan dan keselamatan kerja meliputi semua tempat kerja baik di darat, di dalam tanah, di permukaan air, di dalam air maupun di udara. Lingkup keilmuan dari K3 ini terdiri atas beberapa disiplin ilmu pengetahuan, antara lain: Kedokteran, Kesehatan Masyarakat, Fisiologi, Ilmu Gizi, Toksikologi, Statistik, Kesehatan lingkungan, Psikologi, Antropologi, Teknik, dan lain sebagainya.

Secara umum sasaran dalam proses pelaksanaan upaya K3 di industri/perusahaan/tempat kerja yaitu Pekerja, Lingkungan Kerja, dan Sarana Kerja. Penerapan upaya K3 di industri/perusahaan/tempat kerja bertujuan untuk peningkatan produktivitas kerja tenaga kerja melalui upaya pencegahan terjadinya kecelakaan dan gangguan kesehatan/penyakit yang diakibatkan oleh semua kondisi yang ada di tempat kerja.

BAB II

KONSEP DASAR HIGIENE INDUSTRI

A. Pendahuluan

Kemajuan sektor industri di suatu negara agraris kondisinya masih mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Proses produksi di dalam suatu industri bertujuan untuk menghasilkan suatu produk yang berguna untuk memenuhi kebutuhan menuju peningkatan kesejahteraan untuk kelangsungan hidup manusia. Kemajuan dan pencapaian tersebut juga mendorong peningkatan penggunaan teknologi dan bahan-bahan kimia dalam proses produksinya, baik dari segi jumlah maupun jenisnya.

Sampai saat ini, jumlah bahan kimia yang terdaftar di dunia dalam nomor CAS (*Chemical Abstract Substances Register Number*) sudah lebih dari 14.000.000 jenis. Terdapat sekitar 100.000 jenis bahan kimia yang dapat ditemukan di pasar dunia, dan sekitar 1.000 di antaranya yang dihasilkan dalam jumlah besar. Beberapa contoh proses produksi industri yang menggunakan bahan kimia, sebagai berikut:

1. Pada industri petrokimia telah memproduksi dan menawarkan beberapa produk seperti:
 - a. Bahan bakar minyak (BBM) yang didistribusikan melalui SPBU berupa jenis bensin (premium, pertalite, pertamax, pertamax turbo), jenis solar dan bahan bakar minyak lainnya termasuk beberapa jenis pelumas kendaraan.
 - b. Bahan pewarna kimia yang digunakan dalam pemberian corak pada bahan pakaian dengan warna yang bervariasi.
 - c. Plastik, karet sintetis dan lain-lain yang sangat banyak digunakan dalam berbagai peralatan rumah tangga, peralatan elektronik dan lain sebagainya.
2. Industri farmasi telah memproduksi berbagai bahan kimia obat yang telah banyak berhasil dalam menyelamatkan kehidupan manusia

dari berbagai penyakit yang berbahaya baik yang menular maupun yang tidak menular.

3. Industri pupuk dan pestisida juga telah memproduksi berbagai jenis pupuk kimia dan pestisida yang digunakan dalam bidang pertanian dan perkebunan untuk dapat meningkatkan produksi pangan dan meningkatkan kesejahteraan manusia.

Berdasarkan contoh tersebut memperlihatkan bahwa penggunaan bahan kimia tidak dapat terlepas dalam kehidupan kita sebagai manusia yang memiliki kebutuhan yang sangat kompleks. Oleh karena itu, upaya untuk mengenali potensi bahaya dari penggunaan bahan kimia baik secara personal maupun oleh perusahaan yang mempekerjakan manusia sebagai tenaga kerja harus dilakukan secara komprehensif dan berkelanjutan. Upaya tersebut merupakan sebuah keniscayaan karena dampak berbahaya bagi kesehatan dan keselamatan kerja yang dapat ditimbulkan dari penggunaan bahan kimia di lingkungan kerja, khususnya penggunaannya dalam proses produksi suatu industri.

Berbagai upaya pengendalian terhadap potensi bahaya di dalam lingkungan industri telah disusun dan dilaksanakan untuk mengatasinya dengan cara mengendalikan aspek kebersihan yang diwujudkan dalam bentuk standar-standar sanitasi. Beberapa standar telah banyak dikembangkan oleh berbagai negara, yang semuanya didasarkan pada kemampuan reaksi fisiologi manusia.

Untuk kelompok masyarakat yang bekerja di industri dikembangkan sebuah standar yang disebut Nilai Ambang Batas atau disingkat NAB (*Threshold Limit Value/TLV*). Yang termasuk dalam kelompok ini adalah kelompok orang dewasa yang terpilih yaitu kelompok yang masuk bekerja di perusahaan/industri harus melalui pemeriksaan kesehatan awal dan juga kelompok orang yang terlatih yaitu kelompok orang yang terbiasa terpajan terhadap faktor-faktor kimia dan fisik selama bekerja 8 jam setiap hari, 5 hari dalam seminggu atau terpajan selama 40 jam seminggunya, sehingga merupakan kelompok sektor masyarakat yang memiliki resistensi besar. Untuk dapat menerapkan Nilai Ambang Batas sebagai nilai standar di lingkungan tempat kerja suatu industri adalah melalui penerapan Higiene Industri.

Upaya penerapan higiene industri di lingkungan kerja suatu industri telah mampu mencegah dan mengendalikan risiko penyakit-penyakit akibat kerja, pencemaran lingkungan masyarakat di luar industri termasuk kecelakaan kerja maupun kerusakan harta benda yang disebabkan oleh faktor-faktor kimia dan fisika sehingga dapat terwujud derajat kesehatan dan produktivitas tenaga kerja yang optimal.

B. Sejarah Singkat Perkembangan Higiene Industri

Perkembangan dimulainya higiene industri diperkirakan berkembang bersamaan dengan keberadaan kesehatan kerja/kedokteran kerja yakni sejak adanya hubungan antara pekerjaan dengan pemberian gaji. Secara singkat di bawah ini akan diuraikan tentang perkembangan higiene industri di tingkat dunia maupun di Indonesia.

Di tingkat dunia, pada abad ke-16 mulai ada petunjuk yang lebih jelas tentang gambaran penyakit-penyakit yang diderita oleh para tenaga kerja tambang sebagian besar berupa penyakit saluran pernapasan yang penyebabnya diduga sebagai akibat terjadinya pemajanan debu bebatuan di tambang, serta upaya-upaya pencegahan yang pernah dilakukan dengan menyelenggarakan sistem pertukaran udara, yaitu udara di dalam tambang yang tercemar oleh debu batu-batuan digantikan dengan udara bersih yang berasal dari luar tambang. Selain itu, juga adanya upaya-upaya untuk menutup hidung dengan tujuan mencegah agar debu tidak terhirup ke dalam saluran pernapasan.

Pada abad ke-17, Bernadinne Ramazzini (1633-1714) dalam bukunya yang berjudul *De Morbis Artificum Diatriba* menguraikan tentang berbagai jenis penyakit yang berkaitan dengan pekerjaan yang dilakukan oleh tenaga kerja. Selain itu, dia juga menambahkan penjelasan tentang cara menegakkan diagnosis penyakit akibat kerja. Beberapa referensi menyebutkan bahwa Bernadinne Ramazzini dianggap sebagai Bapak Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (Hiperkes).

Pada awal abad ke-18 terjadi revolusi industri di Inggris yang kemudian menyebabkan timbulnya permasalahan kesehatan dan keselamatan kerja berupa gangguan kesehatan/penyakit dan kecelakaan akibat kerja yang diakibatkan oleh pencemaran udara lingkungan kerja di industri dan lingkungan umum serta karena adanya peralihan proses

produksi yang awalnya menggunakan tenaga manusia/manual ke penggunaan mesin-mesin produksi. Permasalahan tersebut mulai mendapat perhatian dari Inggris, negara-negara Eropa lainnya, Amerika Serikat, Canada karena banyaknya tenaga kerja yang mengalami sakit, luka, cacat dan bahkan kematian sehingga membuat produktivitas industri dan tenaga kerja juga menurun. Pada saat itu, perkembangan di bidang kesehatan kerja/kedokteran kerja termasuk higiene industri menjadi sangat pesat, terutama dalam upaya pencegahan dan pengendalian pencemaran udara di lingkungan kerja suatu industri.

Selanjutnya pada abad ke-20, pertumbuhan dan perkembangan teknologi di negara-negara maju seperti teknologi proses produksi dalam industri, teknologi komunikasi, pertambangan, pertanian dan perkebunan dan teknologi canggih lainnya merupakan sebuah tantangan bagi perkembangan higiene industri. Pada kenyataannya dapat dikatakan bahwa higiene industri dapat berkembang mengikuti berbagai kemajuan teknologi untuk dapat mengenali, mengevaluasi dan melakukan upaya pengendalian terhadap semua potensi bahaya yang ada di lingkungan kerja suatu industri/perusahaan.

Di Indonesia, perkembangan higiene industri sesungguhnya baru terjadi beberapa tahun setelah negara kita merdeka yaitu pada saat diterbitkannya Undang-Undang Kerja dan Undang-Undang Kecelakaan. Dasar pokok tentang Higiene Industri dan Kesehatan Kerja telah dimuat dalam undang-undang tersebut meski belum diberlakukan saat itu juga.

Selanjutnya pada tahun 1957 oleh Departemen Perburuhan (sekarang Kementerian Ketenagakerjaan RI) mendirikan Lembaga Kesehatan Buruh yang kemudian pada tahun 1965 berubah menjadi Lembaga Keselamatan dan Kesehatan Buruh. Dan pada tahun 1966 fungsi dan kedudukan Higiene Industri di dalam aparatur pemerintahan menjadi lebih jelas lagi yaitu dengan berdirinya Lembaga Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja di Departemen Tenaga Kerja dan Dinas Higiene perusahaan/Sanitasi Umum serta Dinas Kesehatan Tenaga Kerja di Departemen Kesehatan. Selain itu, terdapat organisasi swasta yang berdiri yaitu Yayasan Higiene Perusahaan yang berkedudukan di Surabaya.

Selanjutnya dari tahun ke tahun organisasi Hiperkes yang berada di pemerintahan selalu mengalami perubahan nama, di antaranya sebagai berikut:

1. Tahun 1969 Lembaga Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja berubah menjadi Lembaga Nasional Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja.
2. Tahun 1978 berubah menjadi Pusat Bina Higiene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
3. Tahun 1983 berubah lagi menjadi Pusat Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja.
4. Tahun 1988 berubah lagi menjadi Pusat Pelayanan Ergonomi, Higiene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
5. Selanjutnya tahun 1993 berubah lagi menjadi Pusat Higiene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja.
6. Tahun 1998 berubah lagi menjadi pusat Hiperkes dan Keselamatan Kerja
7. Kemudian nama tersebut pada tahun 2001 akhirnya berubah lagi menjadi Pusat Pengembangan Keselamatan Kerja dan Hiperkes.

Berdasarkan penjelasan tersebut dapat dikatakan bahwa pengembangan Higiene perusahaan/Higiene Industri di Indonesia berjalan bersama dengan pengembangan kesehatan dan keselamatan kerja melalui institusi dan juga melalui penerbitan beberapa buku yang terkait. Di antara buku-buku tersebut yaitu *Buku Ilmu Kesehatan Buruh* (1965), *Ilmu Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja* (1967), *Ergonomi dan Produktivitas Kerja*, *Majalah Triwulan Higiene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan Jaminan Sosial*, juga buku-buku Pedoman Penerapan Hiperkes dan Keselamatan Kerja serta *leaflet* tentang panduan kerja di laboratorium Hiperkes yang disebarluaskan ke seluruh wilayah Republik Indonesia.

Selain itu, terdapat juga kegiatan-kegiatan pengembangan yang dilakukan melalui Seminar, Konvensi, Lokakarya, Bimbingan Terapan Teknologi Hiperkes dan Keselamatan Kerja yang diadakan secara berkelanjutan. Dalam pembinaan sumber daya manusia dilaksanakan melalui penyelenggaraan kursus dan latihan di dalam negeri, serta

melanjutkan tingkat pendidikan secara formal baik yang terdapat di dalam negeri maupun di luar negeri.

C. Definisi dan Tujuan Higiene Industri

Untuk dapat mengetahui definisi dari higiene industri sebaiknya perlu kita mengetahui terlebih dahulu definisi kata higiene dan industri itu sendiri. Adapun yang dimaksud dengan higiene adalah usaha kesehatan manusia yang mempelajari pengaruh kondisi lingkungan terhadap kesehatan manusia. Higiene juga diartikan sebagai suatu upaya yang dilakukan untuk mencegah timbulnya penyakit/gangguan kesehatan karena pengaruh lingkungan. Sedangkan yang dimaksud dengan industri adalah

Higiene industri (*industrial-occupational hygiene*) adalah spesialisasi dalam ilmu higiene beserta praktiknya yang lingkup dedikasinya adalah mengenali (mengidentifikasi), mengukur dan mengadakan penilaian (evaluasi) terhadap faktor-faktor penyebab gangguan kesehatan atau penyakit dalam lingkungan kerja dan perusahaan di mana hasilnya digunakan sebagai dasar tindakan korektif serta untuk pengembangan upaya pengendalian yang lebih bersifat preventif terhadap lingkungan kerja atau perusahaan, agar pekerja dan masyarakat sekitar perusahaan terhindar dari bahaya faktor lingkungan kerja perusahaan serta dimungkinkan merasakan derajat kesehatan yang sebaik-baiknya.

Selain itu, higiene industri merupakan ilmu dan seni yang mampu mengantisipasi, mengenal, mengevaluasi dan mengendalikan bahaya faktor-faktor yang timbul di dalam lingkungan kerja industri yang dapat mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan, dan kesejahteraan atau ketidaknyamanan serta ketakefisienan kepada para tenaga kerja yang berada di lingkungan kerja industri maupun kepada masyarakat yang berada di sekitar atau di luar industri.

Melalui definisi tersebut, terlihat jelas bahwa higiene industri merupakan salah satu aspek perlindungan bagi kesehatan tenaga kerja dan menjadi sarana untuk membina dan mengembangkan tenaga kerja menjadi sumber daya manusia yang memiliki disiplin, dedikasi dan penuh rasa tanggung jawab serta mampu bekerja secara produktif dan efisien. Di samping itu, higiene industri memperlihatkan bahwa sasaran kerjanya adalah lingkungan kerja dan bersifat teknis-teknologis dalam

pelaksanaannya serta memiliki ruang lingkup kegiatan yang meliputi pengenalan (identifikasi), mengevaluasi dan mengendalikan berbagai macam potensi bahaya faktor-faktor lingkungan kerja yang timbul akibat penerapan teknologi dalam proses produksi.

Higiene industri dan kesehatan kerja merupakan suatu kesatuan upaya dengan tujuan mewujudkan sumber daya manusia yang sehat dan produktif melalui upaya kesehatan preventif, kuratif, penyesuaian faktor manusia terhadap pekerjaannya, upaya mewujudkan kenyamanan dan kepuasan kerja serta upaya lainnya. Oleh karena higiene industri dan kesehatan kerja mencakup berbagai sub-disiplin ilmu yang luas, maka tidak mengherankan apabila terdapat beragam istilah untuknya, yaitu higiene perusahaan, higiene kerja, higiene okupasi, kesehatan industri, kesehatan buruh, kesehatan tenaga kerja, kedokteran kerja, kedokteran okupasi dan lainnya. Meskipun istilah yang digunakan berbeda namun yang dimaksud adalah tidak lain dari pada higiene industri/perusahaan dan kesehatan kerja atau biasa disingkat dengan hiperkes sebagaimana yang telah dikenal oleh masyarakat Indonesia. Dalam kepustakaan berbahasa Inggris, ditemukan pula istilah yang beraneka ragam seperti *occupational health*, *occupational hygiene*, *occupational medicine*, *industrial hygiene*, *industrial medicine*, *labour health*, *workers health*, *physiological hygiene*, dan lain sebagainya yang juga dengan istilah itu dimaksudkan kepada higiene perusahaan dan kesehatan kerja.

Tujuan utama dari higiene industri adalah untuk mewujudkan tenaga kerja yang sehat, selamat, sejahtera dan mampu bekerja produktif dan efisien melalui upaya pemberian perlindungan terhadap kesehatan tenaga kerja dengan pendekatan secara teknis terhadap efek samping penerapan teknologi proses produksi agar tercipta lingkungan kerja yang memenuhi persyaratan kesehatan.

Tujuan tersebut dapat dicapai apabila didasarkan pada kenyataan bahwa Pekerjaan harus dilakukan dengan cara dan dalam lingkungan kerja yang memenuhi standar serta syarat kesehatan yang disesuaikan pula dengan tingkat kesehatan dan kondisi gizi tenaga kerja yang bersangkutan. Selain itu, juga didasarkan bahwa upaya pencegahan yang paling efektif adalah pencegahan yang dilakukan sejak dibuatnya perencanaan suatu perusahaan atau kegiatan karena biaya yang ditimbulkan oleh kecelakaan

kerja dan penyakit akibat kerja sangat mahal dibandingkan dengan biaya untuk pencegahan terhadapnya.

D. Teknologi Proses Produksi, Faktor Lingkungan Kerja Industri dan Konsep *Stress-Strain*

Teknologi dapat diartikan sebagai daya upaya manusia untuk melakukan perubahan suatu benda ke bentuk lain yang berdaya guna untuk memenuhi kebutuhannya dalam mencapai peningkatan kesejahteraan demi kelangsungan hidup manusia. Teknologi tidak harus selalu merupakan kecanggihan atau satisfikasi, namun teknologi juga meliputi elemen-elemen yang sederhana seperti teknologi tradisional, teknologi pedesaan, teknologi informal, industri kerajinan, agribisnis serta agro industri. Sebagai contoh, dalam sektor perindustrian, dahulu untuk membuat kain, bahan baku yang digunakan adalah serat kapas yang dipintal menjadi benang dengan menggunakan tangan (secara manual), kemudian ditenun dengan alat tenun bukan mesin (teknologi sederhana) yang digerakkan oleh tenaga manusia. Setelah terjadi revolusi industri di Inggris melalui temuan mesin-mesin pintal dan tenun yang baru untuk industri tekstil yang digerakkan oleh motor (teknologi baru), maka proses produksi berjalan dengan lebih cepat lagi. Selain serat kapas sebagai bahan baku kain juga telah ditemukan bahan baku dari bulu binatang, juga dari bahan-bahan kimia seperti poliester, nilon dan lain sebagainya yang dapat dikategorikan sebagai teknologi canggih.

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa teknologi dalam proses produksi itu dapat meliputi perbaikan atau penyempurnaan dari:

1. Mesin dan peralatan kerja
2. Bahan-bahan bagi produksi dan kualitasnya
3. Cara kerja
4. Perubahan sikap ke arah yang lebih positif

Adanya penerapan teknologi dalam proses produksi yang semakin maju dalam pembangunan diharapkan antara lain dapat:

1. Memperoleh kemudahan dalam berproduksi
2. Meningkatkan produktivitas
3. Menurunkan biaya produksi

4. Mempercepat pertumbuhan ekonomi
5. Meningkatkan kesejahteraan masyarakat

Penerapan teknologi dalam proses produksi selain memberikan pengaruh yang positif, juga telah menimbulkan pengaruh negatif yang sangat merugikan dengan timbulnya efek samping yang berupa aneka faktor yang berdampak buruk kepada pekerjaan dan lingkungan kerja yang mengakibatkan tenaga kerja mengalami sakit atau gangguan kesehatan maupun kecelakaan kerja. Beberapa faktor yang timbul sebagai efek samping dari penerapan teknologi proses produksi yang menjadi penyebab terjadinya gangguan kesehatan/penyakit akibat kerja yaitu:

- 1. Faktor kimia**

Merupakan faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas tenaga kerja yang bersifat kimiawi, disebabkan oleh penggunaan bahan kimiawi dan turunannya di tempat kerja yang dapat menyebabkan penyakit pada tenaga kerja meliputi kontaminan kimia di udara berupa gas, uap dan partikulat. Semua bahan kimia yang digunakan dalam lingkungan kerja, dapat berbentuk: Debu (asbes, berilium, biji timah putih, dll.), Uap (uap logam), Gas (sianida, gas asam sulfida, CO, dll.), Larutan (asam kuat atau basa kuat).

- 2. Faktor fisik**

Merupakan faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas tenaga kerja yang bersifat fisika, disebabkan oleh penggunaan mesin, peralatan, bahan dan kondisi lingkungan di sekitar tempat kerja yang dapat menyebabkan gangguan dan penyakit akibat kerja pada tenaga kerja, meliputi Iklim Kerja, Kebisingan, Getaran, Radiasi Gelombang Mikro, Radiasi Ultra Ungu (Ultra Violet), Radiasi Medan Magnet Statis, Tekanan Udara dan Pencahayaan.

- 3. Faktor biologi**

Merupakan faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas tenaga Kerja yang bersifat biologi, disebabkan oleh makhluk hidup meliputi hewan, tumbuhan dan produknya serta mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit akibat kerja.

- 4. Faktor ergonomi**

Merupakan faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas tenaga kerja yang disebabkan oleh ketaksesuaian antara fasilitas kerja yang

meliputi cara kerja, posisi kerja, alat kerja dan beban angkat terhadap tenaga kerja.

5. **Faktor psikososial**

Merupakan faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas tenaga kerja yang disebabkan oleh hubungan antarpersonal di tempat kerja, peran dan tanggung jawab terhadap pekerjaan.

Setiap orang yang melaksanakan pekerjaannya baik sebagai seorang pimpinan suatu industri maupun tenaga kerja, dia akan menerima beban dari pekerjaannya. Beban kerja yang akan diterima oleh seseorang akan berbeda berdasarkan tugas dan tanggung jawabnya masing-masing. Seorang pimpinan (direktur/manager) suatu industri/perusahaan dalam melaksanakan pekerjaannya akan menerima beban mental/psikologis yang lebih besar dibandingkan dengan beban fisik yang diterima karena dia harus lebih banyak berpikir dan memusatkan upayanya dalam mengelola industri/perusahaan tersebut dengan sebaik mungkin agar berjalan sesuai dengan perencanaan dan tujuan serta agar tidak merugi. Sedangkan tenaga kerja yang misalnya bekerja di bagian pergudangan, yang tugasnya menyiapkan bahan-bahan baku dari gudang dan dikirim ke bagian produksi untuk diproses, maka tenaga kerja tersebut akan menerima beban kerja fisik yang lebih besar.

Seorang pimpinan (direktur/manager) maupun tenaga kerja yang bekerja tersebut, selain mereka menerima beban kerja dari pekerjaan yang menjadi tanggung jawabnya masing-masing, mereka juga akan menerima beban dari faktor-faktor yang ada di lingkungan tempat kerja yang timbul akibat dari penerapan teknologi proses produksi sebagai beban tambahan atau dalam hal ini disebut sebagai “**stress**”.

Beberapa bahaya yang dapat ditimbulkan dari faktor-faktor yang ada di lingkungan tempat kerja, antara lain sebagai berikut:

1. **Faktor Kimia**

Adanya bahan kimia yang digunakan dalam lingkungan kerja, yang dapat berbentuk debu, uap, gas, larutan yang melebihi nilai ambang batas atau nilai standar akan menyebabkan terjadinya antara lain: gangguan pernapasan (pneumokoniosis), kanker paru-paru, dermatitis, ledakan, kebakaran, keracunan sampai menimbulkan kematian.

2. Faktor Fisika

Adanya faktor yang bersifat fisika dalam lingkungan kerja, yang melebihi nilai ambang batas atau nilai standar akan menyebabkan terjadinya antara lain: *Heat or Cold stress* (akibat iklim kerja panas atau dingin), Kelainan Pendengaran (akibat kebisingan), *Raynaud's syndrom* (akibat getaran), Leukemia (akibat radiasi), *Decompression Disease* dan Barotrauma (akibat tekanan udara yang tinggi maupun rendah), Kelelahan Mata/*Eye Strain* (akibat pencahayaan yang kurang maupun berlebihan).

3. Faktor Biologi

Keberadaan faktor biologi di lingkungan kerja baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, hewan maupun mikroorganisme juga sangat membahayakan, misalnya adanya ular berbisa yang bersembunyi dapat mematuk tenaga kerja sehingga dapat mengalami keracunan bahkan kematian apabila tidak segera diberikan pertolongan, timbulnya penyakit hepatitis pada petugas kesehatan di RS atau di laboratorium akibat tertusuk jarum suntik, dermatositis ditemukan pada tukang cuci dan pemulung, ankilostomiasis, tripanosomiasis yang biasanya diderita oleh pekerja di perkebunan, pertanian, kehutanan, dan penyakit/gangguan kesehatan lainnya akibat faktor biologi.

4. Faktor Ergonomi

Fasilitas kerja yang tidak sesuai dengan tenaga kerja dapat menyebabkan kelelahan fisik, keluhan dan gangguan kesehatan, misalnya *Carpal tunnel syndrome*, *tendinitis*, *tenosynovitis*, dan lain sebagainya.

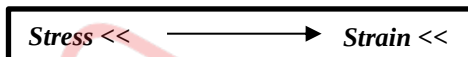
5. Faktor Psikososial

Suasana kerja yang tidak harmonis misalnya pekerjaan monoton, upah yang kurang, hubungan antarpersonal yang kurang baik, dan lain sebagainya dapat menimbulkan *stress* kerja dengan gejala psikosomatis berupa mual, muntah, sakit kepala, nyeri ulu hati, jantung berdebar-debar, dan lain sebagainya.

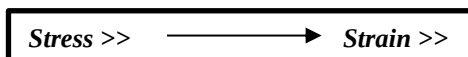
Berdasarkan contoh tersebut, adanya **stress** (beban tambahan bagi pekerja) yang ditimbulkan dari faktor-faktor yang ada di lingkungan tempat kerja, maka telah mengakibatkan terjadinya “**strain**” pada tubuh

pekerja. Dalam konsep hubungan antara *stress* dan *strain* ternyata bersifat reversibel (*stress* ↔ *strain*). Namun pengertian reversibel di sini berbeda dengan pengertian reversibel dalam reaksi kimia. Dalam hubungan reversibel antara *stress* dan *strain* ini memiliki makna yaitu apabila di dalam lingkungan kerja timbul *stress* akibat penerapan teknologi dalam proses produksi, maka pada tubuh tenaga kerja yang terpajan pasti akan timbul atau terjadi *strain*. Sebaliknya, apabila pada tubuh pekerja terjadi atau terdapat *strain* maka di lingkungan maka **pasti ada stress**. Jadi di sini tidak dikatakan pasti timbul **stress**, namun dikatakan **pasti ada stress**.

Apabila *stress* di dalam lingkungan kerja kecil atau masih berada di bawah standar atau norma yang diberlakukan atau masih di bawah Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan, maka *strain* yang terjadi atau timbul pada tubuh pekerja juga kecil atau masih di bawah batas kemampuan manusia untuk menahannya, sehingga pekerja tidak akan mengalami sakit atau gangguan kesehatan. Gangguan yang terjadi mungkin hanya sampai kepada gangguan kemampuan kerja yang menurun. Untuk kondisi seperti ini, maka keseimbangan antara *stress* dan *strain* dapat digambarkan sebagai berikut:



Apabila *stress* di dalam lingkungan kerja besar atau melampaui standar atau norma yang diberlakukan atau Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan, maka *strain* yang terjadi atau timbul pada tubuh pekerja juga besar dan akan melampaui batas kemampuan manusia untuk menahannya, sehingga pekerja akan mengalami sakit atau gangguan kesehatan. Gangguan yang terjadi mungkin hanya sampai kepada gangguan kemampuan kerja yang menurun. Untuk kondisi seperti ini, maka keseimbangan antara *stress* dan *strain* dapat digambarkan sebagai berikut:



Atau dengan kata lain dapat juga disebutkan bahwa apabila di dalam lingkungan kerja timbul faktor-faktor yang diakibatkan oleh adanya penerapan teknologi proses produksi yang intensitas/kadarnya telah melampaui Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan atau timbul *stress* yang berlebihan, maka akan dapat mengakibatkan terjadinya *strain* yang berlebihan atau gangguan kesehatan bagi tenaga kerja.

Upaya efisien yang dapat dilakukan untuk mengatasi keadaan sakit yang diderita tenaga kerja sebagaimana yang telah disebutkan adalah melalui upaya preventif. Dalam hal ini dengan menerapkan higiene industri melalui pengendalian terhadap bahaya faktor lingkungan kerja (***stress***) agar senantiasa berada di bawah Nilai Ambang Batas/Nilai Standar yang ditetapkan atau yang berlaku, maka ***strain*** yang timbul pada tubuh tenaga kerja juga akan terkendali atau masih berada di bawah batas-batas kemampuan manusia untuk menahannya (di bawah batas sehat reaksi), sehingga tenaga kerja tidak mengalami gangguan kesehatan.

E. Rangkuman

Proses produksi di dalam suatu industri bertujuan untuk menghasilkan suatu produk yang berguna untuk memenuhi kebutuhan menuju peningkatan kesejahteraan untuk kelangsungan hidup manusia. Kemajuan dan pencapaian tersebut juga mendorong peningkatan penggunaan teknologi dan bahan-bahan kimia dalam proses produksinya, baik dari segi jumlah maupun jenisnya.

Perkembangan dimulainya higiene industri diperkirakan berkembang bersamaan dengan keberadaan kesehatan kerja yakni sejak adanya hubungan antara pekerjaan dengan pemberian gaji melalui institusi dan juga melalui penerbitan beberapa peraturan dan pedoman yang terkait dengan higiene industri dan kesehatan keselamatan kerja.

Higiene industri (*industrial-occupational hygiene*) adalah spesialisasi dalam ilmu higiene beserta praktiknya yang lingkup dedikasinya adalah mengenali (mengidentifikasi), mengukur dan mengadakan penilaian (evaluasi) terhadap faktor-faktor penyebab gangguan kesehatan atau penyakit dalam lingkungan kerja dan perusahaan di mana hasilnya digunakan sebagai dasar tindakan korektif serta untuk pengembangan upaya pengendalian yang lebih bersifat preventif terhadap

lingkungan kerja atau perusahaan, agar pekerja dan masyarakat sekitar perusahaan terhindar dari bahaya faktor lingkungan kerja perusahaan serta dimungkinkan merasakan derajat kesehatan yang sebaik-baiknya.

Tujuan utama dari higiene industri adalah untuk mewujudkan tenaga kerja yang sehat, selamat, sejahtera dan mampu bekerja produktif dan efisien melalui upaya pemberian perlindungan terhadap kesehatan tenaga kerja dengan pendekatan secara teknis terhadap efek samping penerapan teknologi proses produksi agar tercipta lingkungan kerja yang memenuhi persyaratan kesehatan.

Penerapan teknologi dalam proses produksi selain memberikan pengaruh yang positif, juga telah menimbulkan pengaruh negatif yang sangat merugikan dengan timbulnya efek samping yang berupa aneka faktor yang berdampak buruk kepada pekerjaan dan lingkungan kerja yang mengakibatkan tenaga kerja mengalami sakit atau gangguan kesehatan maupun kecelakaan kerja. Beberapa faktor yang timbul sebagai efek samping dari penerapan teknologi proses produksi yang menjadi penyebab terjadinya gangguan kesehatan/penyakit akibat kerja yaitu faktor kimia, faktor fisika, faktor biologi, faktor ergonomi dan faktor psikososial.

Apabila di dalam lingkungan kerja timbul faktor-faktor yang diakibatkan oleh adanya penerapan teknologi proses produksi yang intensitas/kadarnya telah melampaui Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan atau timbul *stress* yang berlebihan, maka akan dapat mengakibatkan terjadinya *strain* yang berlebihan atau gangguan kesehatan bagi tenaga kerja.

BAB III

PRINSIP DASAR PENERAPAN HIGIENE INDUSTRI

A. Pendahuluan

Penerapan upaya higiene industri (higiene perusahaan) bertujuan untuk melindungi tenaga kerja dan masyarakat sekitar suatu perusahaan atau industri dari risiko bahaya faktor-faktor yang berada di lingkungan tempat kerja berupa faktor fisika, kimiawi, biologi, ergonomi dan psikososial yang mungkin timbul karena beroperasinya suatu teknologi dalam proses produksi. Sasaran penerapan suatu kegiatan higiene industri adalah faktor lingkungan melalui jalan identifikasi bahaya dan pengukuran agar tahu secara kualitatif dan kuantitatif bahaya yang sedang dihadapi atau yang mungkin timbul, dan dengan pengetahuan yang tepat tentang risiko faktor bahaya tersebut dilaksanakanlah tindakan korektif dan pengendalian yang merupakan prioritas utama saat itu serta selanjutnya dilakukan upaya pencegahan yang bersifat lebih menyeluruh dan berkelanjutan. Adapun cara kerja dari higiene industri adalah teknis-teknologis yang ditujukan kepada lingkungan kerja melalui pengenalan, identifikasi, pengukuran, evaluasi dan pengendalian bahaya dari risiko faktor fisika, kimiawi, biologi, ergonomi dan psikososial.

Pelaksanaan higiene industri (higiene perusahaan) berada pada semua sektor yang membawahi perusahaan, di perusahaan-perusahaan, pada industri dalam arti yang luas yang memerlukan pengamanan terhadap risiko bahaya yang bersumber dari lingkungan kerja. Substansi higiene industri yang menyangkut higiene, kesehatan dan keselamatan tenaga kerja merupakan wewenang dan tanggung jawab sektor yang mengurus ketenagakerjaan, sedangkan substansi yang menyangkut higiene, kesehatan dan keselamatan masyarakat umum adalah wewenang dan tanggung jawab sektor yang menangani kesehatan dan lingkungan hidup.

B. Prinsip Dasar Penerapan Higiene Industri

Penerapan higiene industri atau higiene perusahaan di tempat kerja memerlukan pemahaman yang baik terhadap 3 (tiga) prinsip dasar yaitu:

1. Pengenalan terhadap bahaya faktor-faktor lingkungan kerja
2. Penilaian/Evaluasi terhadap bahaya faktor-faktor lingkungan kerja
3. Pengendalian terhadap bahaya faktor-faktor lingkungan kerja

Untuk dapat memahami dasar gambaran penerapan higiene industri (higiene perusahaan) di tempat kerja kita tidak perlu harus menjadi ahli dalam bidang Higiene Industri namun kita perlu mengetahui dasar pemikiran ketiga prinsip dasar penerapan higiene industri di lingkungan tempat kerja suatu industri.

1. Pengenalan dan Identifikasi Bahaya Faktor Lingkungan Kerja

Langkah awal penerapan kegiatan higiene industri yaitu mengetahui dan mengenali secara mendalam tentang perusahaan, dalam hal ini adalah proses produksi di dalam perusahaan yang bersangkutan, mulai dari awal sampai ke proses terakhir di antaranya bahan baku yang digunakan, hasil antara dari proses produksi, produk akhir, sampah/limbah industri, dan lain sebagainya. Termasuk pula perlu mengetahui secara saksama tentang kondisi mesin, peralatan, perkakas kerja, bengkel, pembangkit tenaga listrik, cara kerja tiap unit produksi, kesatuan kerja, dan pekerjaan masing-masing pekerja.

Dengan mengetahui dan mengenali secara baik dan benar tentang semua aktivitas dari proses produksi inilah kita dapat mengidentifikasi bahaya yang mungkin akan timbul kepada pekerja dan masyarakat sekitar perusahaan ataupun industri. Proses produksi sebagaimana yang dimaksud biasanya dapat dilihat dari bagan yang dipasang oleh perusahaan, tetapi lebih baik bila melihat langsung di dalam perusahaan. Bahaya yang mungkin terdapat dalam lingkungan kerja di perusahaan, baik di luar maupun di dalam areanya adalah bahaya yang tergolong faktor fisika, kimia, biologi, ergonomi dan psikososial.

Untuk mengidentifikasi potensi bahaya di lingkungan kerja dilakukan dengan peninjauan awal dari awal sampai kepada akhir proses produksi melalui survei cepat (*walkthrough survey/rapid survey*). Peninjauan di dalam lingkungan kerja perusahaan biasanya dilakukan atas

dasar panggilan, misalnya adanya keluhan dari para pekerja atau kekhawatiran pengusaha atau pekerja akan bahaya suatu bahan kimia di udara tempat kerja, atau karena adanya inisiatif dari pejabat yang berwenang, atau sebagai kunjungan ulangan/lanjutan yang pernah dilaksanakan. Perlu diingatkan bahwa sebaiknya peninjauan dilakukan secara sistematis, yang bermula dari awal proses produksi lalu diikuti ke tiap unit sesuai dengan tahapan-tahapannya sampai kepada bagian terakhir proses yang biasanya di tempat dihasilkannya produk perusahaan. Dengan menempuh cara tersebut, maka dapat dikumpulkan fakta dan data secara keseluruhan. Selanjutnya apabila dirasakan masih terdapat bagian/unit dari proses produksi yang harus lebih diteliti lebih lanjut, maka sebaiknya penelitian dilakukan setelah selesainya peninjauan kepada seluruh proses produksi. Hal lain yang perlu diperhatikan dalam kunjungan survei ke lingkungan kerja perusahaan adalah frekuensi dan waktu berkunjung. Kunjungan yang hanya satu kali saja biasanya tidak mencerminkan gambaran keadaan yang sesungguhnya. Begitu pula dengan waktu kunjungan yang dilakukan saat libur atau istirahat makan atau saat pekerjaan baru saja dimulai atau pada waktu pekerja hampir pulang merupakan hal yang sangat tidak menguntungkan karena hasil yang diperoleh juga tidak akan memberikan kondisi yang sebenarnya.

Tujuan dari kegiatan pengenalan dan identifikasi bahaya faktor lingkungan kerja di perusahaan/industri adalah:

- a. Mengetahui karakteristik suatu bahaya secara detail (sifat, kandungan, efek, tingkat keparahan (*severity*), pola pajanan, besaran)
- b. Mengetahui sumber bahaya dan area yang berisiko
- c. Mengetahui pekerja yang berisiko.

Setelah memiliki estimasi tentang faktor bahaya dari kegiatan pengenalan dan identifikasi faktor lingkungan kerja di perusahaan/industri, selanjutnya diambil langkah selanjutnya yaitu pengukuran, baik dalam ruang kerja, maupun di luar tetapi masih dalam area maupun di luar perusahaan dalam rangka penilaian/evaluasi kondisi bahaya apakah masih di bawah atau melebihi nilai standar yang telah ditetapkan.

2. Penilaian/Evaluasi Bahaya Faktor Lingkungan Kerja

Prinsip atau tahap kedua dalam penerapan higiene industri adalah penilaian atau evaluasi terhadap bahaya faktor-faktor lingkungan kerja. Tahap ini merupakan tahap penilaian karakteristik dan besarnya potensi bahaya yang mungkin timbul, sehingga dapat digunakan pada penentuan prioritas dalam mengatasi permasalahan. Semua faktor yang ada pada lingkungan kerja harus dievaluasi sejauh mana besarnya risiko dari masing-masing faktor dalam menimbulkan gangguan kesehatan atau penyakit dan kecelakaan pada faktor manusia dan sejauh mana pula dalam menyebabkan gangguan pada daya kerja dan produktivitas sumber daya manusia (SDM).

Tingkat pemajanan dan bahaya di lingkungan kerja ditentukan secara kualitatif dan kuantitatif melalui berbagai teknik pengukuran, misalnya pengukuran tingkat kebisingan, penentuan indeks tekanan panas, kuat cahaya, analisis partikel udara di tempat kerja, analisis keluhan kelelahan dan *stress* kerja, dan lain sebagainya. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan aturan yang berlaku yaitu Nilai Ambang Batas (NAB) untuk Faktor Fisika, Kimia dan Biologi. Melalui kegiatan evaluasi tersebut dapat dilakukan upaya pengendalian yang efektif sehingga kondusif bagi terwujudnya tujuan dari higiene industri. Berikut diuraikan secara singkat evaluasi/penilaian beberapa faktor lingkungan kerja yang dominan menyebabkan terjadinya penyakit akibat kerja yaitu faktor fisik, faktor kimia dan faktor biologi.

a. Evaluasi Faktor Fisik Lingkungan Kerja

Evaluasi lingkungan kerja untuk faktor fisik pertama yaitu kebisingan di tempat kerja yang bersumber dari suara yang dihasilkan oleh proses produksi perusahaan itu sendiri, terutama berasal dari mesin-mesin produksi dan peralatan kerja dapat diukur oleh ahli higiene industri dengan menggunakan peralatan ukur intensitas kebisingan (*sound level meter*), pengukur dosis kebisingan (*noise dose meter*), alat analisis kebisingan (*sound analyzer*), dan lain sebagainya. Untuk efek kebisingan terhadap pekerja dinilai dengan menggunakan audiometer. Satuan intensitas bunyi dinyatakan dalam satuan dB (desibel). Nilai Ambang Batas intensitas kebisingan untuk waktu pajanan 8 jam per hari adalah 85

dBa. Intensitas kebisingan yang membahayakan yaitu mengakibatkan berkurang dan atau hilangnya pendengaran biasanya di atas 85 dB. Untuk proses produksi yang bising dengan intensitas tersebut maka sangat perlu diadakan program konservasi pendengaran (*hearing conservation programs*).

Faktor fisik kedua yaitu pencahayaan. Intensitas dan penyebaran pencahayaan di lingkungan tempat kerja tentunya juga harus memenuhi persyaratan. Untuk sumber pencahayaan dapat saja berasal dari sumber alami yaitu dari cahaya matahari maupun dari sumber buatan yang berasal dari cahaya lampu listrik/baterai. Intensitas pencahayaan diukur dengan menggunakan luksmeter. Hasil pengukuran dinilai memenuhi syarat atau tidaknya intensitas pencahayaan suatu lingkungan kerja berdasarkan standar pencahayaan umum, pencahayaan bagi berbagai jenis pekerjaan baik dari pekerjaan yang hanya membedakan benda kasar sampai kepada pekerjaan yang membedakan benda halus dengan kontras yang sangat kurang untuk waktu yang lama, dan juga standar pencahayaan dalam kondisi darurat. Standar intensitas pencahayaan ini dan standar untuk faktor lingkungan kerja lainnya diatur dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No.5 Tahun 2018 yang akan dilampirkan dalam akhir buku ini.

Selain intensitas pencahayaan, juga harus diperhatikan mengenai keberadaan kesilauan dan kedipan dari sumber cahaya serta perbedaan pencahayaan antara objek kerja dan sekitarnya. Apabila luksmeter tidak tersedia, maka secara subjektif melalui indera penglihatan dapat digunakan sebagai alat untuk menilai cukup tidaknya intensitas pencahayaan. Hal ini dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut: apabila suatu tempat atau ruang kerja menggunakan sinar matahari sebagai sumber pencahayaan, maka untuk menilai memadai tidaknya pencahayaan yang ada yaitu jendela-jendela, lubang-lubang atau dinding kaca untuk tempat masuknya cahaya harus selalu bersih dan luas seluruhnya tidak boleh kurang dari $\frac{1}{6}$ luas lantai. Apabila jendela hanya satu-satunya jalan cahaya matahari masuk ke dalam ruang kerja, maka tinggi antara jendela dan lantai tidak boleh lebih dari 1 meter dan

letaknya ditempatkan sedemikian rupa sehingga mencapai dinding tempat kerja di sebelahnya. Sumber cahaya selain matahari tidak boleh menyebabkan panas yang berlebihan atau merusak susunan udara sehingga menyebabkan gangguan dalam bekerja.

Faktor fisik selanjutnya adalah suhu udara. Suhu udara dapat diukur menggunakan termometer, baik termometer kering, basah dan termometer bola. Termometer dapat menunjukkan suhu minimum, suhu maksimum dan suhu di antara keduanya. Temperatur yang penting bagi tenaga kerja adalah suhu efektif, yaitu indeks suhu empiris atau derajat panas yang dirasakan terhadap kombinasi yang berbeda dari suhu, kelembaban dan gerakan udara. Dengan mengetahui suhu efektif ini maka dapat ditentukan *comfort zone/zona* kenyamanan suhu udara dalam melakukan pekerjaan.

Untuk tekanan udara pada lingkungan kerja dapat diukur dengan menggunakan barometer. Tekanan udara dalam saluran ventilasi dapat diukur dengan pipa pitot. Besarnya tekanan udara dinyatakan dalam satuan milimeter Hg atau dine (*dynes*). Suatu tekanan udara pada lingkungan kerja dapat menjadi lebih tinggi pada lokasi di dalam tambang, lubang di bawah tanah atau di bawah permukaan air laut. Tekanan udara tinggi dapat secara langsung menyebabkan kerusakan pada jaringan tubuh, dan juga dapat secara tidak langsung yakni melalui dekompresi udara dalam jaringan yang terjadi pada proses penurunan tekanan udara yang cepat. Sementara tekanan udara rendah terjadi apabila tenaga kerja berpindah/berubah lokasi dari daerah rendah ke daerah yang lebih tinggi.

Faktor fisik selanjutnya yaitu kecepatan udara. Penilaian kecepatan udara dapat diukur dengan menggunakan anemometer. Satuan ukurnya yaitu cm per detik, mil per jam atau lainnya. Umumnya kecepatan udara yang melebihi 25 cm per detik dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada tenaga kerja. Terjadinya gerakan udara dengan kecepatannya disebabkan karena adanya perbedaan suhu pada tempat-tempat di permukaan sehingga udara bergerak dari tempat yang suhu permukaannya rendah ke arah yang suhu permukaannya lebih tinggi. Gerakan udara juga dapat disebabkan karena kekuatan mekanis seperti kipas. Gerakan udara

yang memadai dapat menyebabkan timbulnya perasaan segar. Pada dasarnya ventilasi adalah gerakan udara tersebut.

Faktor fisik lain selanjutnya adalah radiasi. Radiasi dapat berinteraksi dengan materi yang dilaluinya melalui proses ionisasi, eksitasi dan lain-lain. Radiasi yang berada di lingkungan kerja merupakan radiasi elektromagnetik baik radiasi pengion maupun radiasi non-pengion. Radiasi pengion adalah gelombang elektromagnetik dan partikel bermuatan yang karena energi yang dimilikinya mampu mengionisasi media yang dilaluinya contohnya: Radiasi Nuklir (sinar α , β , gamma dan sinar neutron), dan sinar X. Sedangkan radiasi non pengion adalah gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang 100 nanometer dengan energi sangat rendah, sehingga tidak dapat mengionisasi media yang dilaluinya, contohnya: Radiasi medan magnet listrik (misalnya alat rumah tangga elektronik, pemanas di pengecoran, pengecoran logam, jaringan tenaga listrik (SUTET & SUTT) & monitor), Gelombang Radio (misalnya pemancar UHF, pemancar HF, menara VHF, menara antenna TV, stasiun utama, stasiun satelit bumi, telekomunikasi gelombang mikro, telepon seluler, mesin pengelas PVC), Radiasi OPTIK (misalnya sinar ultraviolet dan Infra Merah contohnya alat pengering, matahari, lampu halogen tungsi, industri kaca, sinar matahari, laser pengelasan). Radiasi tidak dapat dideteksi oleh indera manusia, sehingga untuk mengenalinya diperlukan suatu alat bantu pendeteksi yang disebut dengan detektor radiasi. Terdapat dua jenis alat dalam mengukur/menilai radiasi yaitu alat ukur aktif dan alat ukur pasif. Alat ukur aktif adalah alat ukur yang dapat menunjukkan secara langsung hasil pengukuran radiasi yang diterima contohnya: survey meter, dosimeter saku sedangkan alat ukur pasif yaitu alat ukur yang mana pembacaan hasil pengukurannya tidak dapat dibaca langsung, melainkan harus melalui proses terlebih dahulu, contohnya: *Film badge*, *TLD badge*.

b. Evaluasi Faktor Kimia Lingkungan Kerja

Evaluasi terhadap faktor kimia di lingkungan kerja yang menjadi salah satu penyebab gangguan kesehatan atau penyakit dan

menurunnya kemampuan kerja tenaga kerja, dapat dilakukan melalui beberapa cara antara lain, yaitu:

- 1) Subjektif dengan indera manusia;
- 2) Menggunakan hewan;
- 3) Menggunakan peralatan indikator dan detektor;
- 4) Pengambilan sampel dan pemeriksaan laboratorium.

Indera manusia terkadang dapat digunakan untuk mengidentifikasi bahkan menilai kadar zat kimia dalam lingkungan. Hal ini dapat dilakukan karena beberapa zat tertentu, pekerja dapat mencium, melihat dan merasakan yang kemudian menimbulkan kesan yang dapat dihubungkan dengan jenis dan kadar suatu zat menurut pengalaman, misalnya zat seperti SO_2 , H_2S , amoniak, formaldehid, benzena, toluen, dan lainnya dapat dicium baunya dan dirasakan rangsangannya kepada selaput lendir mata, bahkan dapat diperkirakan kadarnya di udara secara kasar. Untuk SO_2 dapat dicium baunya pada kadar 4 ppm, menyebabkan rangsangan pada mata pada kadar 20 ppm, mengakibatkan batuk dan rangsangan yang sangat kuat pada kadar 80-120 ppm dan pada kadar 200 ppm rangsangannya tidak dapat ditahan lagi, sementara NAB-nya besarnya pada kadar 2 ppm. Pada H_2S sudah dapat tercium pada kadar 0,2 ppm sementara NAB-nya adalah 10 ppm sedangkan pada kadar 150 ppm akan menimbulkan gangguan kesehatan secara nyata. Amoniak tercium baunya pada kadar udara yang merupakan NAB-nya yaitu 25 ppm. Penggunaan indera manusia digunakan dengan tujuan sebagai upaya pencegahan awal agar tenaga kerja dapat terhindar dari bahaya faktor kimia lingkungan kerja. Namun penggunaan indera ini tentu tidak selalu sempurna dan terkadang kurang sensitif serta kurang akurat kepekaannya dibandingkan dengan alat pengukur dikarenakan oleh pengaruh zat kimia di udara itu sendiri yang berefek dapat mematikan rasa dari indera tersebut.

Penggunaan hewan dalam menilai keberadaan zat kimia di udara telah sering digunakan. Hewan yang sering digunakan yaitu burung kenari, tikus, kera, kelinci dan lain sebagainya. Burung kenari dan tikus biasa digunakan untuk mengetahui secara kasar keberadaan dan besarnya bahaya gas CO. Burung kenari pingsan dalam waktu 3

(tiga) menit jika udara mengandung kadar CO sebesar 0,25%, sedangkan tikus tidak mau diam dan selalu bergerak kehilangan orientasi di bidang horizontal dan akan diam sama sekali setelah 5 (lima) menit menghirup udara yang berkadar CO sebesar 0,1–0,2%, padahal manusia masih sanggup menahan kadar 0,25% dalam waktu 20 menit tanpa gejala dan kadar CO sebesar 0,4% dapat berakibat kematian apabila telah mencapai 1 jam terhirup. Tikus, kelinci, marmot dan kera paling sering digunakan di laboratorium untuk mengetahui derajat racun suatu zat kimia kepada manusia.

Selanjutnya cara evaluasi lain yang dapat menilai estimasi kasar kadar zat kimia di udara yaitu dengan alat indikator dan detektor yang biasanya khusus untuk gas, uap atau partikel. Penggunaan indikator sederhana didasarkan atas perubahan warna pada indikator atau detektor sebagai akibat terjadinya reaksi kimia antara gas atau uap dengan reagen yang berada pada alat indikator atau detektor. Contoh indikator untuk menilai secara kasar kadar suatu zat kimia yaitu penggunaan kertas lakmus dalam menunjukkan keberadaan dan kadar NH_3 sebesar 100 ppm dalam waktu sekitar 5–7 detik akibat terjadi reaksi antara NH_3 dan kertas lakmus. Contoh lain yaitu asam sulfida akan bereaksi dengan kertas yang dibasahi dengan larutan Pb_2 Aseta, di mana pada kadar 4 ppm menyebabkan perubahan warna dalam 1 detik dan pada kadar 0,3 ppm dalam setengah menit. Detektor merupakan alat khusus yang digunakan untuk menentukan secara kualitatif dan kuantitatif zat kimia di udara [Partikel (Debu, *Fume*, Asap, *Mist*, Kabut) dan Non Partikel (Gas dan Uap)], contohnya yaitu detektor untuk gas CO (karbon monoksida), detektor uap Hg (merkuri), detektor TEL, detektor benzene, detektor keton, *Midget impinger* untuk pengambilan sampel debu, *personal dust sampler* untuk pengukuran pajanan sampel debu secara perorangan.

Untuk pengambilan dan pemeriksaan sampel zat kimia di laboratorium memerlukan pengetahuan dan keterampilan yang cukup terkait analisis secara kualitatif dan kuantitatif suatu zat kimia. Cara analisis zat kimia antara lain gravimetri, volumetri, kalorimetri, turbidimetri, kromatografi, dan lain sebagainya. Selain itu, terdapat analisis zat kimia secara fisika yang lebih maju antara

lain spektrometri, spektrofotometri, difraksi sinar X, dan polarografi.

c. Evaluasi Faktor Biologi Lingkungan Kerja

Evaluasi terhadap faktor biologi di lingkungan kerja yang juga menjadi salah satu penyebab terjadinya gangguan kesehatan atau penyakit dan menurunnya kemampuan kerja tenaga kerja sangat penting untuk dilakukan. Salah satu faktor biologi yang sering diukur di tempat kerja pemeriksaan kandungan mikrobiologi di udara melalui pengambilan sampel udara yang selanjutnya dilakukan pemeriksaan di laboratorium mikrobiologi untuk mengidentifikasi dan menentukan jumlah kandungan mikrobiologinya misalnya bakteri atau virus termasuk endotoksin yang dihasilkan oleh mikroorganisme tersebut.

Mengacu pada Peraturan Menteri Ketenagakerjaan RI No.5 tahun 2018 tentang K3 Lingkungan kerja, menyebutkan bahwa standar faktor biologi di lingkungan kerja yaitu: untuk Bakteri sebesar 700 cfu/m³ (Batas maksimum) dan bebas mikroba patogen, dan untuk Jamur sebesar 1000 cfu/m³ (Batas maksimum).

3. Pengendalian Bahaya Faktor Lingkungan Kerja

Prinsip dasar ketiga dalam penerapan higiene industri adalah pengendalian terhadap bahaya faktor-faktor lingkungan kerja. Pengendalian ini bertujuan untuk memelihara kondisi lingkungan kerja agar tetap sehat dan aman dalam artian masih memenuhi persyaratan norma kesehatan dan keselamatan kerja, sehingga pekerja terbebas dari ancaman atau risiko gangguan kesehatan atau penyakit akibat kerja dan kecelakaan kerja yang dapat menyebabkan gangguan pada daya kerja dan produktivitas kerja sumber daya manusia dan perusahaan.

Terdapat beberapa metode yang umum digunakan dalam pengendalian terhadap bahaya faktor-faktor lingkungan kerja antara lain, sebagai berikut:

a. Pengendalian secara teknis (*engineering control*)

Upaya pengendalian ini meliputi pengendalian langsung kepada sumbernya, pengendalian terhadap lingkungan kerja dan pengendalian langsung kepada pekerja di tempat kerja.

Pengendalian langsung kepada sumbernya bertujuan untuk membatasi atau mengurangi potensi bahaya dari bahan, peralatan, sarana maupun prasarana yang ada di lingkungan kerja. Adapun yang termasuk dalam upaya pengendalian ini antara lain:

- Eliminasi sumber bahaya,
- Substitusi bahan berbahaya dengan bahan yang tidak atau kurang berbahaya,
- Isolasi/penyekatan dan penutupan sumber emisi bahan-bahan berbahaya.
- Pemasangan ventilasi keluar setempat (*local exhaust ventilation*)
- Mengubah proses kerja atau meningkatkan metode kerja, contohnya pada proses pencampuran tanah liat dan bahan lainnya dalam proses produksi keramik yang umumnya dilakukan setelah proses pengeringan, maka melalui metode ini agar tidak menimbulkan debu yang berisiko untuk menimbulkan gangguan kesehatan akibat kerja maka proses atau metode pencampuran dapat dilakukan sebelum proses pengeringan dengan kata lain semua bahan dicampur dalam keadaan basah.
- Pengamanan proses kerja secara tepat, contohnya pada kasus penyaluran bahan yang berupa bubuk bahan semen dari tempat penambangan ke tempat penyimpanan dengan menggunakan sistem ban berjalan (*belt conveyor*).
- Program pemeliharaan secara berkala terhadap peralatan kerja yang digunakan dalam proses produksi.

Pengendalian terhadap lingkungan kerja meliputi ketatarumahaan yang baik, pemasangan ventilasi keluar pada atap atau dinding maupun ventilasi untuk memasukkan udara segar dari luar, desain dan tata letak yang adekuat (konstruksi bangunan dan tata letak peralatan/material yang baik dan sesuai) sehingga pekerja dapat bekerja efisien & efektif serta dapat memberikan perlindungan yang optimal dan tidak menimbulkan gangguan kesehatan bagi pekerja.

Pengendalian langsung terhadap pekerja dapat melalui peningkatan pengetahuan, sikap & perilaku serta disiplin kerja para pekerja dengan pemberian pelatihan dan pendidikan, pekerja

dilengkapi dengan alat pemantau perorangan (*monitoring devices*), melakukan mutasi pekerja, dan lain sebagainya.

b. Pengendalian secara administratif (*administrative control*)

Metode pengendalian ini merupakan suatu upaya penerapan peraturan-peraturan administrasi oleh perusahaan yang mengatur pekerja untuk membatasi waktu kontakannya dengan semua potensi bahaya dari faktor-faktor yang ada di lingkungan kerja. Pengendalian administratif di lingkungan kerja antara lain: penyesuaian waktu kerja, rotasi kerja, cara kerja yang tepat, pemeliharaan kesehatan yang baik dan kebersihan/higiene perorangan.

c. Penyediaan dan penggunaan alat-alat pelindung diri (*protective personal equipment*)

Alat pelindung diri (APD) merupakan alat yang digunakan oleh pekerja secara langsung untuk tujuan mengurangi risiko kecelakaan yang disebabkan oleh berbagai faktor yang terdapat di lingkungan kerja. Prinsip yang perlu dipahami dalam penggunaan APD adalah bahwa sesungguhnya alat pelindung diri dibutuhkan apabila semua bahaya yang berada di lingkungan kerja tidak dapat dikendalikan baik secara teknis maupun secara administratif.

Alat pelindung diri dapat dibagi ke dalam 2 (dua) kelompok besar antara lain:

- 1) Alat pelindung diri yang digunakan untuk pencegahan terhadap risiko kecelakaan kerja, yang lazim disebut Alat Pelindung Keselamatan Industri. Alat-alat pelindung yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah alat yang digunakan untuk perlindungan ke seluruh tubuh.
- 2) Alat pelindung diri yang digunakan untuk pencegahan terhadap timbulnya gangguan kesehatan atau penyakit akibat proses pekerjaan atau faktor-faktor yang ada di lingkungan tempat kerja. Kelompok ini disebut Alat Pelindung Kesehatan Industri.

C. Rangkuman

Penerapan higiene industri di tempat kerja memerlukan pemahaman yang baik terhadap 3 (tiga) prinsip dasar yaitu:

1. Pengenalan terhadap bahaya faktor-faktor lingkungan kerja
2. Penilaian/evaluasi terhadap bahaya faktor-faktor lingkungan kerja
3. Pengendalian terhadap bahaya faktor-faktor lingkungan kerja

BAB IV

PENGENALAN BAHAYA PAJANAN BENZENA DI LINGKUNGAN KERJA

A. Mengenali Karakteristik Benzena

Benzena ditemukan tahun 1825 oleh seorang ilmuwan asal Inggris yang bernama Michael Faraday, ia mengisolasi benzena dari gas minyak dan memberinya nama *bikarburet dari hidrogen*. Selanjutnya tahun 1833, ahli kimia Jerman yaitu Eilhard Mitscherlich menghasilkan benzena melalui distilasi asam benzoate (dari benzoin karet) dan kapur kemudian Mitscherlich menamainya dengan benzin. Pada tahun 1845, kimiawan Inggris, Charles Mansfield, yang sedang bekerja di bawah August Wilhelm von Hofmann, mengisolasi benzena dari tir (*coal tar*). Empat tahun kemudian, Mansfield memulai produksi benzena berskala besar pertama dengan metode tir tersebut.

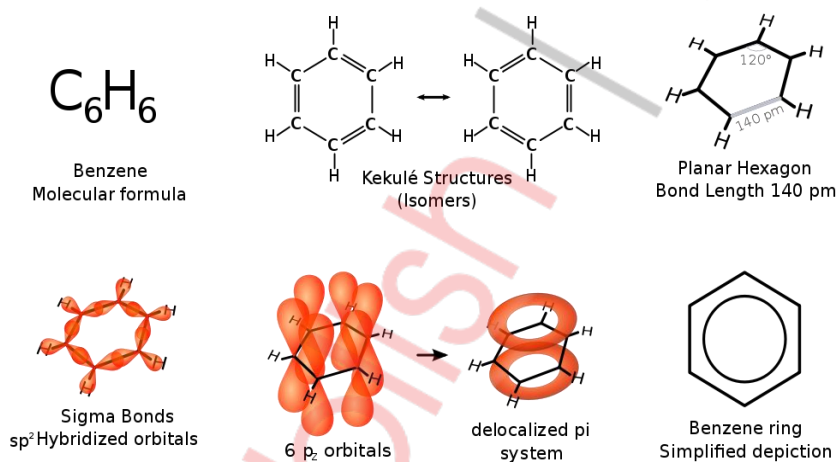
Benzena merupakan suatu senyawa kimia organik, tidak berwarna, dan mudah terbakar dengan bau yang khas (manis/harum). Adapun karakteristik fisik dan kimia dari benzena dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1
Karakteristik Fisik dan Kimia Benzena

No.	Karakteristik	Keterangan
1.	Rumus Kimia	C_6H_6
2.	Nama IUPAC	Benzena
3.	Nama Lain	Benzol, Sikloheksa-1,3,5-triena
4.	Nomor CAS	71-43-2
5.	Sinonim	Annulene, benzena (Dutch), benzena (Polish), benzol, benzole; benzolo (Italian), coal naphtha, cyclohexatriene, fenzen (Czech), phene, phenyl hydride, pyrobenzol, pyrobenzole.

No.	Karakteristik	Keterangan
6.	Berat Molekul	78.11 g/mol
7.	Bentuk Fisik	Cairan tidak berwarna
8.	Kerapatan	0,8787 g/cm ³ (15 °C)
9.	Titik Leleh	5,5 °C; 279 K; 42 °F
10.	Titik Didih	80,1 °C
11.	Kelarutan dalam air	0,8 g/L pada suhu 15 °C; 1,75 g/L pada suhu 25 °C
12.	Viskositas	0,652 Cp pada suhu 20 °C
13.	Batas ambang	1,5 ppm (5 mg/m ³)
14.	Tekanan uap	95,2 mmHg pada 25 °C; 75 mmHg pada 20 °C
15.	Faktor konversi	1 ppm = 3.24 mg/m ³ pada 20 °C; 1 mg/m ³ = 0.31 ppm; 1 mg/L = 313 ppm

Struktur Kimia:



Gambar 2.2 Struktur Kimia Benzena (Sumber: Anonim, 2018, <https://en.wikipedia.org/wiki/Benzene>)

B. Mengenali Sumber Paparan dan Pemanfaatan Benzene

Salah satu jenis pencemar udara yang merupakan senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) adalah benzene. PAH terbentuk akibat pembakaran yang tidak sempurna dari suatu bahan organik yang menyebar

pada lingkungan dan berbentuk campuran. Sumber utama pajanan PAH ke manusia berasal dari lingkungan pekerjaan, perokok pasif dan aktif, makanan dan air serta polusi udara (ATSDR, 2007).

Benzena dapat ditemukan dari sumber-sumber alami, seperti letusan gunung berapi, kebakaran hutan, minyak mentah, dan Bahan Bakar Minyak. Sebagian besar sumber pajanan benzena adalah berasal dari asap rokok, bengkel, pembakaran kendaraan bermotor dan emisi dari industri. Sumber pajanan yang lain berasal dari uap atau gas dari produk-produk yang mengandung benzena, seperti lem, cat, lilin pelapis peralatan rumah tangga dan sabun detergen. Sekitar 20% dari pajanan berasal dari knalpot dan emisi dari industri. Di Amerika Serikat, setengah dari sumber pajanan berasal dari asap rokok. Rata-rata jumlah asupan benzena yang terserap perokok (32 batang per hari) adalah sekitar 1,8 mg per hari. Jumlah tersebut lebih besar 10 kali lipat dibandingkan dengan rata-rata asupan benzena per hari dari orang yang tidak merokok (ATSDR, 2007).

Konsentrasi benzena akan ditemukan lebih tinggi di dalam dan di luar ruangan sekitar sumber emisi seperti Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU). Sumber utama yang berasal dari proses penguapan adalah penguapan dari BBM yang mengandung 1-5% Benzena (WHO, 1996).

Pekerja pada industri yang membuat atau menggunakan benzena (petrokimia, penyulingan minyak bumi, tambang batubara, pabrik ban, penyimpanan dan distribusi benzena, penyimpanan dan distribusi BBM yang mengandung benzena) dapat terpajan dengan konsentrasi yang tinggi. Pekerja lain yang juga dapat terpajan benzena adalah pekerja yang bekerja di tungku batubara pada industri baja, percetakan, pabrik sepatu, teknisi laboratorium, pemadam kebakaran, dan operator SPBU (ATSDR, 2007).

Di Amerika Serikat, benzena merupakan peringkat teratas dari 20 zat kimia terbanyak yang diproduksi. Benzena digunakan secara luas sebagai pelarut dan industri obat sebagai bahan baku atau bahan intermediet dalam pembuatan banyak senyawa kimia, juga sebagai zat adiktif pada bensin. Penggunaan utama benzena adalah untuk produksi etilbenzena, *cumene*, dan sikloheksan. Etil benzena (penggunaan 55% benzena yang diproduksi) adalah senyawa intermediet untuk pembentukan stirena, di mana digunakan untuk pembentukan plastic. *Cumene* (24%) digunakan untuk memproduksi fenol dan aseton. Fenol digunakan untuk membuat resin dan nylon sebagai serat sintetik, sedangkan aseton

digunakan sebagai pelarut dan industri obat. Sikloheksan (12%) digunakan untuk membuat nylon. Benzena juga digunakan dalam industri pembuatan sepatu dan industri percetakan dan merupakan salah satu komponen dalam bensin tanpa timbal untuk meningkatkan nilai oktan bensin, oleh karena itulah polusi udara yang disebabkan senyawa aromatik seperti benzena dalam bensin tanpa timbal meningkat (ATSDR, 2007).

C. Mengenali Tanda, Gejala dan Efek Terpajan Benzena

1. Tanda dan Gejala Terpajan Benzena di Lingkungan Kerja

Pekerja yang terpajan benzena dengan konsentrasi yang tinggi di lingkungan tempat dia bekerja akan dapat mengalami beberapa gejala di antaranya yaitu gejala kebingungan, euforia, dan gaya berjalan goyah seperti mau jatuh. Beberapa gejala tersebut biasa dikenal dengan istilah *Benzol jag* yang merupakan istilah yang biasa digunakan bagi para pekerja yang menerima pajanan benzena akut. Bergantung pada besarnya dosis, orang yang menelan benzena mungkin akan mengalami efek ini 30 sampai 60 menit setelah benzena tertelan. Dalam satu laporan kasus, dosis oral 10 ml menghasilkan hal yang mengejutkan, muntah, takikardia, pneumonitis, mengantuk, delirium, kejang, koma, dan kematian. Gejala lain termasuk iritasi bronkial dan laring setelah pajanan inhalasi. *Pulmonary edema* telah dilaporkan. Pajanan ingesti dapat menyebabkan nyeri sub sternal, batuk, suara serak, dan rasa terbakar pada mulut, faring, dan kerongkongan tak lama setelah konsumsi. Hal ini juga dapat menyebabkan sakit perut, mual, dan muntah (ATSDR, 2007).

Gejala awal pajanan kronis benzena sering tidak spesifik tetapi menunjukkan tanda yang bervariasi. Demam akibat infeksi atau manifestasi trombositopenia, seperti perdarahan diatesis dengan perdarahan dari gusi, hidung, kulit, saluran pencernaan, atau di tempat lain, kelelahan, dan anoreksia. Sebuah studi kohort pada tahun 1938 terhadap sekitar 300 pekerja pada industri percetakan yang menggunakan tinta pelarut dan pengencer berisi 75 sampai 80% benzena. Setelah diuji, 22 orang memiliki kelainan hematologi berat. Setelah dilakukan penghentian pajanan selama setahun terhadap pekerja, sebagian besar pasien pulih setelah pajanan berhenti (ATSDR, 2007).

Menurut Pudyoko (2010), gejala efek hematologis yang diakibatkan oleh pajanan benzena terdiri dari tiga tahap/tingkatan sebagai berikut:

a. Tahap pertama (tingkatan awal)

Pada tahap ini terjadi gangguan pembekuan darah yang disebabkan oleh terjadinya perubahan fungsi, morfologi dan jumlah trombosit, juga dapat menurunkan pembentukan semua komponen darah. Kondisi ini dapat sembuh sempurna (reversibel) jika terdiagnosis lebih awal dan segera diobati.

b. Tahap kedua (tingkatan lanjut)

Pada tahap ini terjadi hiperplastik yang kemudian diikuti dengan hipoplastik pada sumsum tulang, metabolisme besi terganggu, terjadi perdarahan sistemik. Untuk kondisi ini paparan lebih lanjut harus dihindari, dan diagnosis serta pengobatan harus cepat dan tepat. Dalam pemeriksaan jumlah eritrosit biasanya kurang dari 3,5 juta, leukosit kurang dari 4.500, dan jumlah trombosit menurun, besi meningkat. Bila tidak segera ditangani dapat berlanjut ke tahap ketiga.

c. Tahap ketiga

Pada tahap ini terjadi aplasi sumsum tulang yang progresif. Hal ini diakibatkan oleh adanya penekanan regenerasi (depresi) sumsum tulang dengan adanya kerusakan sel darah tepi, yang akhirnya akan mengakibatkan kelambatan daya regenerasi.

2. Efek Pajanan Benzena terhadap Kesehatan

a. Efek Pajanan Akut Benzena

Pajanan pada populasi umum yang mengakibatkan efek toksik akut biasanya berhubungan dengan kecelakaan dan penyalahgunaan benzena. Banyak kematian dan efek kesehatan yang serius terjadi akibat pajanan benzena yang disengaja karena mengendus lem dan lainnya dari produk yang mengandung benzena sebagai pelarut. Diperkirakan bahwa pajanan konsentrasi benzena dari sekitar 64.000 mg/m³ (20.000 ppm) untuk 5-10 menit dapat mengakibatkan kematian, 24.000 mg/m³ (7.500 ppm) selama 30 menit adalah berbahaya untuk kehidupan manusia, 4.800 mg/m³ (1.500 ppm) selama 60 menit menyebabkan gejala yang serius, 1.600 mg/m³ (500

ppm) selama 60 menit menyebabkan gejala penyakit, dan 160-480 mg/m³ (50-150 ppm) selama 5 jam menyebabkan sakit kepala, kelelahan, dan kelemahan, sementara 80 mg/m³ (25 ppm) selama 8 jam tanpa efek klinis. Tanda-tanda klinis toksisitas akut dari benzena termasuk depresi sistem saraf pusat (SSP), aritmia jantung, dan akhirnya sesak napas juga kegagalan pernapasan jika pajanan berada pada tingkat yang mematikan.

Dosis tunggal mematikan melalui pajanan oral yang akut diperkirakan 10 ml benzena (8,8 g). Tanda-tanda klinis toksisitas setelah pajanan oral akut yaitu muntah, mengantuk, kehilangan kesadaran, delirium, pneumonitis, depresi SSP, dan kolaps. Dosis oral tinggi tetapi subletal dapat menyebabkan satu atau lebih dari gejala berikut, seperti pusing, gangguan penglihatan, *euphoria*, eksitasi, pucat, kemerahan, sesak napas dan penyempitan dada, sakit kepala, kelelahan, mengantuk, dan takut datangnya kematian. Selain itu konsumsi benzena menyebabkan ulserasi gastrointestinal. Benzena dapat menyebabkan iritasi pada kulit karena benzena merupakan pelarut lemak yang dapat merusak kulit apabila terjadi pajanan berulang dan lama. Efek bila terkena cairan benzena adalah kulit terasa terbakar dan dapat menyebabkan eritema, dan edema pada kulit. Bila dihirup, benzena dapat mengiritasi lambung, menyebabkan mual, muntah, dan diare (ATSDR, 2007).

b. Efek Pajanan Kronis Benzena

Efek kesehatan yang paling signifikan dari pajanan benzena dalam jangka pendek dan jangka panjang adalah hematotoksitas, immunotoksitas, neurotoksisitas, dan karsinogenisitas. Selain itu tiga jenis efek terhadap sumsum tulang karena pajanan benzena, yaitu depresi sumsum tulang yang mengarah terjadinya anemia aplastik, perubahan kromosom, dan karsinogenisitas.

1) Depresi Sumsum Tulang-Anemia Aplastik (EHC 150, 1993)

Sebuah studi dari 32 pasien yang terpajan karena inhalasi benzena pada tingkat 480-2100 mg/m³ (150-650 ppm) selama 4 bulan sampai 15 bulan menunjukkan pansitopenia dengan hipoplasia, hiperplastik atau sumsum tulang normoblastik. Delapan dari 32 orang menunjukkan trombositopenia yang

mengakibatkan pendarahan dan infeksi. Pada pajanan kurang dari 32 mg/m^3 (10 ppm) tidak ada efek hematologi.

2) Efek Imunologi (IPCS EHC 150, 1993 & ATSDR 2007)

Studi terdahulu terhadap pekerja yang terpajan benzena, toluene, dan xilen, menunjukkan bahwa pajanan ketiga pelarut organik ini menyebabkan penurunan jumlah aglutinin, IgG dan immunoglobulin IgA, dan meningkatnya jumlah IgM. Penurunan jumlah immunoglobulin ini menunjukkan bahwa benzena dan pelarut organik lainnya mempunyai efek terhadap sistem imunologi. Pada studi lainnya juga ditemukan bahwa pajanan benzena dengan kadar tinggi menyebabkan penurunan jumlah limfosit T dalam darah.

3) Perubahan Kromosom (IPCS EHC 150, 1993)

Telah terbukti bahwa terkait efek kromosomal akibat pajanan benzena terhadap pekerja. Perubahan terjadi pada struktur dan jumlah kromosom, ini terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh Huff *et al.*, 1989, yang mengamati dengan konsisten terhadap limfosit dan sel-sel tulang sumsum pekerja yang terpajan benzena. Penelitian lain yang dilakukan oleh Forni *et al.*, 1971, mengamati efek yang sama yakni pada limfosit pekerja di sebuah pabrik rotogravure, di mana telah terpajan benzena tingkat sangat tinggi yaitu $400\text{-}1700 \text{ mg/m}^3$ (125-532 ppm) selama 1-22 tahun.

4) Efek Neurologi (ATSDR, 2007)

Setelah inhalasi akut pajanan benzena pada manusia, menunjukkan gejala terhadap efek sistem saraf pusat (Midzenski *et al.*, 1992). Gejala yang dapat terjadi pada tingkat konsentrasi antara 300-3000 ppm, di antaranya mengantuk, pusing, sakit kepala, vertigo, tremor, delirium, dan kehilangan kesadaran. Pada kondisi akut (5-10 menit) untuk konsentrasi benzena yang lebih tinggi (sekitar 20.000 ppm) dapat mengakibatkan kematian, terkait dengan terjadinya kemacetan pembuluh darah di otak (Avis & Hutton, 1993). Pada pajanan kronis benzena dilaporkan dapat mengakibatkan kelainan neurologis pada manusia. Sebuah studi pada 8 pasien (6 pasien dengan anemia aplastik dan 2

dengan preleukemia) akibat pajanan adhesive/perekat dan pemanfaatannya yang mengandung sebesar 9–88% benzena, menghasilkan 4 dari 6 pasien dengan anemia aplastik menunjukkan kelainan neurologis (atrofi global ekstermitas bawah dan neuropati distal ekstermitas atas) (Baslo & Aksoy, 1982). Temuan lain menyebutkan bahwa konsentrasi benzena di udara tempat kerja mencapai tingkat >210 ppm dapat menyebabkan efek toksik pada sistem saraf perifer yang melibatkan saraf dan atau sumsum tulang belakang.

5) Efek Karsinogenik (IPCS EHC 150, 1993)

Fakta bahwa benzena merupakan human leukaemogen telah dilakukan pada dalam sebuah studi epidemiologi dan kasus-kasus di mana sebagian besar terpajan di industri. Salah satu studi yang dilakukan oleh Aksoy & Erdem, 1978, mereka meneliti 44 pasien dengan pansitopenia akibat pajanan benzena adhesive (bahan perekat) pada tingkat pajanan sebesar 480-2100 mg/m³ (150-650 ppm) selama 4 bulan sampai 15 tahun membuktikan bahwa 6 dari 44 pasien tersebut terdiagnosis leukemia myeloid metaplasia. Dan masih banyak studi-studi lain yang sebagian besar menyimpulkan ada hubungan antara pajanan benzena dengan leukemia. Namun, salah satu studi yang dilakukan oleh Tsai *et al.*, 1983, mereka meneliti mengenai hubungan antara pajanan benzena dengan angka kematian pada 454 pekerja kilang minyak di Amerika Serikat antara tahun 1952 dan 1981 tidak menunjukkan kematian akibat leukemia.

Studi epidemiologi membuktikan adanya hubungan antara pajanan benzena yang berasal dari pelarut yang mengandung benzena dengan kejadian *acute myelogenous leukemia* (AML). Pengujian secara *in vivo* dan *in vitro* pada hewan dan manusia juga mengindikasikan benzena dan zat metabolitnya bersifat genotoksik, mengubah gen, perubahan kromosom pada limfosit, dan sel sumsum tulang. Kerusakan pada sistem imun juga terjadi pada pajanan benzena melalui inhalasi. Hal ini ditunjukkan oleh menurunnya jumlah antibodi dan menurunnya jumlah leukosit pada pekerja terpajan.

D. Rangkuman

Bahaya dari pajanan benzena yang berada di lingkungan kerja suatu perusahaan atau industri perlu diidentifikasi dan dikenali agar dapat menilai dengan tepat kadarnya di lingkungan kerja sehingga dapat dilakukan upaya pengendalian dan pencegahan yang tepat agar kesehatan dan keselamatan kerja pekerja dapat terjamin yang pada akhirnya akan mencapai produktivitas kerja perusahaan yang optimal. Secara ringkas, upaya identifikasi terhadap pajanan benzena di lingkungan perusahaan antara lain

1. Identifikasi karakteristik benzena. Benzena merupakan suatu senyawa kimia organik, tidak berwarna, dan mudah terbakar dengan bau yang khas (manis/harum).
2. Identifikasi sumber pajanan dan pemanfaatan benzene. Benzena dapat ditemukan dari sumber-sumber alami, misalnya letusan gunung berapi, kebakaran hutan, minyak mentah, dan Bahan Bakar Minyak. Sebagian besar sumber pajanan benzena adalah berasal dari asap rokok, bengkel, pembakaran kendaraan bermotor dan emisi dari industri. Sumber pajanan yang lain berasal dari uap atau gas dari produk-produk yang mengandung benzena, seperti lem, cat, lilin pelapis peralatan rumah tangga dan sabun detergen.
3. Identifikasi tanda, gejala dan efek terpajan benzene. Pekerja yang terpajan benzena dengan konsentrasi yang tinggi di lingkungan tempat dia bekerja akan dapat mengalami beberapa gejala di antaranya yaitu gejala kebingungan, euforia, dan gaya berjalan goyah seperti mau jatuh. Efek terpajan benzena meliputi efek akut dan efek kronis.

BAB V

PENILAIAN BAHAYA PAJANAN BENZENA DI LINGKUNGAN KERJA

A. Nilai Ambang Batas Paparan Benzena

Terdapat beberapa standar dan peraturan yang bersifat nasional dan internasional yang dapat digunakan dalam mengatur nilai ambang batas paparan benzena di dalam suatu lingkungan kerja. Di Indonesia standar yang telah ditetapkan untuk Nilai Ambang Batas (NAB) terhadap faktor-faktor lingkungan kerja yang meliputi faktor fisika, kimia, biologi, ergonomi dan psikososial di tempat kerja terdapat dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja yang menggantikan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja. Dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 menyatakan bahwa benzena diklasifikasikan dalam kelompok A1 (zat kimia yang terbukti karsinogen untuk manusia) memiliki NAB sebesar 0,5 ppm dan memiliki PSD (Paparan Singkat yang Diperkenankan) sebesar 2,5 ppm.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) mengeluarkan nilai standar batas ambang paparan benzena (PEL/*Permissible Exposure Limit*) yang diperbolehkan adalah 1 ppm untuk paparan selama 8 jam kerja dan 5 ppm untuk paparan dalam jangka waktu pendek (STEL/*Short Term Exposure Limit*) kurang dari 15 menit. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) menetapkan batas paparan benzena untuk TWA/*Time Weighted Average* adalah 0,1 ppm dan untuk nilai ambang batas paparan singkat atau *Short Term Exposure Limit* (STEL) sebesar 1 ppm, NIOSH juga mengklasifikasikan benzena sebagai karsinogen (NIOSH, 2008).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) *Threshold limit Values* (TLV) atau disingkat TLV-ACGIH menetapkan batas pajanan benzena untuk TWA/*Time Weighted Average* adalah 0.5 ppm (1.6 mg/m^3) dan untuk nilai ambang batas pajanan singkat atau *Short Term Exposure Limit* (STEL) sebesar 2,5 ppm (8 mg/m^3), ACGIH juga mengklasifikasikan benzena sebagai karsinogen bagi manusia (A1) (TLV-ACGIH, 2011).

Perusahaan atau industri yang menggunakan benzena dalam proses produksinya dapat menggunakan standar tersebut untuk menilai pajanan benzena dalam lingkungan kerjanya. Penggunaan standar tersebut sangat penting dalam menentukan program pengendalian yang tepat untuk mencegah terjadinya gangguan kesehatan atau penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh pajanan benzena. Apabila gangguan kesehatan atau penyakit akibat kerja dapat dicegah atau diminimalisir peluang terjadinya maka tentunya akan membawa tenaga kerja dan perusahaan tersebut ke arah yang produktif dan derajat kesehatan yang optimal.

B. Biomarker Pajanan Benzena

Suatu perusahaan atau industri yang menggunakan atau memproduksi bahan kimia, khususnya benzena sangat disarankan agar tenaga kerja yang berinteraksi dengan bahan kimia benzena dilakukan pemeriksaan dengan mengambil sampel biologinya yang biasa dikenal sebagai *biomarker*. Hal ini perlu dilakukan agar dapat dilakukan langkah pencegahan berupa diagnosis dini (*early diagnosis*) terhadap efek pajanan bahan kimia tertentu, dalam hal ini adalah benzena yang telah digunakan dalam proses produksi suatu perusahaan/industri.

Biomarker didefinisikan sebagai penanda indikator suatu peristiwa dalam sistem biologi atau sampel. *Biomarker* telah diklasifikasikan sebagai penanda pajanan, penanda efek, dan tanda kerentanan (ATSDR, 2007).

WHO telah menyebutkan bahwa *biomarker* yang dapat dijadikan indikator pajanan benzena yaitu benzena dalam darah, benzena dalam urine, benzena dalam udara pernapasan, *phenol* dalam urine, *catechol* dalam urine, *hydroquinon* dalam urine, *1,2,4 trihydroxibenzene* dalam urine, *phenylmercapturic acid* dalam urine, dan asam *trans,trans-muconic* dalam urine.

Pengukuran fenol dalam urine telah digunakan untuk pemantauan pajanan benzena (OSHA, 1987), dan tingkat fenol dalam urine tampaknya berkorelasi dengan tingkat pajanan. Efek pajanan cenderung signifikan untuk asam *trans, trans-muconic* dalam urine dan kadar asam *phenylmercapturic* pada subjek di suatu tempat kerja yang terpajan pada tingkat paparan < 1 ppm (Qu *et al.*, 2005 dalam ATSDR, 2007). American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) telah menetapkan 25 µg *phenylmercapturic acid*/g kreatinin dalam urine dan 500 µg *trans, trans-muconic acid*/g kreatinin dalam urine sebagai *Biological Exposure Indices* (BEIs) untuk pajanan benzena di tempat kerja (ACGIH, 2006).

Dari semua metabolit *benzene* yang dapat ditemukan di dalam urine, *trans, trans-muconic acid* (ttMA) dan *S-phenylmercapturic acid* (SPMA) merupakan metabolit yang paling sensitif dan spesifik untuk pajanan *benzene* karena dapat terdeteksi di dalam urine untuk pajanan *benzene* dengan konsentrasi di bawah 1 ppm (Fang *et al.*, 2000), akan tetapi SPMA merupakan metabolit yang spesifik hanya untuk paparan *benzene* secara akut (Waidyanatha *et al.*, 2004; ATSDR, 2007; Kirkeleit, 2007).

Benzene dalam urine serta metabolitnya direkomendasikan sebagai pilihan *biomarker* yang baik untuk paparan *benzene* dengan konsentrasi di bawah 1 ppm karena lebih sensitif dan spesifik. Berbeda dengan *benzene* dalam darah, waktu yang dibutuhkan untuk pengambilan sampel dari urine dapat lebih lama dibandingkan dengan pengambilan sampel dari darah (Kirkeleit, 2007).

C. Pengukuran dan Monitoring Benzena

Dalam melakukan pengukuran pajanan benzena di lingkungan kerja suatu perusahaan/industri, terdapat beberapa metode pengukuran termasuk benzena yang terdapat di udara lingkungan maupun benzena yang masuk ke dalam tubuh. OSHA merekomendasikan pengukuran pajanan benzena di udara tempat kerja dengan menggunakan tabung sorbent arang teraktivasi, dilakukan desorpsi dengan karbon disulfide (CS), kemudian dianalisis dengan gas kromatografi menggunakan detektor ionisasi sinar, *Flame Ionization Detector* (FID). Sedangkan NIOSH merekomendasikan pengumpulan melalui kantung udara, selanjutnya dianalisis dengan

kromatografi gas portabel menggunakan detektor fotoionisasi. Untuk metode penentuan benzena di udara didapat dari metode NIOSH 1501.

Metode yang tersedia untuk penentuan benzena di udara, sedimen air, tanah, makanan, asap rokok, dan minyak bumi dan produk minyak bumi sebagian besar melibatkan pemisahan dengan *Gas Chromatography* (GC) yang dideteksi melalui *Flame Ionization* nyala (*FID*) atau *Photoionization* (*PID*) atau dengan *Mass Spectrometry* (*MS*). Pengukuran benzena di udara (ambians dan tempat kerja) biasanya melibatkan langkah prekonsentrasi di mana sampel dilewatkan melalui sebuah penyerap padat. Umumnya adsorben yang digunakan adalah resin Tenax², silica gel, dan karbon aktif. Prekonsentrasi benzena juga bisa dilakukan dengan perangkat kriogenik langsung pada kolom.

Teknik GC/*FID* atau GC/*PID* memiliki batas deteksi yang rendah, dari konsentrasi rendah dalam satuan ppb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sampai konsentrasi rendah dalam satuan ppt (Ng/m^3). Sedangkan metode GC/*MS* memiliki batas deteksi konsentrasi yang rendah dalam satuan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Meskipun GC/*FID* dan GC/*PID* memberikan sensitivitas lebih besar dari GC/*MS*, namun teknik GC/*MS* umumnya dianggap lebih andal untuk pengukuran benzena pada sampel yang mengandung beberapa komponen yang memiliki karakteristik yang serupa. *Atomic Line Molecular Spectrometry* (ALMS) telah dikembangkan untuk memantau benzena dan senyawa organik lainnya pada udara ambians. Batas deteksi adalah $800 \mu\text{g}/\text{m}$ (250 ppb).

Benzena di lingkungan tempat kerja juga dapat diukur dengan instrumen portabel yang dapat langsung dibaca misalnya dengan menggunakan *Real-Time Continous Monitoring Systems* dan *Passive Dosimeters* yang memiliki kepekaan jangkauan dalam ppm (mg/m^3). Di Amerika Serikat, prosedur penggunaan *Charcoal* yang diikuti dengan analisis GC/*MS* adalah prosedur yang sensitif yang menjadi pilihan untuk pengukuran benzena di udara. Benzena dalam media air, tanah, endapan, dan makanan diisolasi melalui metode *Purge and Trap*, yang kemudian dianalisis dengan metode GC/*MS*, GC/*FID* atau GC/*PID*. Gas inert seperti nitrogen digunakan untuk membersihkan sampel, benzena terjebak pada zat pengabsorpsi seperti Tenax R atau arang aktif, kemudian diikuti oleh desorpsi termal. Sensitivitas dari metode ini dapat mendeteksi pada konsentrasi rendah dalam satuan mg/liter (IPCS EHC 150, 1993).

Metode lain juga tersedia untuk mendeteksi benzena di media lingkungan lain seperti asap rokok, bensin, dan bahan bakar jet serta asapnya. Pemisahan dan pendeteksian dengan teknik *HPLC/UV*, *GC/FID*, dan *GC/MS* telah digunakan untuk analisis ini. Sensitivitas dan keandalan metode ini tidak dapat dibandingkan karena kurangnya data (ATSDR, 2007).

Benzene dalam urine serta metabolitnya direkomendasikan sebagai pilihan *biomarker* yang baik untuk paparan *benzene* dengan konsentrasi di bawah 1 ppm karena lebih sensitif dan spesifik. *trans, trans-Muconic Acid* (ttMA) merupakan hasil oksidasi dari senyawa *muconaldehyde* (MUC). *Muconaldehyde* merupakan senyawa dialdehid dengan enam rantai karbon yang diperkirakan merupakan penyebab daya racun *benzene* terhadap sumsum tulang. Metabolisme *benzene* menjadi MUC merupakan langkah pertama terbentuknya senyawa ttMA dalam urine. Pada dosis rendah, konsentrasi ttMA ditemukan berhubungan secara linear antara konsentrasi paparan *benzene* dengan waktu (Yuni, 2010). Ekskresi ttMA dalam urine berada pada puncaknya setelah paparan, dengan waktu paruh beberapa jam sehingga sampel urine harus segera dikumpulkan setelah paparan terjadi (WHO, 1996; Melikian *et al.*, 1999; Fang *et al.*, 2000; Weaver *et al.*, 2000).

ttMA (*trans, trans-muconic acid*) dalam urine sebagai *biomarker* dapat ditentukan dengan metode *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) dan *Liquid Chromatography-Mass Spectrometry* (LC-MS) (Sungkyoon *et al.*, 2006; Zuliyawan, 2010).

D. Rangkuman

Perusahaan atau industri yang menggunakan benzena dalam proses produksinya dapat menggunakan nilai standar yang ditetapkan oleh pemerintah setempat untuk menilai pajanan benzena dalam lingkungan kerjanya. Penggunaan standar tersebut sangat penting dalam menentukan program pengendalian yang tepat untuk mencegah terjadinya gangguan kesehatan atau penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh pajanan benzena.

Dalam melakukan pengukuran pajanan benzena di lingkungan kerja suatu perusahaan/industri, terdapat beberapa metode pengukuran termasuk

benzena yang terdapat di udara lingkungan maupun benzena yang masuk ke dalam tubuh. OSHA merekomendasikan pengukuran pajanan benzena di udara tempat kerja dengan menggunakan tabung sorbent arang teraktivasi, dilakukan desorpsi dengan karbon disulfide (CS), kemudian dianalisis dengan gas kromatografi menggunakan detektor ionisasi sinar, *Flame Ionization Detector* (FID). Sedangkan NIOSH merekomendasikan pengumpulan melalui kantung udara, selanjutnya dianalisis dengan kromatografi gas portabel menggunakan detektor fotoionisasi.

Metode yang tersedia untuk penentuan benzena di udara, sedimen air, tanah, makanan, asap rokok, dan minyak bumi dan produk minyak bumi sebagian besar melibatkan pemisahan dengan *Gas Chromatography* (GC) yang dideteksi melalui *Flame Ionization* nyala (FID) atau *Photoionization* (PID) atau dengan *Mass Spectrometry* (MS).

BAB VI

PENGENDALIAN BAHAYA PAJANAN BENZENA DI LINGKUNGAN KERJA

A. Pendahuluan

Pengendalian bahaya dari faktor-faktor lingkungan kerja bertujuan untuk menciptakan atau memelihara kondisi lingkungan kerja agar tetap sehat dan aman atau memenuhi persyaratan kesehatan dan norma keselamatan sehingga tenaga kerja dapat terbebas dari ancaman gangguan kesehatan yakni penyakit akibat kerja dan keamanan/keselamatan yakni kecelakaan akibat kerja.

Secara umum pengendalian bahaya dari faktor lingkungan kerja dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara utama yaitu Pengendalian terhadap lingkungan dan Pengendalian terhadap orang atau pekerja. Namun bila kita mengacu pada konsep hierarki program pengendalian bahaya faktor lingkungan kerja, maka langkah pengendaliannya sebagai berikut:

1. Eliminasi
2. Substitusi
3. Pengendalian teknis
4. Pengendalian Administratif
5. Penyediaan dan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)

B. Upaya Pengendalian Bahaya Paparan Benzena

Telah diuraikan sebelumnya bahwa paparan benzena lingkungan kerja terhadap pekerja yang berada di lingkungan tempat kerja yang menggunakan benzena dalam proses produksinya sangat berisiko untuk memberikan efek gangguan kesehatan dari pekerja baik yang sifatnya akut maupun kronik. Dampak dari terjadinya gangguan kesehatan kepada pekerja tersebut bukan hanya mengurangi produktivitas dari pekerja yang bersangkutan tetapi juga dapat menurunkan produktivitas dari

perusahaan/industri tersebut. Oleh karena itu, upaya pengendalian bahaya pajanan benzena sangat perlu untuk dilakukan.

Tujuan dari hierarki pengendalian risiko atas pajanan dari industri benzena ini yaitu untuk menyediakan suatu pendekatan yang sistematis guna peningkatan status kesehatan dan keselamatan para pekerja yang terpajan oleh benzena dalam proses pekerjaannya. Dalam hierarki pengendalian bahaya, pengendalian yang lebih atas disepakati lebih efektif daripada pengendalian yang lebih bawah. Namun, kita dapat mengkombinasikan beberapa pengendalian risiko dengan tujuan agar lebih berhasil dalam mengurangi risiko terkait dengan kesehatan dan keselamatan kerja kepada level yang serendah mungkin yang dapat dikerjakan dengan pertimbangan (*as low as reasonably practicable*).

Berikut akan diuraikan secara singkat pengendalian bahaya pajanan benzena berdasarkan konsep hierarki dari ISO 45001 tahun 2018:

1. Eliminasi

Eliminasi dapat diartikan sebagai upaya untuk menghilangkan sumber bahaya. Contoh upaya eliminasi secara umum di tempat kerja, antara lain: berhenti menggunakan zat kimia beracun, menerapkan pendekatan ergonomis ketika merencanakan tempat kerja baru, mengeliminasi pekerjaan yang monoton yang bisa menghilangkan *stress* negatif, menghilangkan aktivitas *forklift* dari sebuah area, menghilangkan tumpahan minyak atau oli yang berada di lantai kerja bengkel dan lain sebagainya.

Pada industri yang menggunakan benzena seperti SPBU maupun industri minyak, agak sulit untuk menerapkan upaya eliminasi ini secara langsung. Namun pada industri sepatu yang sumber bahayanya dari lem masih dapat dilakukan dengan berhenti menggunakan lem yang mengandung benzena ataupun bahan kimia lainnya.

2. Substitusi

Substitusi dapat diartikan juga sebagai upaya untuk mengganti sesuatu yang berbahaya dengan sesuatu yang memiliki bahaya yang lebih sedikit. Contoh upaya substitusi ditempat kerja, antara lain: mengganti cat dari berbasis solven (misalnya benzena) ke berbasis air, mengganti lantai yang berbahan licin ke yang tidak licin, menurunkan voltase dari sebuah peralatan dan lain sebagainya.

3. Rekayasa Teknis dan Reorganisasi Pekerjaan

Upaya rekayasa teknik dan reorganisasi dari pekerjaan merupakan tahapan upaya untuk memberikan perlindungan pekerja secara kolektif. Contoh perlindungan dalam rekayasa teknik dan reorganisasi pekerjaan secara umum di tempat kerja, antara lain yaitu: pemberian pelindung pada mesin, penerapan sistem ventilasi (misalnya pemasangan *exhauster fan*, AC dsb.), mengurangi bising (memasang peredam pada mesin atau pada dinding tempat kerja, dsb.), perlindungan melawan ketinggian, mengorganisasi pekerjaan untuk melindungi pekerja dari bahaya bekerja sendiri, jam kerja dan beban kerja yang tidak sehat.

4. Pengendalian Administratif

Pengendalian administrasi adalah upaya pengendalian risiko dan bahaya melalui penerapan peraturan-peraturan terkait dengan keselamatan dan kesehatan kerja yang dibuat oleh unit tempat kerja. Contoh pengendalian administrasi adalah melaksanakan inspeksi keselamatan terhadap peralatan kerja secara periodik, melaksanakan pelatihan, mengatur keselamatan dan kesehatan kerja pada aktivitas kontraktor, melaksanakan *safety induction*, memastikan operator *forklift* sudah mendapatkan lisensi yang diwajibkan, menyediakan instruksi kerja untuk melaporkan kecelakaan, mengganti shift kerja, menempatkan pekerja sesuai dengan kemampuan dan risiko pekerjaan (misalnya terkait dengan pendengaran, gangguan pernapasan, gangguan kulit), serta memberikan instruksi terkait dengan akses kontrol pada sebuah area kerja.

5. Penyediaan dan Penggunaan Alat Pelindung Diri

Alat pelindung diri menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 8 Tahun 2010 adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya di tempat kerja. Contoh Alat Pelindung Diri adalah baju, masker, sepatu keselamatan, kacamata keselamatan, perlindungan pendengaran dan sarung tangan.

Menurut OSHA (Occupational Safety and Health Association), alat pelindung diri seperti sarung tangan, pelindung mata dan kaki, alat-alat pelindung pendengaran, topi keras, respirator, dan baju pelindung seluruh

tubuh digunakan untuk meminimalisasi berbagai macam paparan bahaya di lingkungan tempat kerja. Penggunaan APD dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit dan cedera akibat kerja merupakan pilihan terakhir apabila pengendalian secara teknis (*engineering control*) dan administrasi (*administrative control*) telah dilakukan namun belum dapat secara maksimal atau memadai dalam meminimalisasi risiko bahaya. Pemakaian alat pelindung diri harus disesuaikan dengan lingkungan kerja agar memberikan perlindungan yang efektif dan tidak mengganggu pekerjaan. Menurut OSHA, pemilihan alat pelindung diri, semua pakaian APD dan peralatan harus aman, desain konstruksi, *fashionable*, serta harus dipelihara di tempat yang bersih.

Alat pelindung pernapasan berfungsi untuk memberikan perlindungan terhadap sumber-sumber bahaya di udara tempat kerja, seperti kekurangan oksigen, pencemaran oleh partikel, dan pencemaran oleh gas atau uap. Ada tiga jenis alat pelindung diri pernapasan, yaitu: 1) respirator yang bersifat memurnikan udara, 2) respirator yang dihubungkan dengan suplai udara bersih, dan 3) respirator pemasok oksigen. Sebelum memilih alat pelindung pernapasan yang sesuai, ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan (Nedved, Milos, 1991):

- a. Sifat bahaya (partikulat, gas, uap, dan lain-lain)
- b. Cukup tanda-tanda adanya zat tercemar
- c. Kadar zat pencemar
- d. Kegawatan bahaya (akibat bila alat pernapasan tidak berfungsi)
- e. Lamanya (panjangnya waktu dalam lingkungan yang tercemar)
- f. Lokasi (sehubungan dengan sumber udara segar)
- g. Jalan (ke dan dari tempat yang tercemar)
- h. Aktivitas pemakai yang diperkirakan (kekuatan fisiknya)
- i. Mobilitas pemakai
- j. Pasnya pada muka dan kenyamanan

Untuk paparan inhalasi benzena dengan konsentrasi ≤ 10 ppm, 50 ppm, dan 100 ppm tipe masker pelindung pernapasan yang digunakan berturut-turut adalah *half mask respirator with organic vapor cartridge*, *full facepiece with organic vapor cartridge*, dan *full facepiece powered with organic vapor cartridge* (Gunawan, 2000, dalam Zuliawan, 2010).

C. Rangkuman

Secara umum pengendalian bahaya dari pajanan benzena di lingkungan kerja perusahaan atau industri yang menggunakan benzena dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara utama yaitu Pengendalian terhadap lingkungan dan Pengendalian terhadap orang atau pekerja. Namun bila kita mengacu pada konsep hierarki program pengendalian bahaya faktor lingkungan kerja, maka langkah pengendaliannya adalah Eliminasi, Substitusi, Pengendalian Teknis, Pengendalian Administratif, Penyediaan dan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).

BAB VII

KAJIAN TENTANG PENGARUH KADAR BENZENA TERHADAP GEJALA GANGGUAN KESEHATAN PEKERJA SPBU PERTAMINA

A. Pendahuluan

Tujuan pembangunan di Indonesia adalah peningkatan kesadaran, kemauan dan kemampuan hidup sehat bagi setiap warga negara agar terwujud derajat kesehatan optimal yang pada akhirnya akan meningkatkan kualitas hidup sumber daya manusia. Untuk mencapai peningkatan kualitas hidup yang optimal, manusia perlu bekerja dan berkarya. Dalam melaksanakan pekerjaan dan karyanya, agar kinerjanya dapat optimal maka diperlukan suatu upaya bagi pemeliharaan kesehatan jasmani dan rohani. Salah satu upaya yang dapat dilaksanakan adalah upaya kesehatan dan keselamatan kerja yang merupakan kebutuhan pokok bagi para pekerja, dan juga masyarakat di sekitar atau yang dapat terkena dampak dalam bekerja. Kesehatan kerja merupakan spesialisasi dalam ilmu kesehatan beserta praktiknya yang bertujuan agar pekerja atau masyarakat pekerja memperoleh status kesehatan yang optimal, baik secara fisik, mental, emosional maupun sosial melalui usaha-usaha promotif, preventif, kuratif dan rehabilitatif terhadap penyakit atau gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh faktor-faktor pekerjaan dan lingkungan kerja serta terhadap penyakit-penyakit umum (Suma'mur, 2014).

Dalam pekerjaan sehari-hari, pekerja akan terpajan dengan risiko bahaya di tempat kerjanya. Risiko ini bervariasi mulai dari yang paling ringan sampai yang paling berat tergantung jenis pekerjaannya. Data International Labor Organization (ILO) tahun 2018 menunjukkan bahwa setiap tahun terdapat 2,4 juta orang di dunia meninggal akibat penyakit akibat kerja. Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI

melaporkan sebanyak 40.694 kasus penyakit akibat kerja. Sebagian besar dari jumlah penduduk Indonesia merupakan masyarakat pekerja, oleh karena itu perlu peningkatan kesehatan dan keselamatan pada pekerja agar kesehatan dan produktivitas pekerja dapat ditingkatkan (Kementerian Kesehatan RI, 2015). WHO mengestimasi bahwa terdapat lebih dari 25% beban penyakit berhubungan dengan faktor lingkungan termasuk akibat pajanan bahan kimia yang beracun dan berbahaya. Setiap tahun kasus keracunan yang tidak disengaja juga telah membunuh sekitar 355.000 orang dan dua pertiga dari mereka terjadi di negara-negara berkembang, di mana keracunan tersebut sangat terkait dengan pajanan yang tidak memenuhi syarat ambang batas. Salah satu bahan kimia beracun tersebut adalah benzena yang banyak digunakan oleh industri (WHO, 2010). Benzena merupakan zat kimia industri penting yang diketahui dapat menyebabkan *hematotoxicity* dan leukemia pada manusia (NIOSH, 2007).

Stasiun pengisian bahan bakar merupakan sumber utama dari beberapa senyawa organik yang mudah menguap termasuk di dalamnya benzene. Petugas stasiun pengisian bahan bakar secara kronis terpapar benzena melalui penghirupan bensin yang mudah menguap dari proses pengisian bahan bakar kendaraan (Singaraju *et al.*, 2012). Hal ini terjadi bukan hanya pada petugas stasiun pengisian bahan bakar tapi pada setiap orang yang mengalami keterpaparan benzena (Valavanidis *et al.*, 2013).

Benzena merupakan konstituen bensin yang digunakan untuk meningkatkan nilai oktan dan salah satu kontaminan utama lingkungan. Benzene diklasifikasikan sebagai kategori 1A karsinogen oleh Uni Eropa (EU) dan kelompok 1 karsinogen manusia oleh *International Association Research of Cancer* (IARC). Keterpaparan terhadap benzene lebih lanjut dapat menyebabkan penyakit hematologis seperti leukemia dan sindrom *myelodysplastic* (Fenga *et al.*, 2016). Orang-orang yang bekerja di tempat dengan konsentrasi benzena tinggi memiliki ketidaknyamanan fisik dan perubahan tingkat enzim darah mereka (Mahmood *et al.*, 2011). Gejala umum keracunan benzena yaitu sakit kepala, pusing dan kelelahan (Tunsaringkarn *et al.*, 2012). Hasil penelitian Bing Xia, dkk. di Guangxia, China menunjukkan bahwa Berat Rata-rata BTEX di area perkantoran secara signifikan lebih rendah daripada di daerah pengisian bahan bakar ($p < 0,05$) (Xia *et al.*, 2017). Sementara hasil penelitian yang dilakukan Pudyoko (2010) pada pekerja instalasi BBM di Semarang, mendapatkan

hasil konsentrasi uap benzena di udara ambiens instalasi BBM Semarang melebihi nilai ambang batas yang ditetapkan pemerintah.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menyebutkan bahwa jumlah SPBU per 28 Juni 2017 sebanyak 5.389 unit dan PT Pertamina masih akan melakukan pembangunan SPBU dengan target 8.150 unit di seluruh Indonesia hingga tahun 2025. Hal tersebut sangat berpotensi besar dapat meningkatkan pajanan benzena pada pekerja maupun masyarakat sekitar SPBU. Apabila pajanan benzena yang berasal dari BBM SPBU tidak dapat dikurangi maka akan dapat mengakibatkan peningkatan risiko gangguan kesehatan pada pekerja berupa gangguan hematologis. Hasil survei awal yang telah dilakukan di SPBU Pertamina Kota Makassar yang mempekerjakan sebanyak 30 orang ditemukan bahwa sebagian besar tidak menggunakan APD dan mengeluh mengalami sakit kepala, pusing, mata berkunang-kunang, kurang nafsu makan, dan perasaan mual selama 1 minggu dan 1 tahun terakhir. Gejala-gejala tersebut diduga merupakan gejala awal dari dampak akibat pajanan benzena.

Berdasarkan permasalahan tersebut, kajian ini ditujukan untuk mengetahui pengaruh kadar benzena terhadap gejala gangguan kesehatan pekerja SPBU Pertamina.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis metode observasional analitik dengan rancangan *Cross Sectional Study* yang dilakukan pada SPBU Pertamina di Kota Makassar. Untuk pengukuran dan analisis kadar benzena lingkungan kerja bekerja sama dengan petugas Laboratorium Balai Besar K3 Sulawesi Selatan. Untuk pemeriksaan profil hematologi pekerja dilakukan di Laboratorium Klinik Prodia Makassar.

Pengumpulan data penelitian ini diawali dengan mengajukan izin penelitian kepada Pimpinan SPBU Pertamina yang ada di Kota Makassar untuk mendapatkan data sekunder tentang jumlah SPBU dan jumlah pekerja (operator SPBU) milik Pertamina yang ada di Kota Makassar. Selanjutnya untuk pengambilan data primer, total sebanyak 30 orang pekerja SPBU Pertamina COCO (*Company Owned Company Operated*) diminta kesediaannya terlebih dahulu untuk berpartisipasi yang dibuktikan dengan penandatanganan lembar *informed consent*. Instrumen penelitian

menggunakan kuesioner, lembar observasi, peralatan pengukur benzena di lingkungan kerja dan peralatan pengukur profil hematologi.

Analisis data penelitian dilakukan secara statistik deskriptif dan statistik analitik. Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik responden dari berbagai aspek yang mempengaruhi variabel penelitian. Analisis deskriptif dinyatakan dalam nilai frekuensi, nilai mean, nilai maksimum dan nilai minimum. Untuk mengetahui pengaruh kadar benzena terhadap gejala gangguan kesehatan pekerja SPBU Pertamina analisis data dilakukan menggunakan uji korelasi.

C. Hasil Penelitian

Jumlah sampel awal dalam penelitian ini sebanyak 30 orang. Namun, penelitian ini hanya berhasil mengambil operator SPBU sebagai subjek penelitian sebanyak 29 orang, karena terdapat 1 orang yang tidak bersedia diambil sebagai sampel. Unit pemeriksaan pada sampel dalam penelitian ini berupa darah dari responden dan udara lingkungan kerja SPBU Pertamina Kota Makassar.

Data-data hasil penelitian yang diperoleh diolah dan dianalisis melalui dua tahap analisis statistik, yaitu analisis univariat dan analisis bivariat sesuai dengan tujuan penelitian. Selanjutnya, hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel yang dilengkapi dengan penjelasan. Adapun variabel dependen dalam penelitian ini adalah Keluhan kesehatan dan Profil Hematologi yang meliputi Kadar Hb, Hematokrit, Eritrosit, MCV, MCH, MCHC, RDW-CV, Trombosit, Leukosit, Basofil, Eosinofil, Neutrofil, Limfosit, Monosit dan LED (Laju Endap Darah) sedangkan variabel independen adalah Kadar Benzena Lingkungan Kerja.

1. Analisis Univariat

Analisis univariat merupakan analisis yang dilakukan untuk satu variabel. Analisis univariat terdiri dari Karakteristik Responden (umur, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan merokok, status gizi dan keluhan kesehatan pekerja), kadar benzena, dan profil hematologi yang meliputi kadar Hb, hematokrit, eritrosit, MCV, MCH, MCHC, RDW-CV, trombosit, leukosit, basofil, eosinofil, neutrofil, limfosit, monosit dan LED (Laju Endap Darah). Adapun penyajian hasil analisisnya sebagai berikut:

a. Karakteristik Responden

Responden dalam penelitian ini adalah operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar. Adapun distribusi karakteristik responden penelitian ini terdapat pada tabel 7.1 sebagai berikut:

Tabel 7.1
Distribusi Karakteristik Responden di SPBU Pertamina
Kota Makassar

Karakteristik Responden	n=29	%=100
Kelompok Umur		
20–30 tahun	18	62,1
31–41 tahun	10	34,5
>41 tahun	1	3,4
Jenis Kelamin		
Laki-Laki	22	75,9
Perempuan	7	24,1
Masa Kerja		
≤ 5 tahun	17	58,7
6–10 tahun	7	24,1
11–15 tahun	5	17,2
Kebiasaan Merokok		
Merokok	13	44,8
Tidak Merokok	16	55,2
Status Gizi		
Kurus	5	17,2
Normal	17	58,7
Gemuk	7	24,1
Keluhan Kesehatan Pekerja		
Keluhan Ringan	18	62,1
Keluhan Berat	11	37,9

Tabel 7.1 menunjukkan bahwa proporsi kelompok umur terbesar berada pada kelompok umur 20–30 tahun sebanyak 62,1%, sedangkan distribusi proporsi kelompok umur terendah pada ≥ 41 tahun sebanyak 3,4%. Untuk proporsi jenis kelamin terbanyak sebagai operator pengisian BBM SPBU adalah laki-laki sebanyak 75,9%. Proporsi operator pengisian BBM SPBU yang memiliki masa kerja paling banyak pada kategori ≤ 5 tahun sebanyak 58,7% dan proporsi paling sedikit pada kategori 11–15 tahun sebesar

17,2%. Proporsi operator pengisian BBM SPBU lebih banyak yang memiliki kebiasaan tidak merokok yakni 55,2%. Untuk proporsi operator pengisian BBM SPBU yang memiliki status gizi paling banyak pada kategori normal sebanyak 58,7% dan paling sedikit pada kategori kurus sebanyak 17,2% dan untuk proporsi operator pengisian BBM SPBU yang merasakan ada keluhan kesehatan kategori ringan selama 1 tahun terakhir bekerja terdapat sebanyak 62,1% sedangkan yang mengalami keluhan kesehatan kategori berat sebanyak 37,9%.

b. Kadar Benzena Lingkungan Kerja

Berdasarkan tabel 7.2 menunjukkan bahwa kadar rata-rata pengukuran benzena di SPBU Pertamina Kota Makassar pada semua titik pengambilan sampel berada dalam kadar konsentrasi yang tidak memenuhi syarat berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditetapkan yaitu $> 0,5$ ppm. Kadar rata-rata tertinggi untuk benzena adalah di waktu pagi hari maupun sore hari terdapat pada SPBU Pertamina COCO II Makassar yaitu sebesar 18,53 ppm untuk pagi hari dan sebesar 33,62 ppm untuk sore hari. Distribusi hasil pengukuran kadar benzena lingkungan kerja terdapat pada tabel 7.2 sebagai berikut:

Tabel 7.2

Distribusi Hasil Pengukuran Kadar Benzena Lingkungan Kerja di SPBU Pertamina Kota Makassar

Lokasi SPBU	Waktu Pengambilan	Hasil Pengukuran sampel			Kadar Rata- Rata Benzena
		Titik Pengambilan	Benzena (ppm)	Rata- Rata	
SPBU COCO I Makassar	Pagi	I	9,29	9,97	14,08*
		II	10,64		
	Sore	I	33,51	18,18	
		II	2,84		
SPBU COCO II Makassar	Pagi	I	14,11	18,53	26,08*
		II	4,39		
		III	37,10		
	Sore	I	0,35	33,62	

Lokasi SPBU	Waktu Pengambilan	Hasil Pengukuran sampel			Kadar Rata-Rata Benzena
		Titik Pengambilan	Benzena (ppm)	Rata-Rata	
		II	70,20		
		III	30,31		

*NAB berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan RI No.5 Tahun 2018, Memenuhi Syarat bila nilai hasil pengukuran Benzena = 0,5 ppm

c. Keluhan Kesehatan Pekerja

Keluhan Kesehatan Pekerja adalah beberapa gejala kesehatan akibat paparan benzena yang dialami dan dikeluhkan oleh pekerja selama 1 tahun terakhir bekerja di SPBU. Distribusi operator SPBU berdasarkan pernyataan kuesioner keluhan kesehatan pekerja terdapat pada tabel 7.3 sebagai berikut:

Tabel 7.3
Distribusi Operator Pengisian BBM SPBU Berdasarkan Keluhan Kesehatan Pekerja di SPBU Pertamina Kota Makassar

Keluhan Kesehatan Pekerja	Ya		Tidak		Total	
	n	%	n	%	N	%
Sakit kepala/pusing	20	69,0	9	31,0	29	100
Sempoyongan/mata berkunang-kunang ketika bangun dari duduk/jongkok	14	48,3	15	51,7	29	100
Sesak napas/dada	7	24,1	22	75,9	29	100
Batuk-batuk	19	65,5	10	34,5	29	100
Kurang nafsu makan	11	37,9	18	62,1	29	100
Mata perih/berair/rasa terbakar	5	17,2	24	82,8	29	100
Mual/gangguan lambung/mag	16	55,2	13	44,8	29	100
Kulit gatal-gatal/rasa terbakar	2	6,9	27	93,1	29	100

Pada Tabel 7.3 menunjukkan bahwa proporsi pekerja yang mengalami keluhan sakit kepala/pusing sebanyak 69,0%, sedangkan yang tidak mengalami keluhan pusing sebanyak 31,0%. Untuk proporsi pekerja yang mengalami keluhan sempoyongan/mata berkunang-kunang ketika bangun dari duduk/jongkok sebanyak 48,3% sedangkan yang tidak mengalami sebanyak 51,7%. Proporsi

pekerja yang mengalami sesak napas/dada sebanyak 24,1% dan yang tidak mengalami sebanyak 75,9%. Proporsi pekerja yang mengalami keluhan batuk-batuk sebanyak 65,5% dan yang tidak mengalami sebanyak 34,5%. Untuk proporsi pekerja yang mengalami kurang nafsu makan sebanyak 37,9% dan yang tidak mengalami sebanyak 62,1%. Untuk proporsi pekerja yang mengalami mata perih/berair/rasa terbakar sebanyak 17,2% dan yang tidak mengalami sebanyak 82,8%. Untuk proporsi pekerja yang mengalami Mual/gangguan lambung/mag sebanyak 55,2% dan yang tidak mengalami sebanyak 44,8% dan untuk proporsi pekerja yang mengalami keluhan kulit gatal-gatal/rasa terbakar sebanyak 6,9% sedangkan yang tidak mengalami sebanyak 93,1%.

d. Profil Hematologi

Profil hematologi dalam penelitian ini meliputi Kadar Hb, Hematokrit, Eritrosit, MCV, MCH, MCHC, RDW-CV, Trombosit, Leukosit, Basofil, Eosinofil, Neutrofil, Limfosit, Monosit dan LED yang diperiksa oleh Laboratorium Klinik Prodia Makassar.

1) Hasil Pengukuran Profil Hematologi

Berdasarkan tabel 7.4 menunjukkan bahwa rata-rata (*mean*) kadar Hb, hematokrit, eritrosit, MCV, MCH, MCHC, RDW-CV, trombosit, leukosit, basofil, eosinofil, enutrofil, limfosit, monosit dan LED dari seluruh operator pengisian BBM SPBU Pertamina di Kota Makassar masih sesuai dengan nilai rujukan standar yang ada.

Pada tabel 7.4 juga menunjukkan bahwa kadar Hb minimal sebesar 12,30g/dl dan maksimal sebesar 16,80g/dl. Untuk kadar hematokrit minimal sebesar 35,90% dan maksimal 48,80%. Untuk kadar eritrosit minimal sebesar $3,98 \times 10^6/\mu\text{L}$ dan maksimal sebesar $5,74 \times 10^6/\mu\text{L}$. Untuk kadar MCV minimal sebesar 81,30 fL dan maksimal sebesar 92,90 fL. Kadar MCH minimal sebesar 27,70 pg dan maksimal sebesar 32,80 pg. Kadar MCHC minimal sebesar 33,10 g/dl dan maksimal sebesar 36,40 g/dl. Kadar RDW-CV minimal sebesar 11,30% dan maksimal sebesar 13,90%. Kadar Trombosit minimal sebesar $145.10^3/\mu\text{L}$ dan

maksimal sebesar $495.10^3/\mu\text{L}$. Kadar leukosit minimal sebesar $5,50 \cdot 10^3/\mu\text{L}$ dan maksimal sebesar $13,30 \cdot 10^3/\mu\text{L}$. Kadar basofil minimal sebesar 0,2% dan maksimal sebesar 1,3%. Kadar eosinofil minimal sebesar 0,5% dan maksimal sebesar 11,50%. Kadar neutrofil minimal sebesar 36,10% dan maksimal sebesar 67,40%. Kadar limfosit minimal sebesar 24,80% dan maksimal sebesar 52,40%. Kadar monosit minimal sebesar 5,3% dan maksimal sebesar 15,10%. Kadar Laju Endap Darah minimal sebesar 2 mm/jam dan maksimal sebesar 25 mm/jam.

Adapun distribusi hasil pengukuran profil hematologi operator SPBU dapat dilihat pada tabel 7.4 berikut ini:

Tabel 7.4
Distribusi Hasil Pengukuran Profil Hematologi Operator Pengisian BBM
di SPBU Pertamina Kota Makassar

Profil Hematologi	N	Min	Max	Mean	SD	Nilai Rujukan*
Hb	29	12,30	16,80	14,92	1,27	▪ ♂ 13,2-17,3 g/dl ▪ ♀ 11,7-15,5 g/dl
Hematokrit	29	35,90	48,80	43,18	3,34	▪ ♂ 40-52 % ▪ ♀ 35-47 %
Eritrosit	29	3,98	5,74	4,96	0,42	▪ ♂ $4,4-5,9 \cdot 10^6/\mu\text{L}$ ▪ ♀ $3,8-5,2 \cdot 10^6/\mu\text{L}$
MCV	29	81,30	92,90	87,25	2,97	♂, ♀ 80-100 fL
MCH	29	27,70	32,80	30,13	1,22	♂, ♀ 26-34 pg
MCHC	29	33,10	36,40	34,54	0,82	32-36 g/dl
RDW-CV	29	11,30	13,90	12,56	0,59	♂ ♀ 11,5-14,5 %
Trombosit	29	145,0	495,0	297,07	82,74	♂ ♀ $150-440 \cdot 10^3/\mu\text{L}$
Leukosit	29	5,50	13,30	8,32	1,98	♂ ♀ $3,8-10,6 \cdot 10^3/\mu\text{L}$
Basofil	29	0,20	1,30	0,67	0,27	0,0-1,0 %
Eusinofil	29	0,50	11,50	3,36	2,49	♂ ♀ 2,0-4,0 %
Neutrofil	29	36,10	67,40	53,09	6,96	♂ ♀ 50,0-70,0 %
Limfosit	29	24,80	52,40	35,28	5,78	♂ ♀ 25,0-40,0 %
Monosit	29	5,30	15,10	7,61	2,09	♂ ♀ 2,0-8,0 %
LED	29	2,00	25,00	7,83	5,99	▪ ♂ 0-15 mm/jam ▪ ♀ 0-20 mm/jam

*Nilai Rujukan yang digunakan oleh Lab. Klinik Prodia Makassar berdasarkan PDSPKI Jakarta

2) Status Kadar Profil Hematologi

Adapun distribusi profil hematologi operator SPBU berdasarkan status kadar Hematologi dapat dilihat pada tabel 7.5 berikut ini:

Tabel 7.5

Distribusi Profil Hematologi Operator Pengisian BBM SPBU Berdasarkan Status Kadar Hematologi di SPBU Pertamina Kota Makassar

Profil Hematologi	Status Kadar Hematologi				Total	
	Normal		Tidak Normal		N	%
	n	%	n	%		
Hb	26	89,7	3	10,3	29	100
Hematokrit	27	93,1	2	6,9	29	100
Eritrosit	28	96,6	1	3,4	29	100
MCV	29	100,0	0	0	29	100
MCH	29	100,0	0	0	29	100
MCHC	28	96,6	1	3,4	29	100
RDW-CV	27	93,1	2	6,9	29	100
Trombosit	26	89,7	3	10,3	29	100
Leukosit	26	89,7	3	10,3	29	100
Basofil	26	89,7	3	10,3	29	100
Eosinofil	10	34,5	19	65,5	29	100
Neutrofil	21	72,4	8	27,6	29	100
Limfosit	24	82,8	5	17,2	29	100
Monosit	21	72,4	8	27,6	29	100
LED	27	93,1	2	6,9	29	100

Berdasarkan tabel 7.5 menunjukkan proporsi profil hematologi operator pengisian BBM SPBU di Kota Makassar sebanyak 89,7% memiliki kadar Hb normal dan sebanyak 10,3% yang tidak normal. Untuk proporsi profil hematokrit sebanyak 93,1% memiliki kadar normal dan 6,9% memiliki kadar tidak normal. Untuk proporsi profil eritrosit sebanyak 96,6% memiliki kadar normal dan 3,4% memiliki kadar tidak normal. Untuk proporsi profil MCV dan MCH semuanya 100% memiliki kadar normal. Untuk proporsi profil MCHC yang memiliki kadar normal sebanyak 96,6% dan yang memiliki kadar tidak normal sebanyak 3,4%. Untuk proporsi profil RDW-CV yang memiliki kadar normal sebanyak 93,1% dan yang memiliki kadar tidak normal sebanyak 6,9%. Untuk proporsi profil

trombosit yang memiliki kadar normal sebanyak 89,7% dan yang memiliki kadar tidak normal sebanyak 10,3%.

Untuk proporsi profil leukosit dengan kadar normal sebanyak 89,7% dan dengan kadar tidak normal sebanyak 10,3%. Untuk proporsi profil basofil dengan kadar normal sebanyak 89,7% dan dengan kadar tidak normal sebanyak 10,3%. Untuk proporsi profil eosinofil dengan kadar normal sebanyak 34,5% dan dengan kadar tidak normal sebanyak 65,5%. Untuk proporsi profil neutrofil dengan kadar normal sebanyak 72,4% dan dengan kadar tidak normal sebanyak 27,6%. Untuk proporsi profil limfosit dengan kadar normal sebanyak 82,8% dan dengan kadar tidak normal sebanyak 17,2%. Untuk proporsi profil monosit dengan kadar normal sebanyak 72,4% dan dengan kadar tidak normal sebanyak 27,6%. Dan untuk proporsi profil LED dengan kadar normal sebanyak 93,1% dan dengan kadar tidak normal sebanyak 6,9%.

2. Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk melihat pengaruh antara variabel independen terhadap variabel dependen. Pada penelitian ini variabel independen adalah Kadar Benzena, sedangkan variabel dependen adalah keluhan kesehatan pekerja, Kadar Hb, Hematokrit, Eritrosit, MCV, MCH, MCHC, RDW-CV, Trombosit, Leukosit, Basofil, Eosinofil, Neutrofil, Limfosit, Monosit dan LED. Uji statistik yang digunakan dalam menganalisis pengaruh variabel independen dan variabel dependen adalah uji korelasi *Kendall's tau-b*.

a. Pengaruh Kadar Benzena Lingkungan Kerja terhadap Keluhan Kesehatan Pekerja

Pada tabel 7.6 menunjukkan bahwa semua operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar terpajan kadar benzena lingkungan kerja yang tidak memenuhi syarat (melebihi Nilai Ambang Batas) mengalami keluhan kesehatan ringan sebanyak 18 orang (62,1%) dan sebanyak 11 orang (37,9%) mengalami keluhan kesehatan berat.

Berdasarkan hasil uji statistik menggunakan uji korelasi *Kendall's tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$, diperoleh nilai $p = 0,688$. Hal

ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap keluhan kesehatan pada pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar.

Adapun tabel distribusi hasil analisis pengaruh kadar benzena terhadap keluhan kesehatan pada pekerja operator SPBU dapat dilihat pada tabel 7.6 berikut ini:

Tabel 7.6
Analisis Pengaruh Kadar Benzena Lingkungan Kerja terhadap Keluhan Kesehatan pada Pekerja Operator Pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar

Kadar Benzena Lingkungan Kerja		Keluhan Kesehatan Pekerja				Total	Nilai r	Nilai p	
		Keluhan Ringan		Keluhan Berat					
		n	%	n	%	N	%		
Tidak Memenuhi Syarat		18	62,1	11	37,9	29	100	-0,070	0,688
Total		18	62,1	11	37,9	29	100		

b. Pengaruh Kadar Benzena Lingkungan Kerja terhadap Profil Hematologi

Analisis pengaruh kadar benzena lingkungan kerja terhadap profil hematologi (Kadar Hb, Hematokrit, Eritrosit, MCV, MCH, MCHC, RDW-CV, Trombosit, Leukosit, Basofil, Eosinofil, Neutrofil, Limfosit, Monosit dan LED) operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar diuji melalui uji korelasi *Kendall's tau-b*.

Dari hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan semua variabel terikat seperti pada tabel 7.7 diperoleh nilai $p < 0,05$ untuk variabel MCHC (*Mean Corpuscular Haemoglobin Concentrat*) dan LED (Laju Endap Darah), ini berarti bahwa ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel tersebut pada pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar. Sedangkan untuk variabel Hb, hematokrit, eritrosit,

MCV, MCH, RDW-CV, trombosit, leukosit, basofil, eosinofil, neutrofil, limfosit dan monosit diperoleh nilai $p > 0,05$ yang berarti bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel tersebut pada pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar. Adapun tabel distribusi hasil analisis pengaruh kadar benzena lingkungan kerja terhadap profil hematologi pada pekerja operator SPBU dapat dilihat pada tabel 7.7 berikut ini:

Tabel 7.7
Hasil Analisis Pengaruh Kadar Benzena Lingkungan Kerja Terhadap
Profil Hematologi Operator Pengisian BBM di SPBU Pertamina
Kota Makassar

Variabel Independen (Kadar Benzena Lingkungan Kerja (ppm))	Variabel Dependen (Profil Hematologi)	Kadar Profil Hematologi						Nilai p	Nilai r
		Normal		Tidak Normal		Total			
		n	%	n	%	N	%		
Tidak Memenuhi Syarat	Hb	26	89,7	3	10,3	29	100	0,620	-0,072
	Hematokrit	27	93,1	2	6,9	29	100	0,937	0,012
	Eritrosit	28	96,6	1	3,4	29	100	0,953	0,009
	MCV	29	100	0	0	29	100	0,874	0,023
	MCH	29	100	0	0	29	100	0,137	-0,219
	MCHC	28	96,6	1	3,4	29	100	0,024	-0,333
	RDW-CV	27	93,1	2	6,9	29	100	0,250	0,170
	Trombosit	26	89,7	3	10,3	29	100	0,921	-0,014
	Leukosit	26	89,7	3	10,3	29	100	0,858	0,026
	Basofil	26	89,7	3	10,3	29	100	0,484	-0,106
	Eosinofil	10	34,5	19	65,5	29	100	0,736	0,049
	Neutrofil	21	72,4	8	27,6	29	100	0,276	-0,159
	Limfosit	24	82,8	5	17,2	29	100	0,440	0,112
	Monosit	21	72,4	8	27,6	29	100	0,905	-0,017
	LED	27	93,1	2	6,9	29	100	0,028	0,331

D. Pembahasan

Pembahasan dilakukan agar dapat mengkaji hasil penelitian yang didapat dibandingkan dengan teori dan hasil penelitian sebelumnya.

Pembahasan terdiri dari keluhan kesehatan pekerja dan profil hematologi pekerja yang meliputi: Kadar Hb, Hematokrit, Eritrosit, MCV, MCH, MCHC, RDW-CV, Trombosit, Leukosit, Basofil, Eosinofil, Neutrofil, Limfosit, Monosit dan LED.

1. Keluhan kesehatan pekerja

Keluhan kesehatan pekerja merupakan kumpulan dari beberapa gejala kesehatan yang diakibatkan oleh pajanan benzena yang dirasakan dan dikeluhkan oleh pekerja operator pengisian BBM selama 1 tahun terakhir bekerja di SPBU. Adapun keluhan kesehatan yang dirasakan selama 1 tahun terakhir oleh para operator pengisian BBM SPBU antara lain sakit kepala/pusing, sempoyongan/mata berkunang-kunang ketika bangun dari duduk/jongkok, sesak napas/dada, batuk-batuk, kurang nafsu makan, mata perih/berair/rasa terbakar, mual/gangguan lambung/mag, kulit gatal-gatal/rasa terbakar. Operator pengisian BBM SPBU dinyatakan mengalami keluhan berat apabila yang bersangkutan merasakan minimal 50% dari beberapa keluhan kesehatan tersebut dan dinyatakan keluhan ringan apabila yang bersangkutan merasakan di bawah 50% dari beberapa keluhan kesehatan tersebut juga.

Menurut Soeripto (2008), toksisitas senyawa benzene terhadap kesehatan sangat berhubungan erat dengan proses terbentuknya metabolisme di dalam tubuh. Adapun di dalam tubuh yang mempunyai peranan penting dalam menghasilkan beberapa metabolit benzena yang cukup reaktif dan berbahaya yaitu hati dan metabolit-metabolit yang berbahaya bagi tubuh di antaranya adalah efek leukomogenik dan hematopoietik. Bila terhirup, benzena dapat menyebabkan mual, muntah, iritasi pada lambung dan diare. Selain itu, benzena apabila terhirup juga dapat menyebabkan leukemia, anemia aplastik dan menghirup benzena dalam nilai ambang batas sekalipun lambat laun dapat menyebabkan abnormalitas kromosom pada sel sperma pekerja. Paparan benzena yang berasal dari bensin atau bahan pelarut lain yang digunakan di SPBU juga dapat menyebabkan kulit kering, melepuh, teriritasi dan memicu dermatitis karena benzena merupakan senyawa kimia yang dapat melarutkan lemak sehingga dapat merusak kulit apabila adanya kontak langsung yang terjadi secara berulang dan dalam waktu yang lama.

Hal ini sejalan dengan penelitian ini bahwa semua operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar terpajan benzena di lingkungan kerja dengan kadar/konsentrasi yang tidak memenuhi syarat atau melebihi Nilai Ambang Batas yang ditetapkan oleh pemerintah melalui Peraturan Menteri Ketenagakerjaan RI No.5 tahun 2018 tentang Kesehatan Keselamatan Kerja Lingkungan Kerja telah merasakan keluhan kesehatan. Operator BBM yang terpajan benzena di udara lingkungan kerja ditemukan mengalami keluhan kesehatan ringan sebanyak 62,1% dan sebanyak 37,9% mengalami keluhan kesehatan berat dari 29 orang operator. Adapun rincian keluhan kesehatan yang dialami oleh operator pengisian BBM SPBU Pertamina di Kota Makassar yaitu sebanyak 69,0% pekerja yang mengalami keluhan sakit kepala/pusing sedangkan yang tidak mengalami keluhan pusing sebanyak 31,0%. Untuk pekerja yang mengalami keluhan sempoyongan/mata berkunang-kunang ketika bangun dari duduk/jongkok sebanyak 48,3% sedangkan yang tidak mengalami sebanyak 51,7%. Pekerja yang mengalami sesak napas/dada sebanyak 24,1% dan yang tidak mengalami sebanyak 75,9%. Pekerja yang mengalami keluhan batuk-batuk sebanyak 65,5% dan yang tidak mengalami sebanyak 34,5%. Untuk pekerja yang mengalami kurang nafsu makan sebanyak 37,9% dan yang tidak mengalami sebanyak 62,1%. Untuk pekerja yang mengalami mata perih/berair/rasa terbakar sebanyak 17,2% dan yang tidak mengalami sebanyak 82,8%. Untuk pekerja yang mengalami Mual/gangguan lambung/mag sebanyak 55,2% dan yang tidak mengalami sebanyak 44,8% dan untuk proporsi pekerja yang mengalami keluhan kulit gatal-gatal/rasa terbakar sebanyak 6,9% sedangkan yang tidak mengalami sebanyak 93,1%.

Hasil analisis statistik menggunakan uji korelasi *Kendall's tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$, diperoleh nilai korelasi $r = -0,070$ dan nilai $p = 0,688$ ($p > \alpha = 0,05$). Nilai ini bermakna bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah dengan keluhan kesehatan pekerja atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap keluhan kesehatan pada pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar. Hal ini menggambarkan bahwa beberapa keluhan gejala kesehatan yang dirasakan oleh operator pengisian BBM SPBU Pertamina selama setahun terakhir

selama mereka bekerja di SPBU tersebut hanya dipengaruhi sebesar 0,07 atau 7 % saja oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan 93% keluhan kesehatan tersebut dapat dipengaruhi faktor atau variabel lain yang tidak diteliti.

Selain itu, faktor karakteristik operator pengisian BBM SPBU yang sebagian besar masih berada pada kelompok umur 20-30 tahun yakni sebesar 62,1% dan masa kerja yang juga kebanyakan kategori baru yaitu 58,7% masa kerjanya ≤ 5 tahun sehingga kadar benzena di lingkungan kerja yang memajani mereka masih dapat dimetabolisme dengan baik oleh tubuh operator tersebut karena secara fisiologis, organ mereka masih berfungsi dengan optimal pada kelompok umur tersebut, ditambah lagi dengan masa kerja yang baru tersebut menjadikan efek pajanan benzena yang terjadi belum memberikan dampak maksimal terhadap keluhan kesehatan yang dirasakan oleh operator pengisian BBM SPBU.

Dalam suatu laporan kasus, dosis oral benzena sebesar 10 ml dilaporkan menghasilkan hal yang mengejutkan, muntah, takikardia, pneumonitis, mengantuk, delirium, kejang, koma, dan kematian. Gejala lain termasuk iritasi bronkial dan laring setelah pajanan inhalasi. *Pulmonary edema* telah dilaporkan. Pajanan ingesti dapat menyebabkan nyeri sub sternal, batuk, suara serak, dan rasa terbakar pada mulut, faring, dan kerongkongan tak lama setelah konsumsi. Hal ini juga dapat menyebabkan sakit perut, mual, dan muntah (ATSDR, 2007).

Gejala awal pajanan kronis benzena sering tidak spesifik tetapi menunjukkan tanda yang bervariasi. Demam akibat infeksi atau manifestasi trombositopenia, seperti perdarahan diatesis dengan perdarahan dari gusi, hidung, kulit, saluran pencernaan, atau di tempat lain, kelelahan, dan anoreksia (ATSDR, 2007).

2. Kadar Hb

Hemoglobin merupakan suatu pigmen pada darah atau secara alamiah berwarna karena besi yang terkandung dalam darah. Hemoglobin memiliki peran penting dalam pengangkutan oksigen sehingga hemoglobin akan tampak kemerahan apabila berikatan dengan oksigen dan kebiruan apabila mengalami deoksigenasi (Pudyoko, 2011). Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar hemoglobin dalam darah operator

pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah 14,92 g/dl, kadar Hb terendah sebesar 12,30g/dl, kadar tertinggi sebesar 16,80g/dl dan sebanyak 89,7% memiliki kadar Hb normal dan sebanyak 10,3% yang tidak normal. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja terhadap variabel Hb diperoleh nilai korelasi $r = -0,072$ dan nilai $p=0,620$. Hasil ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah dengan kadar Hb operator pengisian BBM atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar Hb pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar.

Temuan ini juga memberikan gambaran informasi bahwa kadar Hb operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut hanya dipengaruhi sebesar 0,072 atau 7,2 % saja oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 92,8% kadar Hb operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar dipengaruhi faktor atau variabel lain yang tidak diteliti. Tidak ditemukannya pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar hemoglobin operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar dalam penelitian ini diperkirakan karena mayoritas masa kerja operator yang masih tergolong baru (di bawah 5 tahun) dan umur mereka pun sebagian besar masih tergolong muda sehingga secara fisiologis organ yang berperan dalam memetabolisme benzena masih berfungsi secara optimal. Selain itu, dari hasil observasi lapangan ditemukan bahwa kondisi SPBU yang luas dan terbuka serta kecepatan angin yang cukup besar sehingga diperkirakan hal inilah yang menyebabkan efek terhadap kadar hemoglobin tidak berpengaruh secara signifikan.

Meskipun demikian, tetap perlu diwaspadai pada temuan penelitian sebanyak 10,3% operator yang memiliki kadar Hb tidak normal. NIOSH (2005) menyatakan bahwa individu yang menghirup benzena dalam waktu lama dapat mengacaukan sistem produksi darah yang normal dan menyebabkan berkurangnya komponen penting dari darah. Berkurangnya komponen penting darah ini disebabkan oleh karena terganggunya proses pembentukan sel-sel darah (hematopoiesis) yang terjadi di sumsum tulang. Gangguan ini berkaitan dengan proses perkembangan dan diferensiasi sel-

sel induk multipotensial menjadi komponen-komponen darah yang lain. Berkurangnya sel darah merah dapat menyebabkan anemia, produksi darah dapat kembali normal apabila paparan terhadap benzena dihentikan. Efek toksik yang paling berarti pada paparan benzena adalah kerusakan sumsum tulang yang terjadi secara laten dan sering irreversibel, mungkin disebabkan oleh metabolit benzena epoksida. Kerentanan individual akan temuan hematologis sangat bervariasi.

3. Kadar hematokrit

Hematokrit merupakan persentase volume seluruh eritrosit yang terdapat di dalam darah dan diambil dalam volume eritrosit yang dipisahkan dari plasma dengan cara memutarnya di dalam tabung khusus dalam waktu dan kecepatan tertentu yang nilainya dinyatakan dalam persen (%), nilai hematokrit untuk laki-laki 40-48 vol % dan untuk wanita 37-43 vol % (Sadikin, 2002). Definisi yang sama oleh Gandasoebrata (2013) menyebutkan hematokrit merupakan volume semua eritrosit dalam 100 ml darah yang dinyatakan dalam % (persen), biasanya ditentukan dengan darah kapiler dan vena.

Nilai hematokrit dapat digunakan sebagai tes skrining sederhana untuk anemia, sebagai referensi kalibrasi untuk metode otomatis hitung sel darah, dan secara kasar untuk membimbing keakuratan pengukuran hemoglobin. Nilai hematokrit yang dinyatakan g/L adalah sekitar tiga kali kadar Hb. Nilai hematokrit dari sampel adalah perbandingan antara volume eritrosit dengan volume darah secara keseluruhan. Nilai hematokrit dapat dinyatakan sebagai presentase (konvensional) atau sebagai pecahan desimal (unit SI), liter/liter (L/L) (Kiswari, 2014).

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar hematokrit dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah 43,18 %, kadar hematokrit terendah sebesar 35,90%, kadar tertinggi sebesar 48,80% dan sebanyak 93,1% memiliki kadar hematokrit normal dan sebanyak 6,9% yang tidak normal. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel hematokrit diperoleh nilai korelasi $r = 0,012$ dan nilai $p = 0,937$. Hasil ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah

terhadap kadar hematokrit operator pengisian BBM atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar hematokrit pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar.

Penelitian ini juga memberikan informasi bahwa kadar hematokrit operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut hanya dipengaruhi sebesar 0,012 atau 1,2 % saja oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 98,8% kadar hematokrit operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak diteliti.

Menurut Frandson (1992) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kadar hematokrit antara lain faktor jenis kelamin, faktor jumlah sel darah merah (di mana sel darah merah laki-laki lebih banyak dibandingkan dengan perempuan, apabila jumlah sel darah merah meningkat atau banyak maka jumlah kadar hematokrit juga akan mengalami peningkatan), aktivitas dan kondisi patologis, ketinggian tempat. Pada penelitian ini sebagian besar pekerja operator pengisian BBM SPBU berjenis kelamin laki-laki yakni sebesar 75,9% dan pekerja yang memiliki kadar hematokrit tidak normal hanya sebesar 6,9% saja.

4. Kadar eritrosit

Eritrosit atau sel darah merah pada dasarnya adalah kantung hemoglobin yang terbungkus oleh membran plasma yang mengangkut oksigen dan karbon monoksida (dengan kadar yang lebih rendah) dalam darah. Satu milimeter darah mengandung lima miliar eritrosit (5 juta per milimeter kubik). Eritrosit berbentuk gepeng dengan piringan di bagian tengah dan kedua sisi mencekung, mirip donat namun bagian tengah menggepeng bukan berlubang. Bentuk eritrosit yang khas ini memungkinkan untuk melakukan 2 peran. Pertama, bentuk bikonkaf menghasilkan luas permukaan yang lebih besar bagi difusi O_2 menembus membran daripada yang dihasilkan oleh sel bulat dengan volume yang sama. Kedua, tipisnya sel memungkinkan O_2 berdifusi secara lebih cepat antara bagian dalam sel dengan eksteriornya (Sherwood, 2011).

Eritrosit memiliki bentuk khas lain yaitu kelenturan membran mereka sehingga memungkinkan eritrosit berjalan melalui kapiler darah

yang sempit dan berkelok-kelok untuk mendistribusikan Oksigen ke dalam jaringan tanpa *rupture*. Garis tengah eritrosit adalah 8 μm sehingga mampu mengalami deformasi pada saat mereka melewati satu per satu kapiler yang bahkan garis tengahnya hanya 3 μm (Pudyoko, 2010).

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar eritrosit dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah 4,96 $10^6/\mu\text{L}$, kadar eritrosit terendah sebesar 3,98 $10^6/\mu\text{L}$, kadar eritrosit tertinggi sebesar 5,74 $10^6/\mu\text{L}$ dan sebanyak 96,6% memiliki kadar eritrosit normal dan sebanyak 3,4% yang tidak normal. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel terikat kadar eritrosit diperoleh nilai korelasi $r = 0,009$ dan nilai $p=0,953$. Hasil ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah terhadap kadar eritrosit operator pengisian BBM atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar eritrosit pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar.

Penelitian ini juga memberikan informasi bahwa kadar eritrosit operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut hanya dipengaruhi sebesar 0,009 atau 0,9 % saja oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 99,2% kadar eritrosit operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak diteliti.

Penelitian ini berbeda dengan teori yang dikatakan Robbin dan Kumar (1995) bahwa paparan benzena berhubungan dengan gangguan proses pembentukan sel-sel darah termasuk dalam hal ini kadar eritrosit (*Red Blood Cell*). Begitu pula dengan WHO (1996) yang menyatakan bahwa individu yang terpapar benzena dalam waktu lama dapat mengacaukan sistem produksi darah yang normal dan menyebabkan berkurangnya komponen penting dari darah. Berkurangnya sel darah merah yang disebabkan oleh benzena dapat menyebabkan anemia aplastik, produksi darah dapat kembali normal apabila paparan terhadap benzena dihentikan.

5. MCV (*Mean Corpuscular Volume*)

Indeks eritrosit atau *Mean Corpuscular Value* merupakan suatu nilai rata-rata yang dapat memberi keterangan mengenai rata-rata eritrosit dan mengenai banyaknya hemoglobin per eritrosit. Pemeriksaan Indeks Eritrosit sering digunakan sebagai pemeriksaan penyaring untuk mendiagnosis terjadinya anemia dan mengetahui morfologi dari anemia tersebut. Indeks eritrosit terdiri dari MCV (*Mean Corpuscular Volume*), MCH (*Mean Corpuscular Hemoglobin*) dan MCHC (*Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration*) (Gandasoebrata, 2013).

MCV (*Mean Corpuscular Volume*) atau biasa disebut VER (*Volume Eritrosit Rata-Rata*) adalah volume rata-rata sebuah eritrosit yang dinyatakan dalam satuan *femtoliter*. Nilai rujukan normal untuk kadar MCV adalah 80-100 fL. Penurunan kadar MCV terjadi pada pasien anemia mikrositik, defisiensi besi, artritis rheumatoid, talasemia, anemia sel sabit, hemoglobin C, keracunan timah dan radiasi. Sedangkan peningkatan kadar MCV terjadi pada pasien anemia aplastik, anemia hemolitik, anemia penyakit hati kronik, hipotiroidisme, efek obat vitamin B12, anti konvulsan dan anti metabolik (Gandasoebrata, 2013).

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar MCV dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah 87,25 fL, kadar MCV terendah sebesar 81,30 fL, kadar MCV tertinggi sebesar 92,90 fL dan seluruh atau 100% operator pengisian BBM di SPBU memiliki kadar MCV yang normal. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel terikat kadar MCV diperoleh nilai korelasi $r = 0,023$ dan nilai $p=0,874$. Hasil ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah terhadap kadar MCV operator pengisian BBM atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar MCV pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar.

Penelitian ini juga memberikan informasi bahwa kadar MCV operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut hanya dipengaruhi sebesar 0,023 atau 2,3 % saja oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 97,7% kadar MCV operator pengisian BBM

SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak diteliti.

6. MCH (*Mean Corpuscular Hemoglobin*)

MCH merupakan nilai yang mengindikasikan berat rata-rata hemoglobin di dalam sel darah merah, yang menentukan kuantitas warna (normokromik, hipokromik, hiperkromik) dari sel darah merah. MCH dapat digunakan untuk mendiagnosis kejadian anemia (Kemenkes, 2011). Penurunan MCH terjadi pada pasien anemia mikrositik dan anemia hipokromik sedangkan peningkatan MCH terjadi pada pasien anemia defisiensi besi. Perhitungan dari MCH (picogram/sel) = hemoglobin/sel darah merah. Nilai normal dari MCH adalah 26-34 pg/sel (Gandasoebrata R., 2013).

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar MCH dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah 30,13 pg, kadar MCH terendah sebesar 27,70 pg, kadar MCH tertinggi sebesar 32,80 pg dan seluruh atau 100% operator pengisian BBM di SPBU memiliki kadar MCH yang normal. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel terikat kadar MCH diperoleh nilai korelasi $r = -0,219$ dan nilai $p = 0,137$. Hasil ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah terhadap kadar MCH operator pengisian BBM atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar MCH pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar.

Penelitian ini juga memberikan informasi bahwa kadar MCH operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut hanya dipengaruhi sebesar 0,219 atau 21,9 % saja oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 78,1% kadar MCH operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak diteliti.

7. MCHC (*Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration*)

MCHC adalah konsentrasi Hb rata-rata dalam sel darah merah (eritrosit); semakin kecil sel maka semakin tinggi konsentrasinya.

Perhitungan MCHC tergantung pada Hb dan Hct. Indeks ini merupakan indeks Hb darah yang lebih baik, karena ukuran sel akan mempengaruhi nilai MCHC, hal ini tidak berlaku pada MCH. Perhitungan MCHC = hemoglobin/hematokrit. Nilai normal dari MCHC yaitu 32–36 g/dL. Penurunan kadar MCHC umumnya terjadi pada pasien anemia mikrositik dan anemia hipokromik sedangkan peningkatan kadar MCHC terjadi pada pasien anemia defisiensi besi (Gandasoebrata R., 2013).

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar MCHC dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah 34,54 g/dl, kadar MCHC terendah sebesar 33,10 g/dl, kadar MCHC tertinggi sebesar 36,40 g/dl dan operator pengisian BBM di SPBU yang memiliki kadar MCHC normal sebanyak 96,6% dan yang memiliki kadar tidak normal sebanyak 3,4%. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel terikat kadar MCHC diperoleh nilai korelasi $r = -0,333$ dan nilai $p=0,024$. Hasil ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang cukup kuat terhadap kadar MCHC operator pengisian BBM atau dengan kata lain ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar MCHC pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar.

Penelitian ini juga menjelaskan bahwa kadar MCHC operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut dipengaruhi sebesar 0,333 atau 33,3 % oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 66,7% kadar MCHC operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak diteliti.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilaksanakan oleh Ramon (2007) tentang analisis paparan benzena terhadap profil darah pada pekerja industri pengolahan minyak bumi yang mengatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kadar benzena OVM dengan kadar MCHC (*Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration*) berdasarkan uji statistik *Kendall tau-b* ($p=0,000$, $r=-0,359$). Dalam penelitian Ramon ini juga ditemukan bahwa dari 31 orang responden yang terpapar benzena ($\geq 0,5$ ppm), dilaporkan ada 10 orang karyawan (32,3%)

yang mempunyai kadar MCHC normal dalam darah (32-36 gr/dl). Sedangkan dari 29 orang responden yang tidak terpapar benzena ($<0,05$ ppm), ada 13 orang karyawan (44,8%) yang mempunyai kadar MCHC normal dalam darah. Dari hasil uji *chi-square*, didapatkan $RP=1,228$ ($95\%CI=0,816-1,847$) dan nilai $p=0,427$ ($p>0,05$), artinya pada $\alpha=0,05$, tidak ada perbedaan proporsi kadar *Mean Corpuscular Haemoglobin Concentration* dalam darah yang signifikan antara karyawan yang terpapar dan tidak terpapar benzena.

8. RDW-CV (*Red blood cell Distribution Width-Coefficient Variation*)

RDW (*Red blood cell Distribution Width*) merupakan suatu hitungan matematis yang menggambarkan jumlah anisositosis (variasi ukuran sel) dan pada tingkat tertentu menggambarkan poikilositosis (variasi bentuk sel) sel darah merah pada pemeriksaan darah tepi. RDW adalah cerminan dari nilai koefisien variasi dari distribusi volume sel darah merah. Baik MCV dan RDW keduanya dinilai dari histogram eritrosit (RBC). MCV dihitung dari seluruh luas area di bawah kurva, sedangkan RDW dihitung hanya dari basis tengah histogram. Ada 2 metode yang dikenal untuk mengukur nilai RDW, yaitu RDW-CV (*Coefficient Variation*) dan RDW-SD (*Standard Deviation*). Nilai normal RDW-CV berkisar antara 11.5 %-14.5%. Nilai RDW-CV sangat baik digunakan sebagai indikator anisositosis ketika nilai MCV adalah rendah atau normal dan anisositosis sulit dideteksi, namun kurang akurat digunakan pada nilai MCV yang tinggi (Constantino, 2011; Turgeon, 2012).

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar RDW-CV dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah 12,56%, kadar RDW-CV terendah sebesar 11,30%, kadar RDW-CV tertinggi sebesar 13,90% dan operator pengisian BBM di SPBU yang memiliki kadar RDW-CV normal sebanyak 93,1% dan yang memiliki kadar tidak normal sebanyak 6,9%. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel terikat kadar RDW-CV diperoleh nilai korelasi $r = 0,170$ dan nilai $p=0,250$. Hasil ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah

terhadap kadar RDW-CV operator pengisian BBM atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar RDW-CV pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar.

Penelitian ini juga menjelaskan bahwa kadar RDW-CV operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut dipengaruhi sebesar 0,170 atau 17,0 % oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 83,0% kadar RDW-CV operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak diteliti. RDW pada awalnya diperkenalkan sebagai alat bantu diagnosis kerja dari anemia normositik (Van Kimmenade R.R. dan Januzzi J.L., 2012). Penyebab umum yang mendasari terjadinya peningkatan RDW adalah defisiensi zat besi, vitamin B12, atau asam folat, di mana eritrosit yang normal akan bercampur dengan yang ukurannya lebih kecil atau yang lebih besar yang terbentuk saat terjadi defisiensi. Kenaikan serupa juga terjadi selama mendapatkan terapi pengganti besi, B12, dan folat ketika jumlah retikulosit meningkat. Nilai RDW juga meningkat setelah mendapatkan tranfusi darah, seperti halnya juga pada penderita anemia hemolitik dan trombotik di mana eritrosit terfragmentasi dalam sirkulasi. Peningkatan RDW juga berhubungan dengan penyakit hati, pecandu alkohol, keadaan inflamasi, dan penyakit ginjal, namun mekanisme dibalik timbulnya variasi eritrosit ini masih sangat kompleks (Hammarsten, Jacobsson, dan Fu, 2010).

9. Trombosit

Trombosit merupakan fragmen sel yang berasal dari megakariosit. Trombosit adalah unsur ketiga dalam darah. Bentuk trombosit bukanlah sel utuh namun suatu fragmen atau potongan kecil sel (bergaris tengah sekitar 2-4 μm) yang terlepas dari tepi luar sel besar di sumsum tulang, kemudian dikenal sebagai megakariosit. Megakariosit berasal dari sel bakal yang belum berdiferensiasi (*undifferentiated*) yang sama dengan yang memproduksi turunan eritrosit dan leukosit. Trombosit pada dasarnya adalah suatu vesikel yang mengandung sebagian dari sitoplasma megakariosit terbungkus oleh membran plasma. Satu milimeter darah mengandung 250.000 trombosit. Masa hidup trombosit adalah 10 hari.

Trombosit yang telah melewati masa 10 hari akan disingkirkan dari sirkulasi oleh makrofag yang ada di limpa dan hati, selanjutnya diganti oleh trombosit yang baru yang telah diproduksi oleh sumsum tulang (Sherwood, 2011).

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar trombosit dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah $297,07 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$, kadar trombosit terendah sebesar $145,0 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$, kadar trombosit tertinggi sebesar $495,0 \text{ } 10^3/\mu\text{L}$ dan operator pengisian BBM di SPBU yang memiliki kadar trombosit normal sebanyak 89,7% dan yang memiliki kadar tidak normal sebanyak 10,3%. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel terikat kadar trombosit diperoleh nilai korelasi $r = -0,014$ dan nilai $p=0,921$. Hasil ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah terhadap kadar trombosit operator pengisian BBM atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar trombosit pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar.

Berdasarkan nilai korelasi r , penelitian ini juga menjelaskan bahwa kadar trombosit operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut dipengaruhi sebesar 0,014 atau 1,4 % oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 98,6% kadar trombosit operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak diteliti.

Pajanan dengan kadar yang tinggi dari benzena dapat mengakibatkan kerusakan pada sumsum tulang manusia, kerusakan DNA pada sel mamalia, kerusakan sistem kekebalan tubuh. Paparan ringan menyebabkan denyut jantung tidak teratur, sakit kepala, pusing, mual dan bahkan pingsan jika paparan dilanjutkan untuk waktu yang lama. Manifestasi awal dari toksisitas adalah anemia, leukositopenia dan trombositopenia (ATSDR, 2007).

10. Leukosit

Leukosit atau sel darah putih adalah unit yang dapat bermobilisasi dalam sistem pertahanan tubuh. Sistem imun mengacu pada kemampuan

tubuh menahan atau mengeliminasi sel abnormal ataupun benda asing yang berpotensi merusak tubuh. Adapun beberapa fungsi dan turunan leukosit adalah menahan invasi oleh patogen dengan proses fagositosis, melakukan identifikasi dan menghancurkan sel kanker yang muncul dalam tubuh, membersihkan sampah tubuh dengan cara memfagositosis debris yang berasal dari sel yang mati atau cedera, berperan dalam proses penyembuhan luka dan perbaikan jaringan (Sherwood, 2011). Leukosit tidak mengandung hemoglobin di dalamnya sehingga tidak berwarna (putih), namun penambahan warna biasanya digunakan untuk kepentingan laboratorium. Leukosit bervariasi dalam struktur, fungsi, dan jumlah. Ada lima jenis leukosit yang bersirkulasi yakni: netrofil, eosinofil, basofil, monosit, dan limfosit. Terdapat 2 penggolongan utama berdasarkan gambaran nukleus dan ada tidaknya granula di sitoplasma. Neutrofil, eosinofil, dan basofil masuk dalam kategori granulosit polimorfonukleus. Monosit dan limfosit masuk dalam kategori agranulosit mononukleus. Ukuran monosit lebih besar dibanding dengan limfosit (Sherwood, 2011)

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar leukosit dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah $8,32 \times 10^3/\mu\text{L}$, kadar leukosit terendah sebesar $5,5 \times 10^3/\mu\text{L}$, kadar leukosit tertinggi sebesar $13,30 \times 10^3/\mu\text{L}$ dan operator pengisian BBM di SPBU yang memiliki kadar leukosit normal sebanyak 89,7% dan yang memiliki kadar tidak normal sebanyak 10,3%. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel terikat kadar leukosit diperoleh nilai korelasi $r = 0,026$ dan nilai $p = 0,858$. Hasil ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah terhadap kadar leukosit operator pengisian BBM atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar leukosit pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar.

Berdasarkan nilai korelasi r , penelitian ini juga menjelaskan bahwa kadar leukosit operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut hanya dipengaruhi sebesar 0,026 atau 2,6 % oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 97,4% kadar leukosit operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh

faktor atau variabel lain yang tidak diteliti. Sejalan dengan penelitian yang dilaksanakan oleh Ramon (2007) tentang analisis paparan benzena terhadap profil darah pada pekerja industri pengolahan minyak bumi yang mengatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kadar benzena OVM dengan kadar leukosit berdasarkan uji korelasi *Kendall tau-b* ($p=0,888$, $r=-0,067$).

Pajanan dengan kadar yang tinggi dari benzena dapat mengakibatkan kerusakan pada sumsum tulang manusia, kerusakan DNA pada sel mamalia, kerusakan sistem kekebalan tubuh. Pajanan ringan menyebabkan denyut jantung tidak teratur, sakit kepala, pusing, mual dan bahkan pingsan jika pajanan dilanjutkan untuk waktu yang lama. Manifestasi awal dari toksisitas adalah anemia, leukositopenia dan trombositopenia (ATSDR, 2007). *Benzene* juga menyebabkan penurunan tingkat peredaran leukosit pada pekerja dengan paparan konsentrasi rendah (30 ppm), dan penurunan tingkat sirkulasi antibodi pada pekerja yang terpapar *benzene* dengan konsentrasi 3-7 ppm (Vermeulen *et al.*, 2005).

11. Basofil

Basofil merupakan jenis leukosit yang jumlahnya paling sedikit yaitu kira-kira kurang dari 2% dari jumlah keseluruhan leukosit. Sel ini memiliki ukuran sekitar 14 μm , granula memiliki ukuran bervariasi dengan susunan yang tidak teratur hingga menutupi nukleus dan bersifat azrofilik sehingga berwarna gelap jika dilakukan pewarnaan Giemsa. Kadar basophil normal sekitar 0-1% dari total leukosit. Basophil mengandung berbagai enzim, heparin, dan histamina. Kadar basophil dapat meningkat jika terdapat gangguan pembentukan sel darah. Basofil jarang ditemukan dalam darah normal. Selama proses peradangan akan menghasilkan senyawa kimia berupa heparin, histamin, beradikinin dan serotonin. Basofil berperan dalam reaksi hipersensitivitas yang berhubungan dengan imunoglobulin E (IgE) (Kiswari, 2014).

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar basofil dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah 0,67%, kadar basofil terendah sebesar 0,20%, kadar basofil tertinggi sebesar 1,30%. Berdasarkan nilai rujukan PDSPKI, operator pengisian BBM di SPBU yang memiliki kadar basofil normal sebanyak

89,7% dan yang memiliki kadar tidak normal sebanyak 10,3%. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel terikat kadar basofil diperoleh nilai korelasi $r = -0,106$ dan nilai $p = 0,484$. Hasil ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah terhadap kadar basofil operator pengisian BBM atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar basofil pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar. Penelitian ini juga menjelaskan bahwa kadar basofil operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut dipengaruhi sebesar 0,106 atau 10,6 % oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 89,4% kadar basofil operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak diteliti.

Triggiani *et al.* (2011) menyatakan bahwa benzena dan metabolit utamanya yang dihasilkan secara *in vivo* yaitu hidrokuinon, dan benzoquinon, sangat mempengaruhi beberapa komponen sistem kekebalan manusia. Studi eksperimental dan survei epidemiologis telah dengan jelas menunjukkan bahwa paparan benzena terkait dengan perkembangan kanker, *myelotoxicity* dan peningkatan kerentanan terhadap infeksi. Paparan terhadap benzena yang mengandung pelarut atau inhalasi asap telah dikaitkan terutama dengan perkembangan gejala atopi dan seperti asma. Namun, penelitian *in vitro* dan *in vivo* mengklarifikasi beberapa mekanisme yang mendasari perkembangan gangguan terkait benzena dan menyarankan bahwa efek metabolit benzena mungkin agak menghambat pada peradangan dan respons imun. Efek penghambatan hidrokuinon dan benzoquinon pada basofil dan sel mast menunjukkan bahwa metabolit ini tidak mungkin terkait dengan pengembangan peradangan saluran napas alergi. Efek penekan dari hidrokuinon dan benzoquinon pada fungsi efektor sel mast dan basofil dapat mengurangi kapasitas sel-sel ini untuk berpartisipasi dalam respons imun bawaan.

12. Eosinofil

Eosinofil adalah leukosit yang memiliki 2 lobus inti yang saling berhubungan dengan benang kromatin dan sitoplasma. Eosinofil memiliki

jumlah 1-2% dari total leukosit. Eosinofil dapat memproduksi substansi yang memodifikasi reaksi alergi dan menyerang organisme patogenik. Eosinofil dapat bertambah kadarnya ketika seseorang mengalami anemia dan trombositopenia. Eosinofil dalam tubuh yaitu sekitar 1-6%, berukuran 16 μm . Berfungsi sebagai fagositosis dan menghasilkan antibodi terhadap antigen yang dikeluarkan oleh parasit. Masa hidup eosinofil lebih lama dari neutrofil yaitu sekitar 8-12 jam (Kiswari, 2014).

Eosinofil akan meningkat jumlahnya ketika ditemukan penyakit alergi, penyakit parasitik, penyakit kulit, kanker, flebitis, tromboflebitis, leukemia mielositik kronik (CML), emfisema dan penyakit ginjal. Sedangkan pada orang stres, pemberian steroid per oral atau injeksi, luka bakar, syok dan hiperfungsi adrenokortikal akan ditemukan jumlah eosinofil yang menurun (Riswanto (2013) dalam Indriani (2017)).

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar eosinofil dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah 3,36%, kadar eosinofil terendah sebesar 0,50%, kadar eosinofil tertinggi sebesar 11,50%. Berdasarkan nilai rujukan dari Laboratorium Klinik Prodia Makassar ditemukan operator pengisian BBM di SPBU yang memiliki kadar eosinofil normal sebanyak 34,5% dan yang memiliki kadar tidak normal sebanyak 65,5%. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel terikat kadar eosinofil diperoleh nilai korelasi $r = 0,049$ dan nilai $p=0,736$. Hasil penelitian ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah terhadap kadar eosinofil operator pengisian BBM atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar eosinofil pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar.

Berdasarkan nilai korelasi r , penelitian ini menjelaskan bahwa kadar eosinofil operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut hanya dipengaruhi sebesar 0,049 atau 4,9 % oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 95,1% kadar eosinofil operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak diteliti.

13. Neutrofil

Neutrofil adalah leukosit yang memiliki lobus inti 3-5 yang saling berhubungan dengan benang kromatin dan sitoplasma. Neutrofil bersifat fagositosis, yakni memakan mikroorganisme asing seperti bakteri. Neutrofil juga peka terhadap rangsangan kemotaksis. Neutrofil berukuran sekitar 14 μm , granulanya berbentuk butiran halus tipis dengan sifat netral sehingga terjadi percampuran warna asam (eosin) dan warna basa (metilen biru), sedang pada granula menghasilkan warna ungu atau merah muda yang samar (Nugraha 2015). Neutrofil berfungsi sebagai garis pertahanan tubuh terhadap zat asing terutama terhadap bakteri. Bersifat fagosit dan dapat masuk ke dalam jaringan yang terinfeksi. Sirkulasi neutrofil dalam darah yaitu sekitar 10 jam dan dapat hidup selama 1-4 hari pada saat berada dalam jaringan ekstrasvaskuler (Kiswari, 2014).

Peningkatan jumlah neutrofil disebut netrofilia. Neutrofilia dapat terjadi karena respons fisiologik terhadap stres, misalnya karena olah raga, cuaca yang ekstrem, perdarahan atau hemolisis akut, melahirkan, dan stres emosi akut. Keadaan patologis yang menyebabkan netrofilia di antaranya infeksi akut, radang atau inflamasi, kerusakan jaringan, gangguan metabolik, apendisitis dan leukemia mielositik. Sedangkan penurunan jumlah neutrofil disebut dengan neutropenia, neutropenia ditemukan pada penyakit virus, hipersplenisme, leukemia, granulositosis, anemia, pengaruh obat-obatan (Riswanto (2013) dalam Indriani (2017)).

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar neutrofil dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah 53,09%, kadar neutrofil terendah sebesar 36,10%, kadar neutrofil tertinggi sebesar 67,40%. Berdasarkan nilai rujukan dari Laboratorium Klinik Prodia Makassar ditemukan operator pengisian BBM di SPBU yang memiliki kadar neutrofil normal sebanyak 72,4% dan yang memiliki kadar tidak normal sebanyak 27,6%. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel terikat kadar neutrofil diperoleh nilai korelasi $r = -0,159$ dan nilai $p=0,276$. Hasil penelitian ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah terhadap kadar neutrofil operator pengisian BBM atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan

kerja terhadap kadar neutrofil pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar. Berdasarkan nilai korelasi r , penelitian ini menjelaskan bahwa kadar neutrofil operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut hanya dipengaruhi sebesar 0,159 atau 15,9 % oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 84,1% kadar neutrofil operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak diteliti.

14. Limfosit

Limfosit adalah leukosit mononuclear dalam darah perifer. Limfosit memiliki inti bulat dan dikelilingi oleh tepian sitoplasma berwarna biru. Limfosit memiliki sedikit granula. Limfosit memiliki 2 jenis yakni limfosit T dan limfosit B. Jumlah limfosit T sekitar 75% dari total limfosit dan 25% nya adalah limfosit B. Limfosit B berfungsi untuk menghasilkan antibodi IgA, IgM, IgE, dan IgD sedangkan limfosit T bertanggung jawab atas respons kekebalan seluler dengan cara membentuk sel yang reaktif dengan antigen. Fungsi lain dari limfosit T adalah untuk menjinakkan radikal bebas dalam aliran darah maupun dalam kelenjar limfatik.

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar limfosit dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah 35,28%, kadar limfosit terendah sebesar 24,80%, kadar limfosit tertinggi sebesar 52,40%. Berdasarkan nilai rujukan dari Laboratorium Klinik Prodia Makassar ditemukan operator pengisian BBM di SPBU yang memiliki kadar limfosit normal sebanyak 82,8% dan yang memiliki kadar tidak normal sebanyak 17,2%. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel terikat kadar limfosit diperoleh nilai korelasi $r = 0,112$ dan nilai $p=0,440$. Hasil penelitian ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah terhadap kadar limfosit operator pengisian BBM atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar limfosit pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar.

Berdasarkan nilai korelasi r , penelitian ini menjelaskan bahwa kadar limfosit operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut hanya

dipengaruhi sebesar 0,112 atau 11,2 % oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 88,8% kadar limfosit operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak diteliti.

Manifestasi awal dari toksisitas benzena adalah anemia, leukositopenia dan trombositopenia (ATSDR, 2007). Penelitian lain telah menunjukkan penurunan limfosit manusia dan unsur darah lainnya setelah terpapar, efek ini terlihat pada tingkat paparan 1 ppm atau kurang (Zuliyawan, 2010).

15. Monosit

Monosit berukuran lebih besar daripada neutrofil. Monosit hanya memiliki satu inti yang berbentuk menekuk. Monosit berjumlah 5-7% dari total leukosit. Monosit memiliki peranan yang penting yakni sebagai ekskresi enzim, kematangan sel, berinteraksi dengan imunogen. Monosit juga memiliki peran sebagai fagosit seperti menyingkirkan zat kontaminan, sel yang cedera dan mati, puing-puing sel dan mikroorganisme patogenik

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata kadar monosit dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah 7,61%, kadar monosit terendah sebesar 5,30%, kadar monosit tertinggi sebesar 15,10%. Berdasarkan nilai rujukan dari Laboratorium Klinik Prodia Makassar ditemukan operator pengisian BBM di SPBU yang memiliki kadar monosit normal sebanyak 72,4% dan yang memiliki kadar tidak normal sebanyak 27,6%. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel terikat kadar monosit diperoleh nilai korelasi $r = -0,017$ dan nilai $p=0,905$. Hasil penelitian ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang sangat lemah terhadap kadar monosit operator pengisian BBM atau dengan kata lain tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar monosit pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar.

Berdasarkan nilai korelasi r , penelitian ini menjelaskan bahwa kadar monosit operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut hanya

dipengaruhi sebesar 0,017 atau 1,7 % oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 98,3% kadar monosit operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak diteliti.

16. LED (Laju Endap Darah)

Laju Endap Darah (LED) merupakan kecepatan mengendapnya eritrosit dari sampel darah yang akan diperiksa dalam suatu alat tertentu yang dinyatakan dalam satuan milimeter per jam (mm/jam). Terdapat beberapa istilah asing dari LED antara lain: *Bloed Bezenking Snelheid* (BBS), *Blood Sedimentation Rate* (BSR), *Blood Sedimentation Erythrocyte* (BSE), *Blood Sedimentation* (BS), *Erythrocyte Sedimentation Rate* (ESR). Dalam bahasa Indonesia diistilahkan sebagai Kecepatan Pengendapan Darah (KPD) (Jou *et al.*, 2011). Proses LED menentukan kecepatan eritrosit (dalam darah yang telah diberi antikoagulan) jatuh ke dasar sebuah tabung vertikal dalam waktu tertentu. Pengukuran jarak dari atas kolom eritrosit yang mengendap sampai ke atas batas cairan dalam periode tertentu menentukan laju endap darah (Sacher, 2009).

Hasil penelitian ini menemukan bahwa rata-rata laju endap darah dalam darah operator pengisian BBM SPBU PT Pertamina Retail Kota Makassar adalah 7,8 mm/jam, laju endap darah terendah sebesar 2,0 mm/jam, laju endap darah tertinggi sebesar 25,0 mm/jam. Berdasarkan nilai rujukan dari Laboratorium Klinik Prodia Makassar ditemukan operator pengisian BBM di SPBU yang memiliki laju endap darah normal sebanyak 93,1% dan yang memiliki laju endap darah yang tidak normal sebanyak 6,9%. Berdasarkan hasil analisis korelasi *Kendall tau-b* dengan nilai $\alpha = 0,05$ antara variabel bebas kadar benzena lingkungan kerja dengan variabel terikat laju endap darah diperoleh nilai korelasi $r = 0,331$ dan nilai $p=0,028$. Hasil penelitian ini berarti bahwa kadar benzena lingkungan kerja memiliki korelasi yang cukup kuat terhadap laju endap darah operator pengisian BBM atau dengan kata lain ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap laju endap darah pekerja operator pengisian BBM di SPBU Pertamina Kota Makassar. Berdasarkan nilai korelasi r , penelitian ini menjelaskan bahwa laju endap darah operator pengisian BBM SPBU Pertamina tersebut

dipengaruhi sebesar 0,331 atau 33,1 % oleh kadar benzena yang ada di lingkungan kerja sedangkan sebanyak 66,9% laju endap darah operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar diduga dipengaruhi oleh faktor atau variabel lain yang tidak diteliti.

E. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kadar benzena lingkungan kerja yang ditemukan pada SPBU Pertamina Kota Makassar berada pada konsentrasi yang tidak memenuhi syarat berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No.5 tahun 2018 dengan kadar rata-rata sebesar 14,08 ppm pada SPBU Pertamina COCO 7190202 dan sebesar 26,08 ppm pada SPBU Pertamina COCO 7190277 ($>NAB=0,5\text{ppm}$). Selain itu, ditemukan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap keluhan kesehatan pekerja, kadar Hb ($p=0,620$), hematokrit ($p=0,937$), eritrosit ($p=0,953$), MCV ($p=0,874$), MCH ($p=0,137$), RDW-CV ($p=0,250$), trombosit ($p=0,921$), leukosit ($p=0,858$), basofil ($p=0,484$), eosinofil ($p=0,736$), neutrofil ($p=0,276$), limfosit ($p=0,440$) dan monosit ($p=0,905$) operator pengisian BBM SPBU Pertamina Kota Makassar (nilai p masing-masing $> \alpha=0,05$), dan ada pengaruh yang signifikan antara kadar benzena lingkungan kerja terhadap kadar MCHC ($p=0,024$) dan laju endap darah (LED) ($p=0,028$).

2. Saran

Hasil penelitian ini menyarankan sebagai berikut:

- a. Diharapkan kepada instansi pemerintah yang terkait dengan kesehatan dan keselamatan kerja agar dapat *memonitoring* kualitas udara di lingkungan kerja perusahaan yang berisiko terpajan benzena khususnya pada SPBU-SPBU yang ada dalam wilayah kerjanya untuk mencegah efek kesehatan jangka panjang dari pajanan benzena.
- b. Diharapkan kepada pimpinan Perusahaan untuk mempertimbangkan dan membuat kebijakan K3 khususnya terkait penggunaan APD masker kepada pekerja operator pengisian BBM ataupun yang memiliki kontak langsung dengan BBM untuk menghindari efek

jangka panjang dari pajanan benzena maupun polusi dari kendaraan bermotor yang melakukan pengisian bahan bakar.

- c. Diharapkan agar pekerja dapat menjaga kesehatan dengan cukup mengkonsumsi makanan yang bergizi seimbang dan air minum minimal 2 liter per hari untuk membantu fungsi tubuh dalam mengurangi efek benzena yang telah terhirup.
- d. Kepada peneliti lain yang tertarik dengan efek pajanan benzena agar dapat meneliti faktor lain yang belum diteliti dalam penelitian ini.

BAB VIII

PENILAIAN RISIKO KESEHATAN PAJANAN BENZENA DI UDARA PADA OPERATOR SPBU

A. Pendahuluan

Stasiun pengisian bahan bakar untuk umum (SPBU) merupakan prasarana umum yang disediakan oleh PT Pertamina untuk masyarakat luas guna memenuhi kebutuhan bahan bakar pada umumnya SPBU menjual bahan bakar sejenis premium, solar, pertamax dan pertamax plus (PT Pertamina, 2009). Bahan bakar minyak adalah campuran lebih dari 500 senyawa *hydrocarbon* yang mudah menguap dan benzena merupakan senyawa *hydrocarbon* yang dapat mengganggu kesehatan akibat pajanan bensin (Salim, 2012).

Efek pajanan akut terhadap benzena dengan kadar tinggi (terhadap saraf/*neurological*, kulit/*dermal*, pernapasan/*respiratory* dan pencernaan/*gastrointestinal*) dapat terjadi langsung setelah pajanan (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2007). Kemudian pajanan benzena konsentrasi tinggi (minimal 200 ppm) yang terus berulang dapat menyebabkan kerusakan sistem saraf pusat permanen. Pajanan kronis benzene di tempat kerja dihubungkan dengan gangguan hematologic (seperti *thrombocytopenia*, anemia aplastik, pansitopenia, dan leukemia akut) (ATSDR, 2007) juga mengestimasi bahwa rata-rata pajanan benzena terhadap pekerja di area SPBU adalah sebesar 0,2 ppm.

Sebuah studi yang dilakukan Bahrami, *et al.* (2007) yang membandingkan paparan benzena pada pengemudi taxi dan petugas SPBU di Iran Barat, mendapati bahwa konsentrasi benzena di zona pernapasan petugas SPBU dua sampai tiga kali lebih tinggi dibandingkan pengemudi taxi dan tentu saja tiga kali lebih tinggi dari level (0,5 ppm) ambang batas yang direkomendasikan American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Sementara hasil penelitian yang dilakukan Pudyoko

(2010) mengenai hubungan pajanan benzena dengan kadar fenol dalam *urine* dan gangguan sistem *hematopoietic* pada pekerja instalasi BBM di Semarang, mendapati hasil konsentrasi uap benzena di udara ambians instalasi BBM Semarang cukup tinggi. Konsentrasi terendah pada area perkantoran 0,57 ppm dan tertinggi areal tangki yaitu 86,27 ppm, nilai ini melebihi ambang batas yang ditetapkan. Dari 46 pekerja instalasi BBM di Semarang, didapatkan sebanyak 68,03% pekerja mempunyai jumlah netrofil yang tidak normal, 45,65% jumlah limfositnya tidak normal, 73,91% jumlah monositnya tidak normal, 34,78% laju endapan darah 1 jamnya tidak normal dan 52,17% endapan darah 2 jamnya tidak normal. Hal ini menunjukkan bahwa paparan benzena mempengaruhi sistem *hematopoietic*.

Analisis besaran risiko kesehatan paparan benzena dari penelitian yang dilakukan oleh Irmayanti (2013), pada petugas operator SPBU di wilayah Ciputat tentang memperoleh hasil perhitungan efek non-karsinogenik, konsentrasi agen berisiko dapat menimbulkan efek merugikan kesehatan yaitu pada pajanan *realtime* terdapat 9 orang (21%), sedangkan pada pajanan *lifetime* terdapat 42 orang (98%). Pada hasil perhitungan efek karsinogenik, responden dengan konsentrasi paparan benzena sudah dapat berisiko efek kesehatan karsinogenik adalah pada pajanan *realtime* 9 orang (21%) dan pada pajanan *lifetime* terdapat 43 orang (100%).

Hasil observasi pada stasiun pengisian bahan bakar umum 74-901-04 kota Makassar, menunjukkan bahwa semua petugas operator SPBU tidak memakai Alat Pelindung Diri (APD) saat bekerja. Padahal menurut Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR, 2007) jalur inhalasi terbukti merupakan jalur pajanan yang sangat berisiko menimbulkan penyakit yang diakibatkan benzena. Dan juga padatnya kendaraan berukuran besar yang mengisi bahan bakar dikarenakan lokasi SPBU yang berdekatan dengan pelabuhan bongkar muat peti kemas.

Oleh karena itu, berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, maka penelitian ini dilakukan untuk menjelaskan nilai risiko kesehatan pajanan benzena di udara pada operator SPBU 74-901-04 jalan tentara pelajar nomor 79 Kota Makassar.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan menggunakan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan yang diambil dari langkah-langkah risiko yang digunakan untuk menilai dan melakukan prediksi yang akan terjadi akibat adanya pajanan zat berbahaya, dalam hal ini adalah benzena yang digunakan sebagai salah satu komponen dalam Bahan Bakar Minyak (BBM). Langkah yang dilakukan dalam paradigma analisis risiko ini adalah identifikasi bahaya, analisis pemajanan, dan karakteristik risiko (US-EPA/NRC, 1983 dalam Louvar & Louvar, 1998).

Populasi yang dituju adalah seluruh pekerja yang bekerja hingga saat penelitian dilaksanakan. Jumlah populasi pekerja yang bekerja di SPBU 74-901-04 Kota Makassar yaitu berjumlah 27 orang, terdiri atas 20 karyawan operator mesin pompa BBM, 2 operator nitrogen dan 5 karyawan administrasi. Jumlah sampel yang diambil menggunakan ketentuan National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) yaitu sebanyak 17 orang karyawan yang bekerja di SPBU 74-901-04 Kota Makassar. Penentuan sampel dengan cara teknik *accidental sampling*. Data sekunder penelitian meliputi data yang terkait dengan proses kerja yaitu bahan kimia yang terdapat di area kerja, *Material Safety Data Sheet* bahan tersebut, dan jumlah pekerja yang terlibat. Kemudian untuk data primer terkait dengan konsentrasi benzena di udara, frekuensi pajanan, waktu pajanan, durasi pajanan karyawan terhadap benzena serta berat badan karyawan.

Alat yang digunakan untuk menilai kadar benzena di udara lingkungan kerja dalam penelitian ini bermerek Tiger Select. Tiger Select merupakan detektor gas benzena portabel yang diproduksi oleh Ion Science, produsen terkemuka instrumen pendeteksi gas untuk pemantauan keselamatan kerja dan lingkungan global *United Kingdom* (UK).

Untuk pengolahan data hasil penelitian dilakukan dengan menggunakan metode analisis kuantitatif di mana membandingkan nilai *intake* yang telah didapat dari pekerja dengan nilai konsentrasi referensi (RfC) yang aman bagi pajanan benzena untuk efek-efek non-karsinogenik dan *Cancer Slope Factor* (CSF) untuk efek-efek karsinogenik. Adapun prosedur perhitungannya sebagai berikut:

1. Perhitungan Nilai *Intake*

Untuk menghitung nilai *intake* menggunakan rumus di bawah ini,

$$Intake (I) = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

Keterangan:

- I* : *Intake* (asupan), jumlah *risk agent* yang diterima individu per satuan, mg/kg/hari
C : Konsentrasi *risk agent* benzena di udara (mg/m³)
R : *Rate* (laju asupan) 20 m³/hari/0,83 m³/jam, berdasarkan Us-EPA *Default Exposure Factor* dengan efek pajanan bukan kanker
t_E : Waktu pajanan/bekerja dalam sehari (jam)
f_E : Frekuensi pajanan tahunan (hari/tahun)
D_t : Durasi pajanan, *real time* atau 30 tahun proyeksi
W_b : Berat badan (kg)
T_{avg} : Periode waktu rata-rata, 30 tahun x 365 hari/tahun (non-karsinogenik)

2. Perhitungan risiko Non-Karsinogenik

Kemudian untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan (*Risk Quotient/RQ*) pada karyawan, maka dilakukan perhitungan *RQ* dengan rumus sebagai berikut:

$$RQ = \frac{I_{nk}}{RfD \text{ atau } RfC}$$

RQ (*Risk Quotient*) menyatakan kemungkinan risiko yang potensi alter jadi akibat pajanan benzena. *I_{nk}* adalah *Intake* non-kanker dari hasil perhitungan pajanan (mg/kg/hari). Nilai *RQ* > 1 menunjukkan benzena telah di atas normal, sehingga dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi pengemudi tersebut sepanjang hidupnya. Nilai *RQ* < 1 menunjukkan bahwa pajanan benzena berada di bawah batas yang di perbolehkan sehingga karyawan yang terpajan masih terhitung aman dari risiko kesehatan akibat benzena selama hidupnya. *RfC* adalah dosis atau konsentrasi referensi (mg/m³), dalam perhitungan ini yang dipergunakan adalah *RfC* karena pajanan melalui inhalasi.

3. Perhitungan Risiko Karsinogenik

Untuk risiko kanker dihitung berdasarkan jumlah asupan *risk agent* sepanjang hayat sehingga dapat diketahui berapa besar risiko dampak yang ditimbulkannya terhadap karyawan. Data dan informasi yang dibutuhkan untuk menghitung asupan benzena dalam tubuh karyawan adalah semua variabel dalam formula sebagai berikut (Louvar dan Louvar, 1998).

$$ECR = CSF \times I_k$$

Keterangan:

ECR : *Excess Cancer Risk* (Risiko Kanker)

I_k : *Intake* kanker dari hasil perhitungan penilaian pajanan (mg/kg/hari)

CSF : dosis atau konsentrasi referensi (mg/kg/hari)

Untuk menentukan risiko karsinogenik, maka dibutuhkan nilai *Cancer Slope Factor* (*CSF*). Di mana nilai ini diturunkan dari data yang ada di IRIS tentang nilai *Air Unit Risk* benzena yaitu: $2,2 \times 10^{-6}$ hingga $7,8 \times 10^{-6}$, untuk kemudian di tentukanlah nilai risiko kankernya.

Nilai ambang batas risiko kanker yang dapat diterima, penulis menggunakan mengadopsi dari IRIS US-EPA, yaitu 1×10^{-6} (satu kasus untuk satu juta penduduk) untuk konsentrasi benzena di udara sebesar 13–45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1×10^{-5} (satu kasus dalam seratus ribu penduduk) untuk konsentrasi benzena di udara 1,3–4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan 1×10^{-4} (satu kasus dalam sepuluh ribu penduduk) untuk konsentrasi benzena di udara 0,13–4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dalam penelitian ini dipilih nilai ambang batas risiko kanker adalah 1×10^{-4} untuk konsentrasi benzena di udara 0,13–4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nilai ini dipilih karena populasi responden yang sedikit.

C. Hasil Penelitian

Penelitian berlokasi pada SPBU 74-901-04 Kota Makassar. SPBU ini memiliki 10 mesin pompa bahan bakar, yaitu 4 mesin pompa pertalite, 2 mesin pompa pertamax dan 4 mesin pompa untuk solar. Untuk hari kerja operator mesin bahan bakar minyak yaitu 6 hari kerja dalam satu pekan yang terbagi menjadi 3 *shift*. *Shift* pertama bertugas dari pukul 14.00 sampai dengan pukul 22.00, *shift* kedua bertugas dari pukul 22.00 sampai

dengan pukul 06.00 dan *shift* ketiga bertugas dari pukul 06.00 sampai dengan pukul 14.00. Untuk sistem libur bagi operator SPBU adalah sistem libur tidak tetap yang akan di-*rolling* atau diganti setiap bulannya, jadi hanya satu hari kerja saja untuk hari libur setiap pekannya, dan karyawan akan tetap masuk kerja walaupun hari libur nasional.

1. Karakteristik Responden

Karakteristik pekerja di SPBU 74-901-04 yang bekerja sebagai operator SPBU yang terletak di jalan Tentara Pelajar nomor 79 Kota Makassar diperoleh distribusi frekuensi mahasiswa yang menjadi responden sebagai berikut:

a. Jenis Kelamin

Tabel 8.1

Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Kelamin Petugas Operator SPBU 74-901-04 Kota Makassar

Jenis Kelamin	n	%
Laki-laki	8	47,1
Perempuan	9	52,9
Total	17	100

Berdasarkan tabel 7.1 menunjukkan bahwa responden dengan jenis kelamin laki-laki berjumlah 8 (52,9%) orang dan responden dengan jenis kelamin perempuan berjumlah 9 (47,1%) orang.

b. Umur Petugas Operator SPBU

Umur responden dihitung dari tahun kelahiran sampai tahun saat penelitian dilakukan. Adapun distribusi umur operator SPBU 74-901-04 Kota Makassar adalah sebagai berikut:

Tabel 8.2

Distribusi Responden Berdasarkan Umur Petugas Operator SPBU 74-901-04 Kota Makassar

Umur (tahun)	n	%
19	2	11,8
20	1	5,9
21	1	5,9
22	2	11,8

Umur (tahun)	n	%
24	1	5,9
25	2	11,8
29	3	17,6
31	1	5,9
34	1	5,9
36	2	11,8
39	1	5,9
Total	17	100

Diketahui bahwa umur responden yang berjumlah 2 orang (11,8%) yaitu masing-masing berumur 19, 22, 25 dan 36 tahun, yang berjumlah 1 orang (5,9%) yaitu masing-masing berumur 20, 21, 24, 31, 34 dan 39 tahun dan umur 29 tahun berjumlah 3 orang (17,6%).

c. Berat badan Petugas Operator SPBU (W_b)

Berat badan responden diukur pada saat penelitian dilakukan dengan menggunakan timbangan. Adapun distribusi berat badan operator SPBU 74-901-04 Kota Makassar adalah sebagai berikut:

Tabel 8.3
Distribusi Responden Berdasarkan Berat Badan (W_b) Pada Petugas
Operator SPBU 74-901-04 Kota Makassar

Berat Badan (kg)	n	%
42	1	5,9
45	1	5,9
49	1	5,9
52	1	5,9
53	2	11,8
55	1	5,9
59	1	5,9
60	2	11,8
65	1	5,9
68	1	5,9
69	1	5,9
74	1	5,9
75	1	5,9
80	1	5,9

Berat Badan (kg)	n	%
85	1	5,9
Total	17	100

d. Durasi Pajanan Operator SPBU (D_i)

Durasi pajanan dihitung dari lama kerja responden yaitu hari pertama bekerja sampai saat penelitian dilakukan. Dari Tabel 8.4 diketahui bahwa lama kerja responden yang berjumlah 1 orang masing-masing yaitu 10 bulan, 27 bulan, 33 bulan, 36 bulan, 48 bulan, 72 bulan dan 9 bulan, lama kerja responden yang berjumlah 2 orang masing-masing yaitu 156 bulan dan 3 bulan dan lama kerja responden yang berjumlah 3 orang masing-masing yaitu 24 bulan dan 60 bulan. Adapun distribusi lama kerja operator SPBU 74-901-04 Kota Makassar dapat dilihat pada Tabel 8.4 sebagai berikut:

Tabel 8.4
Distribusi Lama Kerja pada Petugas Operator SPBU 74-901-04 Kota Makassar

Lama Kerja (Bulan)	n	%
10	1	5,9
156	2	11,8
24	3	17,6
27	1	5,9
3	2	11,8
33	1	5,9
36	1	5,9
48	1	5,9
60	3	17,6
72	1	5,9
9	1	5,9
Total	17	100

2. Konsentrasi Benzena di Udara (C)

Berdasarkan tabel 8.5 menunjukkan bahwa yang paling berisiko terpajan benzena yaitu pada responden ke 14 berjenis kelamin laki-laki dengan nilai sebesar 1 ppm atau $3,2\text{mg/m}^3$, bekerja pada *shift* malam di titik 5 dan pada responden dan yang tidak berisiko dan memiliki nilai paling

rendah pada responden ke 11 berjenis kelamin perempuan dengan nilai 0,1 ppm atau $0,3\text{mg/m}^3$, bekerja pada *shift* siang di titik 4.

Adapun distribusi responden berdasarkan konsentrasi benzena di udara terhadap karyawan SPBU 74-901-04 Kota Makassar dapat dilihat pada Tabel 8.5 sebagai berikut:

Tabel 8.5
Distribusi Konsentrasi Benzena di Udara terhadap Karyawan
SPBU 74-901-04 Kota Makassar 2017

Nomor responden	Konsentrasi benzena di udara		Nilai Ambang Batas ¹
	Ppm	mg/m^3	
1***	0,2	0,638	Berisiko apabila > NAB 0,5 ppm/32mg/m ³
2*	0,8	2,6	
3**	0,2	0,6	
4***	0,7	0,2	
5***	0,5	1,6	
6*	0,4	1,3	
7*	0,4	1,3	
8**	0,9	2,9	
9***	0,4	1,3	
10*	0,3	1	
11*	0,1	0,3	
12***	0,6	2	
13*	0,8	2,6	
14**	1,0	3,2	
15***	0,3	1	
16*	0,8	2,6	
17*	0,9	2,9	

Keterangan:

* : Shift 1 Siang 14:00-22:00

** : Shift 2 Malam 22:00-06:00

*** : Shift 3 Pagi 06:00-14:00

¹**Referensi NAB (ppm):** Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang K3 Lingkungan Kerja.

Referensi NAB (mg/m³): Standar Nasional Indonesia 19-0232-2005 tentang Nilai Ambang Batas (NAB) zat kimia di udara tempat kerja.

Contoh hasil pengukuran pada responden pertama apabila dikonversikan ke dalam satuan mg/m^3 sebagai berikut:

$$\text{mg}/\text{m}^3 = \frac{\text{ppm} \times \text{BM}_{\text{Benzena}}}{24,5}$$

(Nedved & Milos, 1991: 123)

$$\text{mg}/\text{m}^3 = \frac{0,2 \times 78,11}{24,5}$$

$$\text{mg}/\text{m}^3 = 0,638$$

3. Perhitungan *Intake* Paparan

a. Waktu Paparan (t_E)

Waktu paparan ditentukan dari berapa lama operator SPBU melayani pembelian BBM. Berdasarkan dari kuesioner yang dibagikan kepada petugas operator SPBU 74-901-04 kota Makassar, dalam satu hari pekerja operator SPBU memiliki waktu kerja yang sama yaitu 8 jam. Jadi dapat disimpulkan bahwa waktu paparan dari petugas operator SPBU adalah 8 jam/hari.

b. Frekuensi Paparan (f_E)

Satuan yang dipakai dalam variabel frekuensi paparan (f_E) adalah hari/tahun. Seberapa lama (dalam hari) paparan benzena yang diterima oleh karyawan di SPBU 74-901-04 kota Makassar dalam satu tahun. Variabel ini didapatkan dari hasil perhitungan jumlah seluruh jam kerja selama satu tahun dikurangi dengan jumlah hari libur. Berdasarkan hasil wawancara dengan manager SPBU bahwa sistem *shift* yang berlaku adalah sistem tiga *shift*, yaitu *shift* pagi (dari pukul 06.00 WITA s.d. 14.00 WITA), *shift* siang (dari pukul 14.00 WITA s.d. 22.00 WITA) dan *shift* malam (dari pukul 22.00 WITA s.d. 06.00 WITA). Jumlah hari kerja untuk operator SPBU yaitu 6 hari/minggu.

Untuk mendapatkan jumlah hari kerja total karyawan dalam satu tahun, peneliti mengalikan jumlah hari kerja (dalam satu minggu) dengan 4 minggu (dalam satu bulan) kemudian dikali 12 bulan

(dalam satu tahun) yaitu 6 hari/minggu x 4 minggu x 12 bulan = 288 hari/tahun.

Berdasarkan informasi dari hasil wawancara dengan petugas operator SPBU, dapat ditentukan frekuensi pajanan dalam satu tahun yaitu 288 hari/tahun.

c. Inhalation Rate (R)

Berikut disajikan tabel distribusi *Inhalation Rate (R)* atau laju asupan terhadap pajanan benzena di udara lingkungan kerja pada karyawan SPBU 74-901-04 Kota Makassar.

Tabel 8.6
Distribusi *Inhalation Rate (R)* terhadap Pajanan Benzena di Udara Lingkungan Kerja pada Petugas Operator SPBU SPBU 74-901-04 Kota Makassar

Nomor Responden	Inhalasi Rate (R) $y = 5,3 \ln(x) - 6,9$	
	m^3/hari	m^3/jam
1	15,541	0,648
2	15,463	0,644
3	16,646	0,694
4	15,912	0,663
5	14,042	0,585
6	14,143	0,589
7	14,143	0,589
8	15,223	0,634
9	14,800	0,617
10	14,800	0,617
11	12,910	0,538
12	16,325	0,680
13	13,727	0,572
14	14,711	0,613
15	14,339	0,5997
16	15,983	0,666
17	13,275	0,553

Untuk nilai *inhalation rate (R)* atau laju inhalasi, penulis menggunakan dasar data yang dihimpun oleh Abrianto (2004), menghimpun berbagai nilai *default* sehingga didapatkan kurva

logaritmik berat badan terhadap laju inhalasi normal (US-EPA, 1997) yang menghasilkan persamaan:

$$y = 5,3 \ln(x) - 6,9$$

dengan : $y = R$ ($m^3/hari$)

$x = W_b$ (kg)

Contoh perhitungan pada responden pertama sebagai berikut:

$$y = 5,3 \ln(x) - 6,9$$

$$m^3/hari = 5,3 \ln(69) - 6,9$$

$$m^3/hari = 15,541 \rightarrow \mathbf{0,648 \text{ m}^3/jam}$$

Dari hasil perhitungan *inhalation rate* (R) pada responden pertama diperoleh nilai $R = 0,648 \text{ m}^3/jam$. Kemudian dihitung juga pada responden kedua sampai responden tujuh belas (lihat tabel 8.6).

Perhitungan *intake* individu sebagai contoh akan dilakukan pada responden pertama dengan data-data yang dimiliki oleh responden pertama adalah sebagai berikut.

a. Perhitungan *Intake* Paparan Non-Kanker

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

$$\begin{aligned} I_{realtime (nk)} &= \frac{0,638 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 13 tahun}{69 kg \times 30 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}} \\ &= 0,0156 mg/kg/hari \\ &= 1,56 \times 10^{-2} mg/kg/hari \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{lifetime (nk)} &= \frac{0,648 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun}{69 kg \times 30 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}} \\ &= 27250,56 mg/kg/hari \\ &= 3,6 \times 10^{-2} mg/kg/hari \end{aligned}$$

Perhitungan asupan pajanan non-kanker dihitung pada pajanan *realtime* yaitu lama sebenarnya responden bekerja di SPBU dan *lifetime* 30 tahun yaitu nilai *default* durasi untuk pajanan non-kanker.

Nilai konsentrasi (C) adalah nilai konsentrasi pajanan pada responden pertama, konsentrasi pajanan setiap responden dilihat dari posisi pekerja saat dilakukan pengukuran. Nilai laju inhalasi (R) adalah nilai *default* laju inhalasi (20m³/hari) yang dikonversi ke dalam jam, sehingga didapatkan nilai 0,83m³/jam. Waktu/lama pajanan (t_E) adalah nilai waktu pajanan responden selama 1 hari, yaitu 8 jam/hari. Nilai ini sama pada semua responden karena lama jam kerja responden adalah 8 jam dalam 1 *shift*. Durasi pajanan (D_t) pada masing-masing responden berbeda tergantung telah berapa lama responden bekerja. Nilai berat badan (W_b) adalah nilai berat badan masing-masing individu yang pasti berbeda.

Setelah dilakukan perhitungan *intake* menggunakan rumus, maka *intake* pada masing-masing petugas operator SPBU adalah pada tabel di bawah ini:

Tabel 8.7
Distribusi Nilai *Intake* (Asupan) Efek Non-Karsinogenik Berdasarkan
Pajanan Benzena *Realtime* dan *Lifetime* pada SPBU 74-901-04
Kota Makassar

Nomor Responden	$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$	
	I_{realtime (nk)} (mg/Kg/Hari)	I_{lifetime (nk)} (mg/Kg/Hari)
1	1,56 x 10 ⁻²	3,6 x 10 ⁻²
2	1,5 x 10 ⁻²	1,59 x 10 ⁻¹
3	1,26 x 10 ⁻²	3,6 x 10 ⁻²
4	1,49 x 10 ⁻²	1,12 x 10 ⁻²
5	1,28 x 10 ⁻³	1,28 x 10 ⁻¹
6	6,78 x 10 ⁻²	1,02 x 10 ⁻¹
7	3,05 x 10 ⁻³	1,02 x 10 ⁻¹
8	1,85 x 10 ⁻²	1,85 x 10 ⁻³
9	1,79 x 10 ⁻²	8,9 x 10 ⁻²
10	1,15 x 10 ⁻²	6,9 x 10 ⁻²
11	1,98 x 10 ⁻³	2,96 x 10 ⁻²

Nomor Responden	$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$	
	$I_{realtime (nk)} \text{ (mg/Kg/Hari)}$	$I_{lifetime (nk)} \text{ (mg/Kg/Hari)}$
12	$1,73 \times 10^{-2}$	$1,04 \times 10^{-1}$
13	$1,69 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-1}$
14	$1,49 \times 10^{-2}$	$2,25 \times 10^{-1}$
15	$2,51 \times 10^{-4}$	$7,54 \times 10^{-2}$
16	$2,39 \times 10^{-2}$	$1,44 \times 10^{-1}$
17	$2,67 \times 10^{-3}$	$2,67 \times 10^{-1}$

b. Perhitungan *Intake* Paparan Kanker

$$I_{realtime (k)} = \frac{0.648 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 13 tahun}{69 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}}$$

$$= 6,7 \times 10^{-3} mg/kg/hari$$

$$I_{lifetime (k)} = \frac{0.648 \frac{mg}{m^3} \times 0,83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun}{69 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}}$$

$$= 1,6 \times 10^{-2} mg/kg/hari$$

Pada paparan benzena yang dapat berakibat kanker, perhitungan yang dilakukan hampir sama, perbedaannya hanya terletak pada nilai periode rata-rata paparan (t_{avg}) untuk kanker menggunakan nilai *default* dari US-EPA *Standard Default Exposure Factors* (1991) sebesar 70 thn x 365 hari/tahun. Adapun hasil dari perhitungan *intake* pada semua responden dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 8.8
Distribusi Nilai *Intake* (Asupan) Efek Karsinogenik Berdasarkan Paparan
Benzena *Realtime* pada SPBU 74-901-04 Kota Makassar

Nomor Responden	$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$		$I_{realtime} (k)$ (mg/Kg/Hari)
	$C \times R \times t_E \times f_E \times D_t$	$W_b \times t_{avg}$	
1	$0.648 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 13 tahun$	$69 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$6,7 \times 10^{-3}$
2	$0.644 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 2,9 tahun$	$68 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$66,6 \times 10^{-3}$
3	$0.694 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 13 tahun$	$85 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$5,4 \times 10^{-3}$
4	$0.663 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 4 tahun$	$74 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$6,4 \times 10^{-4}$
5	$0.585 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 0,3 tahun$	$52 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	55×10^{-4}
6	$0.589 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 2 tahun$	$53 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$2,9 \times 10^{-3}$
7	$0.589 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 0,9 tahun$	$53 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$1,3 \times 10^{-3}$
8	$0.634 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 3 tahun$	$65 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$7,9 \times 10^{-3}$
9	$0.617 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 6 tahun$	$60 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$7,7 \times 10^{-3}$
10	$0.617 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 5 tahun$	$60 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$4,94 \times 10^{-2}$
11	$0.538 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 2 tahun$	$42 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$8,5 \times 10^{-4}$
12	$0.680 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 5 tahun$	$80 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$74, \times 10^{-3}$
13	$0.572 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 2,3 tahun$	$49 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$7,23 \times 10^{-3}$
14	$0.613 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 2 tahun$	$59 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$6,4 \times 10^{-3}$
15	$0.597 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 0,1 tahun$	$55 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$1,07 \times 10^{-4}$
16	$0.666 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 5 tahun$	$75 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$1,02 \times 10^{-2}$
17	$0.553 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 0,3 tahun$	$45 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$1,15 \times 10^{-3}$

Tabel 8.9

Distribusi Nilai *Intake* (Asupan) Efek Karsinogenik Berdasarkan Paparan Benzena *Lifetime* pada SPBU 74-901-04 Kota Makassar

Nomor Responden	$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$		<i>I</i> _{lifetime} (kg) (mg/Kg/Hari)
	$C \times R \times t_E \times f_E \times D_t$	$W_b \times t_{avg}$	
1	$0.648 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$69 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$1,6 \times 10^{-2}$
2	$0.644 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$68 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$6,8 \times 10^{-2}$
3	$0.694 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$85 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$1,25 \times 10^{-2}$
4	$0.663 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$74 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$4,8 \times 10^{-3}$
5	$0.585 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$52 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$5,5 \times 10^{-2}$
6	$0.589 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$53 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$4,4 \times 10^{-2}$
7	$0.589 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$53 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$4,4 \times 10^{-2}$
8	$0.634 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$65 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$7,9 \times 10^{-2}$
9	$0.617 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$60 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$3,9 \times 10^{-2}$
10	$0.617 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$60 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$2,9 \times 10^{-2}$
11	$0.538 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$42 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$1,27 \times 10^{-2}$
12	$0.680 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$80 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$4,5 \times 10^{-2}$
13	$0.572 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$49 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$9,4 \times 10^{-2}$
14	$0.613 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$59 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$9,6 \times 10^{-2}$
15	$0.597 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$55 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$3,2 \times 10^{-2}$
16	$0.666 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$75 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$6,2 \times 10^{-2}$
17	$0.553 \frac{mg}{m^3} \times 0.83 \frac{m^3}{jam} \times 8 \frac{jam}{hari} \times \frac{228hari}{tahun} \times 30 tahun$	$45 kg \times 70 tahun \times 365 \frac{hari}{tahun}$	$1,15 \times 10^{-1}$

4. Karakteristik Risiko

a. Perhitungan *Risk Quotient* (RQ) pada Individu Pekerja untuk Paparan Non-Kanker

Diketahuinya Karakteristik risiko untuk efek non-kanker adalah dengan membagi nilai *intake* dengan *RfD* atau *RfC*. Dalam penelitian ini menggunakan dosis referensi untuk inhalasi sehingga menggunakan nilai *RfC* (*Reference Concentration*). Nilai *RfC* yang digunakan adalah yang ditetapkan oleh IRIS dari US-EPA yaitu sebesar $3 \times 10^{-2} \text{ mg/m}^3$. Nilai *RfC* ini harus di konversi sehingga memiliki satuan mg/kg/hr . Nilai konversi didapat dari penelitian yang dilakukan Rothman *et al.* (US-EPA, 2002) yang menggunakan nilai *default* dari US-EPA yaitu berat badan (W_b) adalah 70kg dan Laju Inhalasi (*R*) adalah $20 \text{ m}^3/\text{hari}$. Maka:

$$R_fC = 0,03 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 20 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \times \frac{1}{70 \text{ kg}} = 0,0084 \text{ mg/kg/hr}$$

$$\text{Risk Quotient RQ} = \frac{I_{nk}}{RfD \text{ atau } RfC}$$

Dari hasil RQ dilihat dengan cara,

- 1) Jika $RQ > 1$ maka konsentrasi agen berisiko dapat menimbulkan efek merugikan kesehatan.
- 2) Jika $RQ \leq 1$ maka konsentrasi agen belum berisiko dapat menimbulkan efek kesehatan.

Perhitungan karakteristik risiko (RQ) pada individu pekerja untuk paparan non-kanker pada responden pertama adalah sebagai berikut:

$$R_fC = 0,03 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 20 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \times \frac{1}{60 \text{ kg}} = 0,84 \times 10^{-2} \text{ mg/kg/hr}$$

$$RQ_{\text{realtime (nk)}} = \frac{1,56 \times 10^{-2} \text{ mg/kg/hari}}{0,84 \times 10^{-2} \text{ mg/kg/hari}} = 1,84 \text{ mg/kg/hari}$$

$$RQ_{\text{lifetime (nk)}} = \frac{3,6 \times 10^{-2} \text{ mg/kg/hari}}{0,84 \times 10^{-2} \text{ mg/kg/hari}} = 1,85 \text{ mg/kg/hari}$$

Diketahui pada responden pertama nilai RQ pada pajanan *realtime* dan pajanan *lifetime*. Ini menunjukkan bahwa pada pajanan *realtime* dan *lifetime* berisiko terhadap efek non-kanker pada responden pertama.

Tabel 8.10

Distribusi Nilai *Risk Quotient* (RQ) Berdasarkan Pajanan Benzena Selama *Realtime* dan *Lifetime* pada SPBU 74-901-04 Kota Makassar

Nomor Responden	Risk Quotient (RQ) = $\frac{I_{nk}}{RfD \text{ atau } RfC}$			
	<i>Real Time</i> (mg/Kg/Hari)	Tingkat Risiko	<i>Lifetime</i> (mg/Kg/Hari)	Tingkat Risiko
1	1,85	Berisiko	4,28	Berisiko
2	1,8	Berisiko	18,9	Berisiko
3	1,75	Berisiko	5	Berisiko
4	0,18	Belum Berisiko	1,33	Berisiko
5	0,11	Belum Berisiko	11,23	Berisiko
6	0,6	Belum Berisiko	8,95	Berisiko
7	0,27	Belum Berisiko	8,95	Berisiko
8	2,06	Berisiko	20,56	Berisiko
9	1,75	Berisiko	8,73	Berisiko
10	1,13	Berisiko	6,76	Berisiko
11	0,14	Belum Berisiko	2,06	Berisiko
12	2,31	Berisiko	13,87	Berisiko
13	1,39	Berisiko	18,03	Berisiko
14	1,49	Berisiko	22,5	Berisiko
15	0,025	Belum Berisiko	7,54	Berisiko
16	2,9	Berisiko	18	Berisiko
17	0,21	Belum Berisiko	20,54	Berisiko

Tabel 8.11

Persentase Nilai *Risk Quotient* (RQ) Pajanan Benzena Selama *Realtime* dan *Lifetime* Berdasarkan Perhitungan Individu pada SPBU 74-901-04 Kota Makassar

Pajanan	Risk Quotient (RQ)	Jumlah		Total
		n	Presentasi (%)	
RQ <i>Realtime</i>	RQ ≤ 1	6	35,3	17
	RQ > 1	11	64,7	
RQ <i>Lifetime</i>	RQ ≤ 1	0	0	17
	RQ > 1	17	100	

Diketahui nilai karakteristik risiko (RQ) dari seluruh responden yaitu pada pajanan *realtime* terdapat 11 karyawan (64,7%) dengan nilai $RQ > 1$ dan 6 orang (35,3%) dengan nilai $RQ < 1$ dan pada pajanan *lifetime*, terdapat 17 karyawan (100%) dengan nilai $RQ > 1$ dan 0 orang (0%) dengan nilai $RQ < 1$.

- b. Perhitungan Risiko Kanker (ECR) individu pada pajanan yang dapat mengakibatkan kanker.

Perhitungan risiko kanker ini akan dihitung pada masing-masing individu dan dihitung dari berapa lama pajanan sepanjang hayat (*lifetime*) selama 70 tahun (Louvar & Louvar, 1998) dan nilai CSF (*Cancer Slope Factor*). Nilai CSF ini dapat ditentukan dari nilai unit risiko benzena melalui inhalasi yang sudah ditetapkan oleh *The Risk Assessment Information System* untuk benzena yaitu $2,73 \times 10^{-2}$.

Setelah didapatkan nilai ECR, maka asumsi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Jika $ECR < 10^{-4}$, maka konsentrasi paparan benzena belum berisiko menimbulkan efek kesehatan karsinogenik.
- 2) Jika $ECR \geq 10^{-4}$, maka konsentrasi paparan benzena sudah dapat berisiko efek kesehatan karsinogenik.

Perhitungan pada responden pertama adalah sebagai berikut:

$$ECR = CSF \times I_k$$

$$ECR_{realtime(k)} = 2,73 \times 10^{-2} \times 6,7 \times 10^{-3} = 1,83 \times 10^{-4}$$

$$ECR_{lifetime(k)} = 2,73 \times 10^{-2} \times 1,55 \times 10^{-2} = 4,23 \times 10^{-4}$$

Adapun hasil dari perhitungan ECR pada semua responden dapat dilihat pada tabel 8.12 dan 8.13 di bawah ini:

Tabel 8.12

Distribusi Nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) Paparan Benzena Selama *Realtime* dan *Lifetime* Berdasarkan Perhitungan Individu pada SPBU 74-901-04 Kota Makassar

Nomor Responden	ECR = CSF x I _k			
	<i>Real Time</i> (mg/Kg/Hari)	Tingkat Risiko	<i>Lifetime</i> (mg/Kg/Hari)	Tingkat Risiko
1	$1,83 \times 10^{-4}$	Berisiko	$4,23 \times 10^{-4}$	Berisiko
2	$1,8 \times 10^{-4}$	Berisiko	$1,8 \times 10^{-3}$	Berisiko
3	$1,47 \times 10^{-4}$	Berisiko	$3,2 \times 10^{-4}$	Berisiko
4	$1,75 \times 10^{-5}$	Belum Berisiko	$1,3 \times 10^{-4}$	Berisiko
5	$1,5 \times 10^{-5}$	Belum Berisiko	$1,5 \times 10^{-3}$	Berisiko
6	$7,9 \times 10^{-5}$	Belum Berisiko	$1,2 \times 10^{-3}$	Berisiko
7	$3,5 \times 10^{-5}$	Belum Berisiko	$1,2 \times 10^{-3}$	Berisiko
8	$2,1 \times 10^{-4}$	Berisiko	$2,1 \times 10^{-3}$	Berisiko
9	$2,1 \times 10^{-4}$	Berisiko	$1,06 \times 10^{-3}$	Berisiko
10	$1,35 \times 10^{-4}$	Berisiko	$7,9 \times 10^{-4}$	Berisiko
11	$2,3 \times 10^{-5}$	Belum Berisiko	$3,5 \times 10^{-4}$	Berisiko
12	$2,02 \times 10^{-4}$	Berisiko	$1,23 \times 10^{-3}$	Berisiko
13	$1,97 \times 10^{-4}$	Berisiko	$2,6 \times 10^{-3}$	Berisiko
14	$1,75 \times 10^{-4}$	Berisiko	$2,6 \times 10^{-3}$	Berisiko
15	$2,9 \times 10^{-6}$	Belum Berisiko	$8,7 \times 10^{-4}$	Berisiko
16	$2,8 \times 10^{-4}$	Berisiko	$1,6 \times 10^{-3}$	Berisiko
17	$3,1 \times 10^{-5}$	Belum Berisiko	$3,1 \times 10^{-3}$	Berisiko

Tabel 8.13

Persentase Nilai *Excess Cancer Risk* (ECR) Paparan Benzena Selama *Realtime* dan *Lifetime* Berdasarkan Perhitungan Individu pada SPBU 74-901-04 Kota Makassar

Paparan	Risk Quotient (ECR)	Jumlah		Total
		n	Presentasi (%)	
ECR	$ECR \leq 10^{-4}$	10	58,8	17
<i>Realtime</i>	$ECR > 10^{-4}$	7	41,2	
ECR	$ECR \leq 10^{-4}$	0	0	17
<i>Lifetime</i>	$ECR > 10^{-4}$	17	100	

Berdasarkan tabel 8.13 menunjukkan bahwa nilai risiko kanker (ECR) seluruh responden yaitu pada paparan *realtime* terdapat 7 karyawan (41,2%) dengan nilai $ECR > 10^{-4}$ dan terdapat 10

karyawan (58,8%) dengan nilai $ECR \leq 10^{-4}$ dan pada pajanan *lifetime*, terdapat 17 karyawan (100%) dengan nilai $ECR > 10^{-4}$ dan tidak terdapat karyawan (0%) dengan nilai $ECR \leq 10^{-4}$.

D. Pembahasan

Penelitian ini terbatas karena hanya memperkirakan risiko kesehatan pajanan benzena terhadap karyawan di SPBU 74-901-74 kota Makassar. Kemudian untuk konsentrasi benzena di udara, pengukuran dilakukan sebanyak jumlah responden yaitu 17 kali pengambilan pada *shift* pagi pukul 10.05-11.00, *shift* siang pukul 13.50–14.15 dan *Shift* malam 22.00–22.38.

Pada SPBU 74-901-74 sendiri tidak menyediakan masker untuk para karyawan karena perusahaan telah memberlakukan peraturan “3S” (Senyum, Salam, Sapa) kepada karyawan operator pompa Bahan Bakar Minyak di setiap SPBU milik perusahaan sejak tahun 2006 ketika mereka melayani *costumer* atau pembeli BBM. Peraturan ini mengakibatkan ketika para operator tersebut sedang melayani pembeli BBM tidak memakai masker. Pekerja hanya akan memakai masker ketika mereka sedang sakit atau merasa kurang enak badan, selain dari itu mereka tidak diperkenankan menggunakan masker. Dari hasil kuesioner juga terbukti bahwa perusahaan sama sekali tidak menyediakan alat pelindung diri (masker dan sarung tangan). Padahal jika petugas operator menggunakan masker pada saat sedang melakukan pengisian bahan bakar minyak, mereka bisa melepas masker untuk menyapa pelanggan dan memakainya kembali untuk melakukan pengisian bahan bakar minyak, dengan demikian peraturan “3S” terlaksana, petugas operator terlindungi dan pelanggan pun merasa senang.

1. Analisis Risiko Pajanan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar untuk Umum (SPBU) 74-901-04 Kota Makassar

a. Konsentrasi benzena di udara ambiens kawasan SPBU 74-901-74 kota Makassar

Pada penelitian ini responden berjumlah 17 orang, yang terbagi menjadi 3 *shift* yaitu 5 perempuan dan 1 laki-laki pada *shift* pagi (dari pukul 06.00 WITA s.d. 14.00 WITA), 4 perempuan dan 4 laki-laki pada *shift* siang (dari pukul 14.00 WITA s.d. 22.00 WITA) dan

3 laki-laki pada *shift* malam (dari pukul 22.00 WITA s.d. 06.00 WITA) dengan jumlah pajanan selama 8 jam dan Jumlah hari kerja untuk operator SPBU yaitu 6 hari/minggu. Pada responden ke 11 berjenis kelamin perempuan belum masuk kategori berisiko terpajan benzena dengan nilai 0,1 ppm atau 0,3 mg/m³, bekerja pada *shift* siang di titik 4 dan pada responden ke 14 berjenis kelamin laki-laki dengan angka pajanan paling tinggi, masuk kategori berisiko terpajan benzena dengan nilai sebesar 1 ppm atau 3,2 mg/m³, bekerja pada *shift* malam di titik 5.

- b. Nilai konsentrasi *intake* pajanan benzena pada karyawan di area Stasiun Pengisian Bahan Bakar untuk Umum (SPBU) 74-901-04 Kota Makassar.

Perhitungan *intake* dilakukan dengan membedakan durasi pajanan, yaitu durasi untuk pajanan *realtime* (perhitungan berdasarkan waktu pajanan yang sebenarnya) dan pajanan *lifetime* (dengan durasi pajanan seumur hidup). Pada pajanan non-karsinogenik periode waktu rata-rata selama 30 tahun untuk orang dewasa, sedangkan pada karsinogenik selama 70 tahun. Nilai risiko (RQ) Pajanan non-karsinogenik dapat diperhitungkan jika diketahui nilai *RfD* atau *RfC*, sedangkan pada karsinogenik dapat diperhitungkan jika diketahui nilai *Cancer Slope Factor*. Besarnya nilai *intake* berbanding lurus dengan nilai konsentrasi bahan kimia, laju asupan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan, yang artinya semakin besar nilai tersebut maka akan semakin besar asupan seseorang. Sedangkan asupan berbanding terbalik dengan nilai berat badan dan periode waktu rata-rata, yaitu semakin besar berat badan maka akan semakin kecil risiko kesehatan.

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui nilai konsentrasi *intake* pajanan benzena efek non-kanker pajanan *realtime* nilai yang tertinggi pada responden 6 dengan nilai $6,78 \times 10^{-2}$ mg/Kg/Hari, nilai yang terendah pada responden 15 dengan nilai $2,51 \times 10^{-4}$ dan pajanan *lifetime* nilai yang tertinggi pada responden 17 dengan nilai $2,67 \times 10^{-1}$ mg/Kg/Hari, nilai yang terendah pada responden 8 dengan nilai $1,85 \times 10^{-3}$ mg/Kg/Hari. Sedangkan Nilai konsentrasi *intake* pajanan benzena efek kanker pajanan *realtime* nilai yang

tertinggi pada responden 10 dengan nilai $4,94 \times 10^{-2}$ mg/Kg/Hari, nilai yang terendah pada responden 15 dengan nilai $1,7 \times 10^{-4}$ dan pajanan *lifetime* nilai yang tertinggi pada responden 17 dengan nilai $1,15 \times 10^{-1}$ mg/Kg/Hari, nilai yang terendah pada responden 4 dengan nilai $4,8 \times 10^{-3}$ mg/Kg/Hari. Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa durasi pajanan sangat berpengaruh terhadap nilai *intake*, semakin lama karyawan bekerja maka nilai *intake* akan semakin besar dan risiko untuk mendapatkan efek yang merugikan kesehatan pun semakin tinggi pula.

- c. Tingkat risiko pajanan benzena terhadap kesehatan (non-karsinogenik dan karsinogenik) karyawan di area Stasiun Pengisian Bahan Bakar untuk Umum (SPBU) 74-901-04 Kota Makassar.

Karakteristik risiko dapat ditentukan dari hasil perbandingan *intake* dengan nilai dosis referensi yang diperbolehkan, dengan hubungan semakin besar *intake* maka akan semakin besar risiko. Nilai R_fC 0,03 dari benzena adalah 0,01 mg/kg/hari (US-EPA, 2003). Nilai ini digunakan baik pada pajanan *realtime* dan *lifetime*. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan pekerja yang memiliki risiko kesehatan dengan pekerja yang belum memiliki risiko kesehatan, hal ini dipengaruhi oleh besar *intake* yang masuk ke dalam tubuh.

Dari hasil perhitungan efek non-karsinogenik, didapatkan nilai RQ dari seluruh responden yaitu pada pajanan *realtime* terdapat 11 karyawan (64,7%) dengan nilai $RQ > 1$ dan 6 orang (35,3%) dengan nilai $RQ < 1$ dan pada pajanan *lifetime*, terdapat 17 karyawan (100%) dengan nilai $RQ > 1$ dan 0 orang (0%) dengan nilai $RQ < 1$. Kesimpulannya pada pajanan *lifetime* berisiko efek non-kanker terhadap pajanan benzena. Efek pajanan akut benzena dengan konsentrasi tinggi pada sistem saraf, kulit, sistem pernapasan dan pencernaan dapat segera terjadi setelah pajanan. Efek neurologis adalah efek yang pertama muncul di pusat sistem saraf. Reaksi anestesi benzena di pusat sistem saraf mirip dengan gas anestesi lain, pertama merangsang eksitasi diikuti oleh depresi, dan jika pajanan terus terjadi, kematian dapat terjadi karena kegagalan pernapasan. Efek pada kulit, pernapasan dan efek gastrointestinal disebabkan sifat iritasi dari benzena (ATSDR, 2007).

Dari hasil perhitungan efek karsinogenik, didapatkan nilai *ECR* seluruh responden yaitu pada pajanan terdapat 7 karyawan (41,2%) dengan nilai $ECR > 10^{-4}$ dan terdapat 10 karyawan (58,8%) dengan nilai $ECR \leq 10^{-4}$ dan pada pajanan *lifetime*, terdapat 17 karyawan (100%) dengan nilai $ECR > 10^{-4}$ dan tidak terdapat karyawan (0%) dengan nilai $ECR \leq 10^{-4}$.

Tidak ada batas terendah yang aman terhadap pemajanan senyawa kimia ini untuk mendapatkan risiko leukemia pada semua tingkat pajanan. WHO memberikan peringatan bahwa setiap pajanan benzena setingkat $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ akan terdapat 4-8 tambahan kasus leukemia per sejuta populasi selama masa hidup (Larbey, 1994 dalam Zuliyawan, 2010). US-EPA, IARC, dan Departemen Kesehatan dan Layanan Kemanusiaan Amerika Serikat telah menyimpulkan bahwa benzena adalah karsinogen terhadap manusia. IARC mengklasifikasikan Benzena di Grup 1 (karsinogenik pada manusia), sedangkan EPA mengklasifikasikan benzena dalam Kategori A (terbukti karsinogen pada manusia) berdasarkan bukti yang meyakinkan pada manusia didukung oleh bukti dari studi hewan. Benzena ditetapkan karsinogen pada manusia untuk semua rute pajanan. Hematologi neoplasma seperti *Leukemia* mielogen akut atau *acute myelogenous leukemia* (AML) telah didokumentasikan terjadi pada pajanan kronis dengan konsentrasi rendah (10 ppm).

2. Dampak Pajanan Benzena

Gejala dan keparahan keracunan benzena bervariasi tergantung pada jenis dan durasi paparan. Keracunan benzena dapat terjadi ketika senyawa ini tertelan, terhirup, atau kontak dengan kulit. Beberapa gejala keracunan paling umum di antaranya adalah mengantuk, pusing, sakit kepala, muntah, dan detak jantung tidak normal. Gejala-gejala yang serius dapat mencakup perubahan keadaan mental, kehilangan kesadaran, dan bahkan kematian. Benzena adalah zat mudah terbakar, beraroma manis, dan berasal dari minyak bumi yang terjadi secara alami maupun sintetis. Benzena merupakan bahan kimia mudah menguap. Uap senyawa ini lebih berat dari udara sehingga cenderung berada di dekat permukaan tanah.

a. Keracunan Uap Benzena

Tingkat rendah uap benzena di udara biasanya tidak berbahaya, tetapi tingkat tinggi dapat menyebabkan keracunan. Menghirup uap benzena tingkat tinggi akan menyebabkan kantuk, pusing, detak jantung cepat atau tidak teratur, sakit kepala, dan tremor. Kasus keracunan parah uap benzena dapat menyebabkan kebingungan, kehilangan kesadaran, dan kematian. Gejala biasanya muncul tidak lebih dari beberapa jam setelah paparan awal dengan tingkat keparahan tergantung pada jumlah uap benzena di udara.

b. Keracunan Akibat Menelan Benzena

Benzena yang tertelan akan menyebabkan muntah, iritasi lambung, vertigo dan insomnia. Selain itu, gejala juga meliputi detak jantung tidak teratur, kejang, dan pada kasus parah kematian. Muntah akan menyebabkan makanan yang terkena benzena terhirup ke paru-paru sehingga menyebabkan batuk atau kesulitan bernapas. Itu sebab, orang yang keracunan akibat menelan benzena tidak boleh dirangsang untuk muntah. *Cardiopulmonary Resuscitation* (CPR) juga tidak boleh dilakukan karena dapat memicu muntah. Paparan benzena jangka panjang bisa mempengaruhi darah, menyebabkan efek merugikan pada sumsum tulang, dan penurunan sel darah merah yang menyebabkan anemia.

c. Keracunan Akibat Kontak Kulit dengan Benzena

Jika benzena kontak dengan kulit atau mata, iritasi atau cedera pada jaringan dapat terjadi. Saat terkena kulit, segera ganti pakaian dan cuci kulit yang terpapar dengan air dan sabun.

d. Efek Kesehatan Lain

Keracunan jangka panjang benzena dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh serta meningkatkan risiko infeksi. Pada wanita, paparan berkelanjutan akan mengubah siklus menstruasi dan mengecilkan ovarium. Benzena adalah karsinogenik yang berpotensi memicu kanker jika seseorang terpapar dalam jangka panjang. Sumber benzena antara lain meliputi gunung berapi, kebakaran hutan, asap dari kebakaran minyak mentah, pembakaran bensin, dan rokok. Benzena juga ditemukan dalam berbagai produk seperti lem, pembersih, cat, dan detergen.

3. Mekanisme Paparan Kronis pada Paparan Benzena

Benzena dapat masuk ke tubuh manusia melalui paru-paru, jalur gastrointestinal, dan lewat kulit. Jika individu terpapar benzena di udara dalam konsentrasi tinggi, kira-kira separuh kadar benzena yang terabsorpsi, masuk ke dalam paru-paru, kemudian masuk ke aliran darah. Melalui pembuluh darah, benzena kemudian disimpan di dalam sumsum tulang dan dalam jaringan lemak. Benzena dikonversi menjadi metabolit dalam hati dan sumsum tulang. Efek bahaya paparan benzena kemungkinan besar disebabkan oleh metabolit ini sebagian besar metabolit benzena keluar dari tubuh manusia dalam bentuk urine, 48 jam setelah terpapar.

4. Absorpsi Benzena dalam Tubuh

Benzena yang masuk melalui inhalasi apabila tidak segera dikeluarkan melalui ekspirasi, maka akan diabsorpsi ke dalam darah. Benzena larut dalam cairan tubuh dalam konsentrasi sangat rendah dan secara cepat dapat berakumulasi dalam jaringan lemak karena kelarutannya yang tinggi dalam lemak. Uap benzena mudah diabsorpsi oleh darah, yang sebelumnya diabsorpsi dengan baik oleh jaringan lemak. Absorpsi benzena ke dalam jaringan tubuh dapat melalui beberapa cara yaitu, pernapasan (inhalasi), melalui kulit (dermal) dan melalui saluran pencernaan (gastrointestinal).

a. Inhalasi (pernapasan)

Benzena masuk ke dalam tubuh dalam bentuk uap melalui inhalasi, dan absorpsi terutama melalui paru-paru, jumlah yang diinhalasi sekitar 40-50% dari keseluruhan jumlah benzena yang masuk ke dalam tubuh. Benzena mudah diabsorpsi melalui pernapasan, ketahanan paru-paru mengabsorpsi benzena mencapai lebih kurang 50% untuk beberapa jam pada paparan di antara $2-100 \text{ cm}^3/\text{m}^3$

b. Dermal (kontak kulit)

Diperkirakan dari studi *in vitro* yang dilakukan pada kulit manusia, bahwa absorpsi gas benzena melalui kulit, lebih kecil dibandingkan dengan total absorpsi, tetapi absorpsi dari gas benzena dapat merupakan rute paparan yang signifikan. Ada penemuan yang

menyatakan bahwa kontak melalui kulit merupakan rute utama absorpsi benzena pada pekerja yang terpapar bensin cair.

c. Gastrointestinal (pencernaan)

Absorpsi benzena yang efektif melalui pencernaan dapat mengakibatkan intoksikasi akut, walaupun data kuantitatif pada manusia masih kurang. Walaupun tidak ada informasi tentang absorpsi oral dari benzena pada larutan encer, diasumsikan bahwa absorpsi oral dari air adalah hampir 100%.

d. Distribusi Benzena

Penyaluran ke seluruh tubuh melalui absorpsi dalam darah, karena benzena adalah lipofilik, maka distribusi terbesar adalah dalam jaringan lemak. Jaringan lemak, sumsum tulang, dan urine mengandung benzena kira-kira 20 lebih banyak dari yang terdapat dalam darah. Kadar benzena dalam otot dan organ 1-3 kali lebih banyak dibandingkan dalam darah. Sel darah merah mengandung benzena dua kali lebih banyak dari dalam plasma.

e. Metabolisme

Metabolic pathway dan interaksi biokimia di dalam tubuh melalui serangkaian reaksi biokimia. Benzena dioksidasi pertama-tama di dalam hati (liver) oleh cytochrome P-450-monooksigenase menjadi benzena oksida. Setelah reaksi ini, beberapa metabolit sekunder terbentuk secara enzimatis dan non-enzimatis.

Metabolit adalah bahan yang dihasilkan secara langsung oleh reaksi biotransfusi. Setelah reaksi oksidasi ini, beberapa metabolit sekunder akan terbentuk secara enzimatis dan non-enzimatis. Biotransformasi benzena dalam tubuh berupa metabolit akhir yang utama adalah fenol yang diekskresi lewat urine dalam bentuk terkonjugasi dengan asam sulfat atau glukuronat. Sejumlah kecil dimetabolisme menjadi katekol, hidrokuinon, karbon dioksida, dan asam mukonat. Reaksi metabolisme benzena.

f. Ekskresi

Eliminasi benzena dalam tubuh melalui ekskresi dan ekshalasi, benzena terutama diekskresikan di dalam urine sebagai metabolit khususnya konjugasi fenol dan glukuronik dan sulphuric acid, dan ekshalasi ke udara dalam bentuk yang tidak berubah. Diperkirakan

sesudah terpajan benzene di tempat kerja pada tingkat $100 \text{ cm}^3/\text{m}^3$, sejumlah 13,2% fenol, 10,2% quinol, 1,9 % t.t-muconic acid, 1,6 % kathekol, dan 0,5% 1,2,4,-benzenatriol dari jumlah yang diabsorpsi, diekskresikan lewat urine sesudah jam kerja. Proporsi benzena yang diabsorpsi kemudian diekskresikan melalui ekshalasi adalah 8-17%. Sejumlah kecil benzena juga terdeteksi dalam urine.

Eliminasi benzena di tempat kerja mengikuti kinetika reaksi orde satu, waktu paruh tergantung pada disposisi benzena pada beberapa bagian tubuh. Waktu paruh yang lebih pendek dilaporkan kira-kira 10-15 menit, sedang 40-60 menit, dan lama 16-20 jam. Bagian dari benzena yang diabsorpsi tanpa diubah adalah 12-50% lewat udara ekspirasi dan kurang dari 1% lewat urine. Jumlah rata-rata fenol yang dieliminasi adalah sekitar 30% dari dosis yang diabsorpsi. Untuk benzena yang tidak mengalami reaksi metabolisme, proses berlangsung reversibel, dan benzena diekskresikan melalui paru-paru.

5. Efek Toksik Benzena

Efek toksik paparan terhadap benzena pada konsentrasi yang sangat tinggi melalui inhalasi atau dosis oral yang besar, mengakibatkan depresi sistem susunan saraf dan dapat berakibat kematian. Pada tingkat permulaan benzena terutama berpengaruh terhadap susunan saraf pusat. Tanda-tanda utamanya adalah: perasaan mengantuk, pusing, sakit kepala, vertigo, dan kehilangan kesadaran.

Pada pemajanan akut tingkat sedang dapat menyebabkan sindroma prenarkosis yang khas, yaitu sakit kepala, perasaan pusing atau mabuk, dan kadang-kadang mengalami iritasi ringan pada saluran napas dan cerna. Pemajanan akut dengan konsentrasi tinggi dapat menyebabkan sesak napas, euforia, tinnitus dan anestesia yang dalam. Bila tidak segera ditolong, dapat terjadi kegagalan pernapasan dan kejang.

Efek toksik yang paling berarti pada paparan benzena adalah kerusakan sumsum tulang yang terjadi secara laten dan sering ireversibel, mungkin disebabkan oleh metabolit benzena epoksida. Sebagai akibatnya menimbulkan kerusakan genetik dari DNA pada perkembangan tunas-tunas sel dalam tulang rawan, meningkatkan pertumbuhan myeloblast

(prekursor sel-sel darah putih) dan penurunan jumlah hitung sel darah merah dan platelet. Jumlah hitung platelet normal mendekati 250.000 dengan *range* dari 140.000 sampai 400.000, jumlah hitung di luar *range* ini bukti akibat toksik benzena.

Paparan benzena dalam waktu lama dapat menyebabkan kanker pada organ pembuat darah. Kondisi ini disebut leukemia. Paparan terhadap benzena juga berhubungan dengan berkembangnya leukemia jenis AML. IARC (International Agency for Cancer Research) dan EPA (Environmental Protection Agency) telah menyatakan bahwa benzena adalah karsinogenik pada manusia, gambaran klinis praleukemia meliputi: anemia, leukopenia, pansitopenia, hiperplasia sumsum tulang, pseudo-Pelger-Huet anomaly dan splenomegali.

Studi yang dilakukan oleh National Cancer Institute (NCI) dan Chinese Academy of Preventive Medicine (CAPM) meneliti *lymphohemafopoietic malignancies* dan gangguan hematologi pada 74.828 pekerja yang terpapar benzena di 672 pabrik pada 12 kota di Cina. Hasilnya: bertambahnya risiko terjadinya semua jenis leukemia, ANLL (*acute non-lymphocytic leukemia*), dan kombinasi antara ANLL dengan prekursor *myelodisplastic syndrome* (MDS).

Risiko-risiko akan bertambah pada paparan rata-rata 10-20 ppm dan paparan 40 kumulatif pada 40-99 ppm/tahun, dan cenderung bertambah lagi bila paparan rata-rata dan paparan kumulatif bertambah. EPA (Environmental Protection Agency) mengklasifikasikan benzena sebagai grup A karsinogen dan memperkirakan bahwa paparan terhadap benzena di udara sebesar 0,004 ppm dalam jangka waktu lama berisiko menimbulkan satu kasus leukemia per 10.000 penduduk. EPA juga mengasumsikan bahwa tidak ada nilai ambang batas untuk efek karsinogenik dari benzena. Abnormalitas hematologik merupakan perhatian utama dalam penilaian risiko terhadap paparan benzena. Pengujian laboratoris yang dilakukan terhadap tenaga kerja yang terpapar benzena dapat mencakup: CBC (*Complete Blood Count*) dengan hitung jenis leukosit, hematokrit, hemoglobin, hitung eritrosit, indeks eritrosit (MCV, MCH, MCHC), dan hitung trombosit.

6. Penanganan Dini terhadap Paparan Benzena

Penanganan dini terhadap paparan benzena dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya yaitu mengonsumsi susu sapi murni untuk menetralkan zat kimia. Susu dinilai sebagai penetral zat makanan yang masuk dalam tubuh anda. Termasuk berguna untuk menetralkan racun, baik timah, logam, cadmium dan sebagainya. Untuk itu sangat tidak dianjurkan untuk meminum susu setelah Anda makan obat. Sebab yang terjadi, zat yang ada dalam obat tersebut malah dinetralkan oleh susu sendiri dan juga baik untuk penderita anemia, penderita anemia adalah orang yang memiliki kandungan hemoglobin kurang. Sehingga untuk menopang pekerjaannya yang terlalu banyak, harus memiliki sel eritrosit yang banyak pula. Salah satu zat yang mampu membantu pekerjaan pembentukan sel darah merah adalah zat besi. Kandungan dalam susu juga cukup zat besi, sehingga membantu untuk membentuk sel eritrosit anda.

Memang tak mungkin menghindari zat-zat kimia, tetapi ada yang bisa kita lakukan untuk mengurangi kadar toksisitasnya dalam tubuh.

- a. Makanan organik, cara terbaik untuk menghindari paparan pestisida pada makanan adalah dengan memilih produk organik. Selain buah dan sayuran, saat ini juga tersedia produk daging dan susu organik.
- b. Baca label, salah satu sumber terbesar zat kimia adalah pada produk perawatan tubuh dan kosmetik. Zat-zat kimia tersebut didesain agar bisa menyerap dengan cepat dan mudah melalui kulit. Anda bisa memilih produk yang bebas paraben dan phthalate.
- c. Olahraga, zat kimia toksin biasanya disimpan dalam tubuh dan salah satu cara efektif untuk memecahnya sel lemak dan membuang zat kimia adalah lewat olahraga rutin.
- d. Kurangi lemak jenuh, “Banyak zat kimia toksik yang terikat ke lemak, begitu zat kimia ini ada dalam tubuh, mereka masuk dalam sel lemak,” kata Smith. Cobalah untuk mulai mengurangi asupan lemak jenuh seperti daging atau gorengan.
- e. Memilih produk pembersih, saat ini kita mungkin menggunakan lebih dari 10 produk pembersih di rumah. Padahal, zat kimia tersebut bersifat toksik jika terhirup, terutama oleh anak-anak. Anda bisa mengganti beberapa bahan pembersih dengan yang lebih alami, misalnya *baking soda* atau cuka.

- f. Hindari plastik, Pilihlah produk berbahan beling ketimbang plastik. Selain itu hindari memasukkan bahan plastik ke dalam *microwave* atau pemanas lain karena zat kimia BPA bisa terserap dalam makanan. Selain itu, peranti masak berbahan *stainless steel* lebih disarankan daripada bahan anti lengket.
- g. Cukupi konsumsi air adalah cara terbaik untuk menyingkirkan toksin dari tubuh, minumlah air minimal 2 liter setiap hari.
- h. Konsumsi air kelapa hijau, kandungan tanin dan antidotum (anti racun) yang terdapat pada air kelapa hijau sangatlah tinggi. Air kelapa hijau juga mengandung enzim yang dapat mengurai sifat racun dalam tubuh (Zuliyawan, 2010; Rendy, 2012; ATSDR, 2006).

E. Simpulan dan Saran

1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis risiko kesehatan pajanan benzena di udara pada petugas operator SPBU 74-901-04 kota Makassar dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

- a. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan konsentrasi benzena di udara SPBU 74-901-04 kota Makassar, yang terpajan benzena di bawah NAB (tidak berisiko) ada 8 operator SPBU, sedangkan yang terpajan benzena di atas NAB (berisiko) ada 9 operator SPBU.
- b. Nilai konsentrasi *intake* pajanan benzena efek non-kanker pajanan *realtime* nilai yang tertinggi pada responden 6 dengan nilai $6,78 \times 10^{-2}$ mg/Kg/Hari, nilai yang terendah pada responden 15 dengan nilai $2,51 \times 10^{-4}$ dan pajanan *lifetime* nilai yang tertinggi pada responden 17 dengan nilai $2,67 \times 10^{-1}$ mg/Kg/Hari, nilai yang terendah pada responden 8 dengan nilai $1,85 \times 10^{-3}$ mg/Kg/Hari. Sedangkan nilai konsentrasi *intake* pajanan benzena efek kanker pajanan *realtime* nilai yang tertinggi pada responden 10 dengan nilai $4,94 \times 10^{-2}$ mg/Kg/Hari, nilai yang terendah pada responden 15 dengan nilai $1,7 \times 10^{-4}$ dan pajanan *lifetime* nilai yang tertinggi pada responden 17 dengan nilai $1,15 \times 10^{-1}$ mg/Kg/Hari, nilai yang terendah pada responden 4 dengan nilai $4,8 \times 10^{-3}$ mg/Kg/Hari.
- c. Tingkat risiko pajanan non-kanker (RQ) pajanan *realtime* terdapat 11 karyawan (64,7%) dengan nilai $RQ > 1$ dan 6 orang (35,3%)

dengan nilai $RQ < 1$ dan pada pajanan *lifetime*, terdapat 17 karyawan (100%) dengan nilai $RQ > 1$ dan 0 orang (0%) dengan nilai $RQ < 1$, sedangkan tingkat risiko kanker (ECR) seluruh responden yaitu pada pajanan *realtime* terdapat 7 karyawan (41,2%) dengan nilai $ECR > 10^{-4}$ dan terdapat 10 karyawan (58,8%) dengan nilai $ECR \leq 10^{-4}$ dan pada pajanan *lifetime*, terdapat 17 karyawan (100%) dengan nilai $ECR > 10^{-4}$ dan tidak terdapat karyawan (0%) dengan nilai $ECR \leq 10^{-4}$.

- d. Pajanan risiko kanker maupun non-kanker seluruh petugas operator SPBU berisiko pajanan *lifetime*.

2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian disarankan beberapa hal sebagai berikut:

- Diharapkan bagi pihak SPBU perlu dilakukan pemeriksaan udara secara berkala untuk mengetahui kondisi tingkat konsentrasi benzena di tempat kerja.
- Diharapkan bagi pihak SPBU perlu dilakukan penyuluhan dan pelatihan kepada pekerja bagaimana posisi aman saat bekerja dan pemeliharaan *personal hygiene*.
- Diharapkan bagi SPBU perlu disediakannya alat pelindung diri (APD) kepada pekerja berupa masker dan sarung tangan untuk mengurangi kontak pajanan benzena.
- Pemeriksaan berkala terhadap kadar *biomarker* pajanan benzena untuk memantau kondisi konsentrasi benzena di udara ambians atau area pernapasan karyawan di SPBU ini.
- Bagi peneliti lainnya dapat mengkaji lebih lanjut mengenai kadar *biomarker* di setiap pekerja di mana pun yang kontak dengan benzena, tidak hanya di SPBU saja tetapi masih banyak pekerjaan-pekerjaan lain yang menggunakan bahan kimia ini sebagai bahan campuran dan tentu saja berisiko terhadap kesehatan pekerjaanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksoy M., 1989. Hematotoxicity and Carcinogenicity of Benzene, *Environmental Health Perspectives*, vol. 82, no. 1, pp. 193–197.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), 2007. Toxicological Profile for Benzene. ATSDR Division of Toxicology and Environmental Medicine/Applied Toxicology Branch 1600 Clifton Road NE Mailstop F-32 Atlanta, Georgia 30333.
- Australian/New Zealand Standard, 2004. *Risk Management*. Australia.
- Baak YM, Ahn BY, Chang HS, Kim JH, Kim KA & Lim Y., 1999. Aplastic Anemia in a Petrochemical Factory Worker, *Environmental Health Perspectives*, vol. 107, no. 10, pp. 851–853.
- Egeghy, Velez, dan Rapport. 2000. *Environment and Biological Monitoring of Benzene during Self-Service Automobile Refueling*. North Carolina, USA.
- EPA. 2004. *User's Guide Biomarkers Data Base*. USA.
- EPA-IRIS. *Toxicological Review of Benzene (Noncancer Effect)*. Washington, 2002.
- Fang M.Z., Shin M.K., Park K.W., Kim Y.S., Lee J.W. & Cho M.H., 2000. Analysis of urinary S-phenylmercapturic acid and trans-muconic acid as exposure biomarkers of benzene in petrochemical and industrial areas of Korea, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, vol. 26, no. 1, pp. 62–66.
- Fatonah I. 2010. *Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Benzene pada Pekerja Sepatu 'X' di Kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur Tahun 2010*. Tesis. Depok.
- Fenga C., Gangemi S., Giambo F., Tsitsimpikou C., Golokhvast K., Tsatsakis A. & Costa C., 2016. Low-dose occupational exposure to benzene and signal transduction pathways involved in the regulation of cellular response to oxidative stress. *Life Sciences*. Elsevier B.V., vol. 147 (February), pp. 67–70.

- Frandsen, R.D. 1992. *Anatomi dan Fisiologi Ternak Edisi ke-4*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Gandasoebrata, R. 2013. *Penuntun Laboratorium Klinik*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Goldstein B.D., 2010. Benzene as a cause of lymphoproliferative disorders, *Chemico-Biological Interactions*, vol. 184, no. 1–2, pp. 147–150.
- Hämäläinen, P., Takala, J., & Boon Kiat, T. 2017. Perkiraan Global Kecelakaan Kerja dan Penyakit yang Berhubungan dengan Kerja 2017. *Kongres Dunia XXI tentang Keselamatan dan Kesehatan di Tempat Kerja*. Singapura: Lembaga Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
- Haryanto, B. 2005. *Dampak Kesehatan Pencemaran Udara. Urbant Air Qwality Improvement Project*. Jakarta.
- Hayat, Irmayanti. 2012. *Analisis Besaran Risiko Kesehatan Paparan Benzena pada Petugas Operator SPBU di Wilayah Ciputat*.
- Indriani, Mendi. 2017. *Pengaruh Konsentrasi pH Buffer Giemsa terhadap Morfologi Leukosit pada Preparat Sumsum Tulang*. Undergraduate thesis. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- IPCS. *Risk Assessment Terminology*. Geneva, 2004. Diunduh dari <http://www.inchem.org/documents/harmproj/harmproj/harmproj1.pdf>.
- Jou J.M., Lewis S.M., Briggs C., et al. 2011. ICSH review of the measurement of erythrocyte sedimentation rate. *Int. Jnl. Lab. Hem.* 2011;33:125-32.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). 2017. Jumlah SPBU di Indonesia, available at: < <http://www.indikatorbima.com/2017/06/taukah-anda-berapa-jumlah-spbu-di.html>>.
- Kim S., 2006. *Benzene Metabolism in Humans: Dose-dependent Metabolism and Interindividual Variability*. PhD thesis. Departement of Environmental Science and Engineering School of Public Health, University of North Carolina, Chapel Hill.
- Kim S., Vermeulen R., Waidyanatha S., Johnson B.A., Lan Q., Smith M.T., Zhang L., Li G., Shen M., Yin S., Rothman N. & Rappaport S.M., 2006. Modeling Human Metabolism of Benzene Following

- Occupational and Environmental Exposures, *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, vol. 15, no.11, pp. 2246–2253.
- Kirkeleit J., 2007. *Benzene Exposure and Hematological Effects among Offshore Workers Exposed to Crude Oil*. PhD thesis. University of Bergen, Norway.
- Kiswari. 2014. *Hematologi dan Transfusi*. Jakarta: Erlangga.
- Mahmood, N. A. et al. 2011. Measurement of Total Antioxidant Status (TAO) and Superoxide dismutase (SOD), Catalase (CAT) Enzymes in Petrol Station workers'. *Iraqi Journal of Community Medicine*, vol. 24, no. 2, pp. 120–124.
- Mark A. Friend and James P. Kohn. 2007. *Fundamentals of Occupational Safety and Health*, Fourth Edition. Plymouth, UK: Government Institutes, An imprint of The Scarecrow Press, Inc.
- Melikian A.A., O'Connor R., Prahalad A.K., Hu P., Li H., Kagan M. & Thompson, 1999. Determination of the urinary benzene metabolites S -phenylmercapturic acid and trans,trans-muconic acid by liquid chromatography-tandem mass spectrometry, *Journal Carcinogenesis*, vol. 20, no. 4, pp. 719–726.
- Milos Nedved, Sumanto Iman Khasani, 1991. *Dasar-Dasar Keselamatan Kerja Bidang Kimia dan Pengendalian Bahaya Besar*. Jakarta: ILO.
- NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), 2007. *NIOSH Pocket Guide To Chemical Hazards*. NIOSH Publications 4676 Columbia Parkway Cincinnati, Ohio.
- Nugraha, G. 2015. *Panduan Pemeriksaan Laboratorium Hematologi*. Jakarta: Trans Info Media.
- Pal M., Sharma C.K., Pandey P., Singh R., Meena A.K. & Singh R.K., 2016. Benzene Induced Hematototoxicity and Recent Scenarios, *International Journal of Scientific and Innovative Research*, vol. 4, no. 1, pp. 51–55.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No.5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja. *Nilai Ambang Batas Faktor Kimia Benzena*. Jakarta.
- Pudyoko S, 2010. *Hubungan Paparan Benzene dengan Kadar Fenol dalam*

- Urine dan Gangguan Sistem Hematopoietik pada Pekerja Instalasi BBM*. Masters Thesis. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rachman A., dkk. 1990. *Pedoman Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: Depkes RI.
- Rahman, dkk. 2007. *Public Health Assessment: Model Kajian Prediktif Dampak Lingkungan dan Aplikasinya untuk Manajemen Risiko Kesehatan*. Depok.
- Ramli, S. 2010. *Manajemen Risiko: Dalam perspektif K3 OHS Risk Management*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Ridley, John. 2008. *Ikhtisar Kesehatan dan Keselamatan Kerja Edisi Ketiga*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sacher Ronald A., Richard A. McPherson. 2009. *Tinjauan Klinis Hasil Pemeriksaan Laboratorium*, Edisi 11. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC
- Sadikin, M. 2002. *Biokimia Darah*. Jakarta: Widya Medika.
- Safithri R. 2017. *Profil Darah Operator SPBU yang Terpapar Benzena (Studi di SPBU Kecamatan Panji dan Situbondo Kabupaten Situbondo)*. Undergraduate thesis. Public Health Faculty, Jember University, East Java.
- Salim, Rendy Noor. 2012. “*Analisis Risiko Kesehatan Paparan Benzena pada Karyawan di SPBU ‘X’ Pancoranmas Depok*”.
- Santoso, Gempur. 2004. *Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Sastroasmoro, Sudigdo, dkk. 2002. *Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Klinis Edisi ke-2*. Jakarta: CV Sagung Seto.
- Sherwood, Lauralee. 2011. *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem (Human Physiology: from Cell to Systems)*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Smith M.T., Zhang L., McHale C.M., Skibola C.F. & Rappaport S.M., 2011. Benzene, the exposome and future investigations of leukemia etiology. *Chemico-Biological Interactions, Elsevier Ireland Ltd*, vol.192 no. 1–2, pp. 155–159.
- Soeripto M. 2008. *Higiene Industri*. Jakarta: Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Subaris, Heru dan Haryono. 2008. *Hygiene Lingkungan Kerja (Pedoman*

- bagi Tenaga Kesehatan di Rumah Sakit, Puskesmas, dan Instansi Lainnya serta Dosen, Mahasiswa). Yogyakarta: Mitra Cendekia Press.
- Suma'mur. 2014. *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (HIPERKES) Edisi 2*. Jakarta: CV Sagung Seto.
- Susilowati, Betty. 2011. *Resiko Kesehatan terhadap Paparan Benzene pada Pekerja Industri Sepatu Kulit di PIK Pulogadung*. Depok.
- Tarwaka. 2014. *Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3): Manajemen dan Implementasi K3 di Tempat Kerja*, Edisi Kedua. Surakarta: Harapan Press.
- Tualeka, Abdul Rohim. 2017. *Toksikologi Klinik Detoks Benzena*. Surabaya: CV Bumi Lestari.
- Tunsaringkarn T., Siriwong W., Rungsiyothin A. & Nopparatbundit S., 2012. Occupational exposure of gasoline station workers to BTEX compounds in Bangkok, Thailand. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, vol. 3, no. 3, pp. 117–125.
- Tunsaringkarn T., Soogarun S. & Palasuwan A., 2013. Occupational exposure to benzene and changes in hematological parameters and urinary trans, trans-muconic acid. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, vol. 4, no. 1, pp. 45–49.
- Undang-Undang RI No. 1. 1970. Undang-Undang Keselamatan Kerja. Jakarta: Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI.
- Undang-Undang RI No. 13. 2003. Undang-Undang tentang Ketenagakerjaan Pasal 86 ayat 1 dan 2. Jakarta: Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi.
- Undang-Undang RI No.36. 2009. Undang-Undang tentang Kesehatan Pasal 163 dan 165. Jakarta: Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia RI.
- UNEP, ILO & WHO, 1993. International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 150. WHO Library Cataloguing in Publication Data.
- Waidyanatha S., Rothman N., Li G., Smith M.T., Yin S. & Rappaport S.M., 2004. Rapid determination of six urinary benzene

- metabolites in occupationally exposed and unexposed subjects. *Analytical Biochemistry*, vol. 327, pp. 184–199.
- Weaver V.M., Buckley T. & Groopman J.D., 2000. Lack of Specificity of trans, trans-Muconic Acid as a Benzene Biomarker after Ingestion of Sorbic Acid-preserved Foods. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, vol. 9 (July), pp. 749–755.
- WHO. 1996. *The World Health Report 1996*. Geneva, Switzerland: WHO Library Cataloguing in Publication Data.
- WHO. 2010. Preventing Disease Through Healthy Environments. Exposure To Benzene: A Major Public Health Concern. Geneva, Switzerland: WHO Document Production Services.
- WHO. 2010. World Health Statistic 2010. Geneva, Switzerland: WHO Library Cataloguing in Publication Data.
- Wiraagni I.A., Dwiprahasto I., Ngatidjan, 2012. The Correlation Between The Intensity Of Benzene Exposure and Complete Blood Count in the Oil and Natural Gas Company Workers in East Kalimantan. *Journal of the Medical Sciences (Berkala Ilmu Kedokteran)*, vol.4, no.1, pp. 99-110
- World Health Organization. *Air Quality Guidelines for Europe Second Edition*. Copenhagen, 2000. Diunduh dari http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf
- Zhang L., Ye F., Chen T., Mei Y. & Song S., 2011. Trans, trans-muconic acid as a biomarker of occupational exposure to high-level benzene in China. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, vol. 53, no. 10, pp. 1194–1198.
- Zuliyawan. 2010. *Analisis Resiko Kesehatan Paparan Benzene Melalui Penentuan Level tt-MA dalam urine karyawan di SPBU X Jakarta Utara*. Skripsi. Universitas Indonesia, Depok.

DAFTAR SINGKATAN

1. ACGIH : American Counsel of Government Industrial Hygienists
2. AML : *Acute Myelogenous Leukemia*
3. ANLL : *Acute Non-Lymphocytic Leukemia*
4. APD : Alat Pelindung Diri
5. ARKL : Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan
6. ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry
7. BBM : Bahan Bakar Minyak
8. BM BENZENA : Berat Molekul Benzena
9. CAPM : Chinese Academy of Preventive Medicine
10. CBC : *Complete Blood Count*
11. CFU/m³ : *Colony Forming Unit per meter cubic*
12. CO : Karbon Monoksida
13. CPR : *Cardiopulmonary Resucitation*
14. EPA : Environmental Protection Agency
15. H₂S : Gas Hidrogen Sulfida
16. HIPERKES : Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja
17. IARC : International Agency for Research on Cancer
18. IPCS : International Practical Shooting Confederation
19. ISO : International Organization for Standardization
20. K3 : Kesehatan dan Keselamatan Kerja
21. MSDS : *Material Safety Data Sheet*
22. NAB : Nilai Ambang Batas
23. NCI : National Cancer Institute
24. NH₃ : Amonia atau Hidrogen Nitrida
25. OHSAS : Occupational Health and Safety Assesment Series
26. OSHA : Occupational Safety and Health Administration
27. PPM : *Part Per Million*

- 28. PPB : *Part Per Billion*
- 29. PVC : *Poly Vinyl Chloride*
- 30. SO₂ : Sulfur Dioksida
- 31. SPBU : Stasiun Pengisian Bahan bakar Umum
- 32. SUTET : Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi
- 33. SUTT : Saluran Udara Tegangan Tinggi
- 34. TACs : *Total Aromatic Compounds*
- 35. TLD Badge : dosimeter termoluminesensi
- 36. TV : *Television*
- 37. VHF : *Very high frequency* atau frekuensi sangat tinggi
- 38. VOC : *Volatile Organic Compound*

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Informed Consent (Lembar Persetujuan) **Pengambilan Sampel Biomedis**

Saya telah mengetahui dan memperoleh penjelasan bahwa kegiatan ini merupakan kegiatan pengumpulan data dari penelitian dengan judul **“PENGARUH KADAR BENZENA TERHADAP GEJALA GANGGUAN KESEHATAN PEKERJA SPBU PERTAMINA DI KOTA MAKASSAR”** di mana risiko yang mungkin akan timbul adalah saat pengambilan darah akan sedikit terasa nyeri. Risiko yang lain adalah terjadi infeksi, penyakit menular, pendarahan, penggumpalan darah, namun tim peneliti akan berusaha semaksimal mungkin untuk meniadakan risiko tersebut dengan cara menggunakan alat yang steril dan baru, tindakan *antiseptic* yang baik, pemberian obat untuk mengatasi penggumpalan darah, serta pengambilan darah dilakukan oleh tenaga medis yang berpengalaman yaitu petugas kesehatan dari Laboratorium yang ditunjuk.

Saya telah diberikan penjelasan tentang hal tersebut dan saya telah diberikan kesempatan untuk bertanya mengenai hal-hal yang belum dimengerti dan telah mendapatkan jawaban yang jelas dan benar. Oleh karena itu saya,

Nama :
Umur :
Alamat Rumah :

Dengan ini menyatakan secara sukarela bersedia menjalani pengambilan darah dan memberikan darah saya sebagai subjek dalam penelitian ini untuk dilakukan pemeriksaan kadar hematologi lengkap

untuk dijadikan subjek penelitian yang berjudul **“Pengaruh Kadar Benzena terhadap Gejala Gangguan Kesehatan Pekerja SPBU Pertamina di Kota Makassar”**.

Makassar,
Responden
(.....)

KUESIONER PENELITIAN

“Kajian tentang Pengaruh Kadar Benzena terhadap Gejala Gangguan Kesehatan Pekerja SPBU Pertamina”

Nama Responden :
Tanggal Wawancara :
Nomor Responden :
Alamat/Telp./HP yang dapat dihubungi :

PETUNJUK PENGISIAN

- Peneliti memohon dengan hormat bantuan dan kesediaan Bapak/Ibu/Saudara (i) untuk menjawab seluruh pertanyaan yang ada.
- Peneliti memohon pada Bapak/Ibu/Saudara (i) untuk menjawab pertanyaan dengan sejujur-jujurnya.
- Kode * merupakan pilihan. Lingkari salah satu pilihan.

I. Karakteristik Responden

- Tanggal lahir/umur : / tahun
- Jenis Kelamin : a. Laki-Laki
b. Perempuan
- Kebiasaan merokok* : a. Merokok (Ke No. 4)
b. Tidak Merokok (Ke No.5)
- Jumlah Rokok : batang/hari
- Masa Kerja : tahun bulan
- Waktu Kerja : Jam
- Penggunaan APD* : a. Masker :
1). Ya 2). Tidak 3). Kadang-kadang
b. Sarung Tangan :
1). Ya 2). Tidak 3). Kadang-kadang
c. Safety Shoes :
1). Ya 2). Tidak 3). Kadang-kadang
d. Topi :
1). Ya 2). Tidak 3). Kadang-kadang

8. Tinggi Badan : cm
9. Berat Badan : kg
10. Tekanan Darah : mm/Hg
11. Status Nikah : ☐ Belum Menikah
☐ Menikah
☐ Janda/Duda
12. Pendidikan Terakhir : ☐ Tidak Tamat SD
☐ Tamat SD
☐ Tamat SMP
☐ Tamat SLTA
☐ Akademi/Perguruan Tinggi

II. Higiene Perorangan

1. Pakaian kerja sehari-hari
 - (a) Baju, celana, APD (_____)
 - (b) Baju, celana tanpa APD
2. Kebiasaan mencuci tangan sebelum makan
 - (a) Ya, pakai sabun
 - (b) Ya, tidak pakai sabun
 - (c) Tidak
 - (d) Kadang-kadang
3. Kebiasaan mandi setelah bekerja
 - (a) Setiap hari
 - (b) Kadang-kadang

III. Gangguan Kesehatan

1. Apakah Bapak/Ibu pernah sakit atau mengalami gangguan kesehatan selama bekerja di SPBU ini:
 - (a) Ya
 - (b) Tidak
2. Dalam 1 (satu) bulan terakhir, apakah Bapak/Ibu merasakan gejala gangguan kesehatan berikut:

No	Gejala Gangguan Kesehatan	Ya	Tidak
1	Sakit kepala/pusing		
2	Sempoyongan/mata berkunang-kunang ketika bangun dari duduk/jongkok atau ketika berdiri		
3	Sesak napas/dada		
4	Batuk-batuk		
5	Kurang nafsu makan		
6	Mata perih/berair/rasa terbakar		
7	Mual/gangguan lambung/mag		
8	Kulit gatal-gatal/rasa terbakar		

3. Dalam **6 (enam) bulan terakhir**, apakah Bapak/Ibu merasakan gejala gangguan kesehatan berikut:

No	Gejala Gangguan Kesehatan	Ya	Tidak
1	Sakit kepala/pusing		
2	Sempoyongan/mata berkunang-kunang ketika bangun dari duduk/jongkok atau ketika berdiri		
3	Sesak napas/dada		
4	Batuk-batuk		
5	Kurang nafsu makan		
6	Mata perih/berair/rasa terbakar		
7	Mual/gangguan lambung/mag		
8	Kulit gatal-gatal/rasa terbakar		

4. Dalam **1 (satu) tahun terakhir**, apakah Bapak/Ibu merasakan gejala gangguan kesehatan berikut:

No	Gejala Gangguan Kesehatan	Ya	Tidak
1	Sakit kepala/pusing		
2	Sempoyongan/mata berkunang-kunang ketika bangun dari duduk/jongkok		
3	Sesak napas/dada		
4	Batuk-batuk		
5	Kurang Nafsu makan		
6	Mata perih/berair/rasa terbakar		
7	Mual/gangguan lambung/mag		
8	Kulit gatal-gatal/rasa terbakar		

5. Apakah gejala gangguan kesehatan tersebut dirasakan juga sebelum bekerja sebagai operator SPBU:
- (a) Ya, semuanya
 - (b) Ya, sebagian
 - (c) Tidak sama sekali
6. Dalam setahun terakhir, apakah Ibu/Saudari mengalami gangguan reproduksi berikut selama bekerja di SPBU? ***(Khusus Untuk Responden Perempuan)**
- (a) Gangguan siklus haid*
 - (b) Keguguran*
 - (c) Sulit hamil*/punya anak
 - (d) Lainnya: _____
 - (e) Tidak Ada _____
7. Dalam setahun terakhir, apakah Bapak/Saudara mengalami gangguan reproduksi berikut selama bekerja di SPBU? ***(Khusus untuk Responden Laki-Laki)**
- (a) Ejakulasi dini
 - (b) Libido menurun
 - (c) Belum punya anak
 - (d) Lainnya: _____
 - (e) Tidak ada _____
8. Dalam satu tahun terakhir, selain gejala gangguan kesehatan tersebut di atas apakah Bapak/Ibu pernah didiagnosis menderita penyakit tertentu oleh dokter/bidan/perawat/mantri/petugas kesehatan lainnya?
- (a) Ya, penyakit..... (mohon diisi)
 - (b) Tidak
9. Dalam satu tahun terakhir, apakah Bapak/Ibu mempunyai rasa ketergantungan ingin mencium bau tertentu (BBM)?
- (a) Ya
 - (b) Tidak

10. Apakah Bapak/Ibu merasa terganggu dengan bau BBM di SPBU?
- (a) Ya
 - (b) Tidak

LAMPIRAN 2

KUESIONER PENELITIAN

“Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Benzena di Udara terhadap Petugas di SPBU 74-901-04”

Saya telah diberikan penjelasan tentang tujuan penelitian ini dan saya telah diberikan kesempatan untuk bertanya mengenai hal-hal yang belum dimengerti dan telah mendapatkan jawaban yang jelas dan benar. Oleh karena itu saya,

Nama :
Umur :
Alamat Rumah :

Dengan ini menyatakan secara sukarela bersedia sebagai responden dalam penelitian ini.

Makassar,
Responden

(.....)

A. KARAKTERISTIK RESPONDEN

1. Nama :
2. Jenis kelamin : Laki-laki/Perempuan
3. Pendidikan Terakhir :
 - a. Tidak/belum sekolah
 - b. Belum/tidak tamat SD
 - c. Sekolah Dasar (SD)
 - d. SMP
 - e. SMA
 - f. D-3/S-1 ke atas
4. Apakah Anda merokok?
 - a. Ya. Berapa batang dalam sehari?

.....

- b. Sudah berhenti merokok sejak?
.....
- c. Tidak
- 5. Apakah dalam 2 minggu terakhir Anda pernah merasakan/mengeluh pusing?
 - a. Jika ya, berapa kali?
 - b. Jika tidak, lanjut ke pertanyaan no. 6
- 6. Apakah dalam 2 minggu terakhir Anda pernah merasakan/mengeluh sesak napas?
 - a. Jika ya, berapa kali?
 - b. Jika tidak, lanjut ke pertanyaan no. 7
- 7. Apakah dalam 2 minggu terakhir Anda pernah merasakan/mengeluh mual?
 - a. Jika ya, berapa kali?.....
 - b. Jika tidak, lanjut ke pertanyaan no.8
- 8. Apakah dalam 2 minggu terakhir Anda pernah merasakan/mengeluh muntah?
 - a. Jika ya, berapa kali?.....
 - b. Jika tidak, lanjut ke pertanyaan no.9
- 9. Apakah dalam 2 minggu terakhir Anda pernah merasakan/mengeluh mudah/cepat marah?
 - a. Ya
 - b. Tidak

B. KARAKTERISTIK ANTROPOMETRI

- 1. Umur : tahun
- 2. Berat Badan : kg (penimbangan langsung)
- 3. Pola aktivitas
 - a. Sejak kapan Anda bekerja di SPBU ini?
.....
 - b. Pukul berapa Anda mulai bekerja dan pulang dari SPBU ini?
.....
 - c. Dalam satu minggu, berapa hari Anda bekerja di SPBU ini?
.....

- d. Berapa hari Anda mendapat jatah libur setiap minggunya?.....
dan hari apa saja?.....
Apakah libur nasional Anda juga libur atau tetap masuk kerja?
.....

C. PENGGUNAAN ALAT PELINDUNG DIRI (APD)

1. Apakah di tempat kerja Anda menyediakan masker (penutup hidung) untuk Anda bekerja?
 - a. Jika ya, lanjut ke pertanyaan no. 2
 - b. Jika tidak, lanjut ke pertanyaan no. 3
2. Apakah Anda selalu memakai masker (penutup hidung) dalam bekerja?
 - a. Ya (setiap hari)
 - b. Kadang-kadang
 - c. Tidak pernah. Alasannya kenapa?
.....
3. Apakah di tempat kerja Anda menyediakan sarung tangan untuk Anda bekerja?
 - a. Jika ya, lanjut ke pertanyaan no. 4
 - b. Jika tidak, lanjut ke pertanyaan no. 5
4. Apakah Anda selalu memakai sarung tangan dalam bekerja?
 - a. Ya (setiap hari)
 - b. Kadang-kadang
 - c. Tidak pernah. Alasannya kenapa?
.....
5. Apakah di tempat kerja Anda menyediakan *safety glasses* (kacamata *safety*) untuk Anda bekerja?