



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS RESIKO KESEHATAN PAJANAN XYLENE
PADA PEKERJA BENGKEL SEPATU 'X'
DI KAWASAN PERKAMPUNGAN INDUSTRI KECIL (PIK)
PULOGADUNG JAKARTA TIMUR 2010**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Kesehatan Masyarakat**

**YANA IRAWATI
NPM 0806443603**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
KEKHUSUSAN KESEHATAN LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2010**

i

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Yana Irawati
NPM : 0806443603
Tanda Tangan : 
Tanggal : 30 Juni 2010

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Yana Irawati

NPM : 0806443603

Mahasiswa Program : Ilmu Kesehatan Masyarakat

Tahun Akademik : 2008/2010

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan tesis saya yang berjudul:

Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Xylene pada Pekerja Bengkel Sepatu 'X'
di Kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur 2010

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 30 Juni 2010

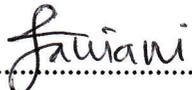
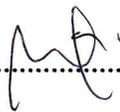


HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Yana Irawati
NPM : 0806443603
Program Studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Judul Tesis : Analisis Resiko Kesehatan Paparan Xylene
pada Pekerja Bengkel Sepatu 'X'
di Kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK)
Pulogadung Jakarta Timur 2010

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Kesehatan Masyarakat pada Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Zakianis, SKM, MKM (.....)
Penguji 1 : Laila Fitria, SKM, MKM (.....)
Penguji 2 : Drs. Abdur Rahman, M. Env. (.....)
Penguji 3 : Ricki M. Mulia, ST, M. Sc (.....)
Penguji 4 : S. Faisal Parouq, SKM, M. Sc (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Juni 2010

iv

ATA PENGANTAR

Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Magister Kesehatan Masyarakat. Selama penulisan tesis ini penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Secara khusus penulis menyampaikan terima kasih atas segala bantuan dan partisipasinya kepada:

1. Ibu Zakianis, SKM, MKM, selaku pembimbing tesis yang telah memberikan arahan dan membantu penulis menyelesaikan studi tepat waktu.
2. Ibu Laila Fitria, SKM, MKM dan Bapak Drs. Abdur Rahman, M. Env. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, saran dan fasilitas referensi.
3. Bapak Ricki M. Mulia, ST, M.Sc dan Bapak S. Faisal Parouq, SKM, M.Sc yang telah meluangkan waktu menjadi penguji dan memberikan masukan dan saran yang berharga untuk penyempurnaan tesis ini.
4. Kantor BLUD Pengelola Kawasan PIK Pulogadung yang memfasilitasi dan memberikan ijin sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik dan lancar.
5. Orang tua (Bapak Mawardi, Bapak Oman dan Mamah Sukaesih) serta saudara-saudariku tercinta, atas doa serta dukungan moril maupun materiil yang begitu besar
6. Suamiku tercinta, Lukman, ST, M.Hum dan jagoan kecilku, Praditya Muhammad yang selalu setia menemani perjuanganku dan tanpa kenal lelah memberikan semangat hingga tesis ini dapat rampung tepat pada waktunya.
7. Rekan-rekan seperjuangan (Naniek, Mbak Dini, Hanna, Yuni, Fira dan lain-lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu), semoga Allah senantiasa memberkahi pertemanan kita.
8. Orang-orang tercinta yang telah tiada namun kebaikannya tetap hidup dalam gerak dan langkahku, terima kasih, semoga Allah senantiasa mencintai kalian karena keindahan amal yang kalian tinggalkan kepada kami.

Sadar akan keterbatasan yang ada, maka segala bentuk kritik dan saran membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan selanjutnya.

Semoga tesis ini bermanfaat untuk menambah pengetahuan.

Jakarta, 30 Juni 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Yana Irawati
NPM : 0806443603
Program Studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Departemen : Kesehatan Lingkungan
Fakultas : Kesehatan Masyarakat
Jenis Karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisis Resiko Kesehatan Paparan Xylene pada Pekerja Bengkel Sepatu 'X' di Kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur 2010.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : 30 Juni 2010
Yang menyatakan



(Yana Irawati)

ABSTRAK

Nama : Yana Irawati
Program Studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Judul : Analisis Risiko Kesehatan Paparan Xylene pada
Pekerja Bengkel Sepatu $\phi X\phi$ di Kawasan Perkampungan Industri
Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur 2010

Uji petik udara lingkungan kerja di Bengkel Sepatu $\phi X\phi$ menunjukkan konsentrasi xylene melampaui dosis referensi menurut *IRIS* ($0,1 \text{ mg/m}^3$). Pekerja bengkel menjadi kelompok rentan yang beresiko mendapatkan efek merugikan akibat paparan xylene dari udara lingkungan kerja. Tujuan penelitian untuk mengetahui tingkat risiko paparan xylene pada pekerja Bengkel Sepatu $\phi X\phi$ di Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010.

Studi ini menggunakan pendekatan analisis risiko kesehatan yang meliputi 4 langkah penting: identifikasi bahaya, analisis dosis-respon, analisis paparan dan karakterisasi risiko. Jumlah sampel sama dengan jumlah populasi yaitu 26 orang. Data penelitian diperoleh melalui wawancara dan pengukuran langsung, tingkat risiko dihitung dengan cara membagi asupan dengan dosis referensi xylene.

Rata-rata konsentrasi xylene di udara lingkungan kerja $0,05 \text{ mg/m}^3$ dengan konsentrasi tertinggi di bagian *upper/mukaan* ($0,18 \text{ mg/m}^3$). Data antropometri menunjukkan rata-rata berat badan pekerja 57 kg. Pola aktivitas pekerja meliputi rata-rata 14,58 jam/hari waktu paparan, 301,08 hari/tahun frekuensi paparan dan rata-rata lama tinggal di lokasi studi 3,48 tahun. Tingkat risiko pekerja, baik individu maupun populasi berada di bawah dosis referensi *IRIS*. Proyeksi paparan 20 tahun ke depan menunjukkan risiko individu pekerja terpajan xylene sebesar 19% yang meningkat 35% pada lima tahun berikutnya. Peningkatan risiko pada pekerja bagian *upper/mukaan* ditandai dengan nilai *RQ* hampir mendekati 1 pada proyeksi paparan 30 tahun. Masukan batas aman konsentrasi xylene untuk 8 jam kerja adalah $0,36 \text{ mg/m}^3$. NAB xylene sebesar 434 mg/m^3 menurut *SNI* perlu dikoreksi karena hasil simulasi menggunakan konsentrasi tersebut mendapatkan nilai *RQ* di atas satu.

Konsentrasi xylene di udara lingkungan kerja Bengkel Sepatu $\phi X\phi$ belum menimbulkan risiko efek kesehatan akibat paparan xylene.

Kata kunci: bengkel sepatu, lem, xylene, analisis risiko kesehatan

ABSTRACT

Name : Yana Irawati
Study Program : Public Health
Title : Health Risk Assessment of Xylene Exposure on Footwear Workers at Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung East Jakarta 2010

Pre-eliminary study of xylene exposure in the occupational air of Workshop had found the exceed xylene concentration compared to the *International Risk Information System* reference dose ($0,1 \text{ mg/m}^3$). The footwear workers had a risk to exposed by xylene. The aim of this study is to determine the risk quotient (RQ) of xylene exposure on footwear workers using health risk assessment approach with its four important steps: hazard identification, dose-response assessment, exposure assessment and risk characterization.

Sample is 26 equal to number of population. Data is collected by interview and direct measurement. Risk assessment calculated by deviding intake with the reference dose of xylene.

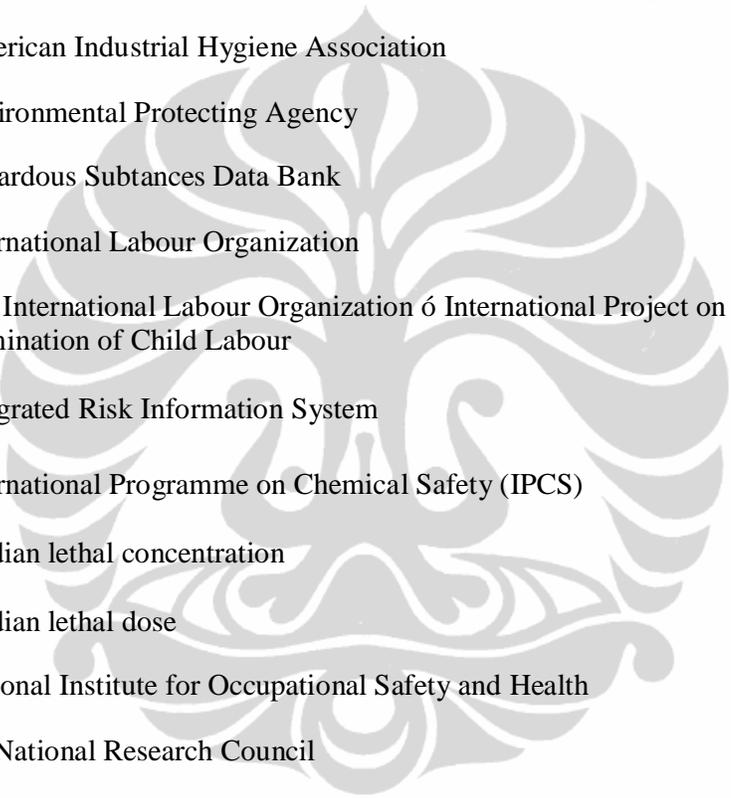
The mean concentration of xylene in the occupational air of Workshop is $0,05 \text{ mg/m}^3$ with the highest concentration in the upper section ($0,18 \text{ mg/m}^3$). Anthropometric data showed 57 kilogram as the weight average of footwear workers. Activity pattern including the average of 14,58 hours a day as time exposure, 301,08 days a year as a frequency of exposure and 3,48 years as time living in the workshop. Risk Quotient for both individual and the population is still below the reference dose of IRIS. Prediction of individual risk quotient for 20 years ahead showed that 19 % workers will be exposed to xylene and became increased to 35% in the next five years. The workers who work at upper section supposed to get adverse effect of xylene exposure with the indicator value of risk quotient almost close to 1 based on 30 years prediction. Suggestion for safe concentration of xylene during 8 hours exposure is $0,36 \text{ mg/m}^3$. Using xylene concentration which established in SNI give $RQ > 1$.

Xylene concentration in the occupational air of Workshop is still below the IRIS reference dose.

NAB xylene menurut SNI 2005 sebesar 434 mg/m^3 perlu dikoreksi karena hasil simulasi menggunakan konsentrasi tersebut mendapatkan nilai RQ di atas satu.

Key words: footwear workshop, adhesive, xylene, risk health assessment

DAFTAR ISTILAH



ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
ACGIH	The American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AIHA	American Industrial Hygiene Association
EPA	Environmental Protecting Agency
HSDB	Hazardous Substances Data Bank
ILO	International Labour Organization
ILO-IPEC	The International Labour Organization ó International Project on the Elimination of Child Labour
IRIS	Integrated Risk Information System
IPCS	International Programme on Chemical Safety (IPCS)
LC50	Median lethal concentration
LD50	Median lethal dose
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NRC	the National Research Council
NSC	National Safety Council
OSHA	Occupational Health and Safety Administration
RTECS	Registry of Toxic Effects of Chemical Substances
WHO	World Health Organization

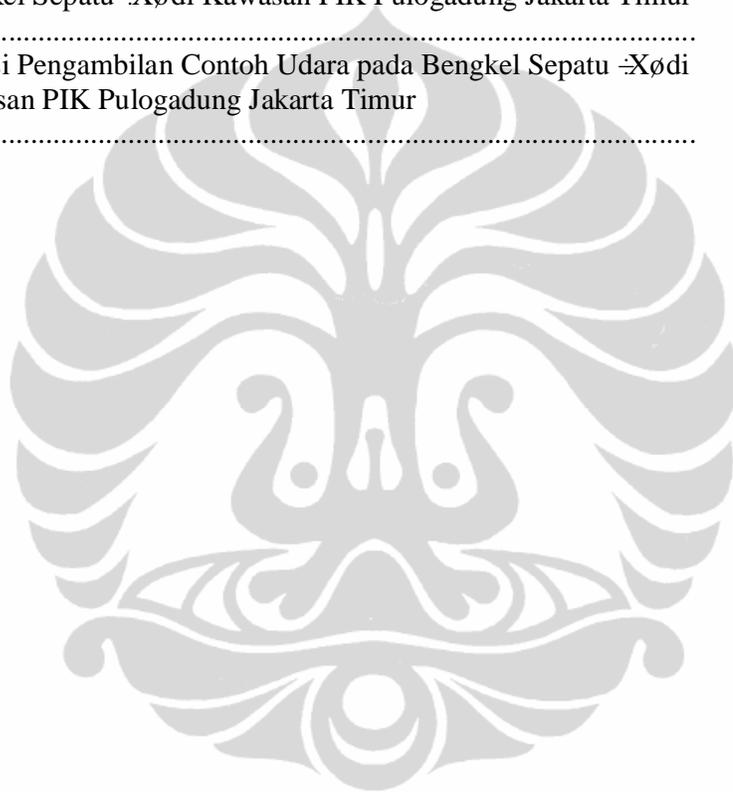
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISTILAH	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	6
1.3 Pertanyaan Penelitian	7
1.4 Tujuan	7
1.4.1 Tujuan Umum	7
1.4.2 Tujuan Khusus	7
1.5 Manfaat Penelitian	8
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	8
2. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Sektor Informal Industri Alas Kaki (Bengkel Sepatu)	9
2.1.1 Proses Produksi Pembuatan Sepatu	9
2.1.2 Bahaya di Lingkungan Kerja Bengkel Sepatu	10
2.2 Pelarut Organik	11
2.2.1 Sifat Fisik dan Kimia Pelarut	11
2.2.2 Farmakokinetik Pelarut	12
2.2.3 Distribusi Pelarut	13
2.2.4 Metabolisme	13
2.2.5 Eksresi	13
2.2.6 Toksikologi Pelarut	13
2.3 Pelarut Xylene	14
2.3.1 Karakteristik Fisika dan Kimia	14
2.3.2 Produksi dan Pemanfaatan	16
2.3.3 Jalur Paparan	16
2.3.4 Toksikologi	17
2.3.5 Tanda dan Gejala Paparan	19
2.3.6 Toksikokinetik	22
2.3.7 Dampak Xylene Terhadap Kesehatan	23
2.3.8 Ambang Batas Tingkat Paparan Xylene	24
2.4 Prosedur Pengukuran Xylene di Udara Lingkungan Kerja	25
2.5 Analisis Resiko	26



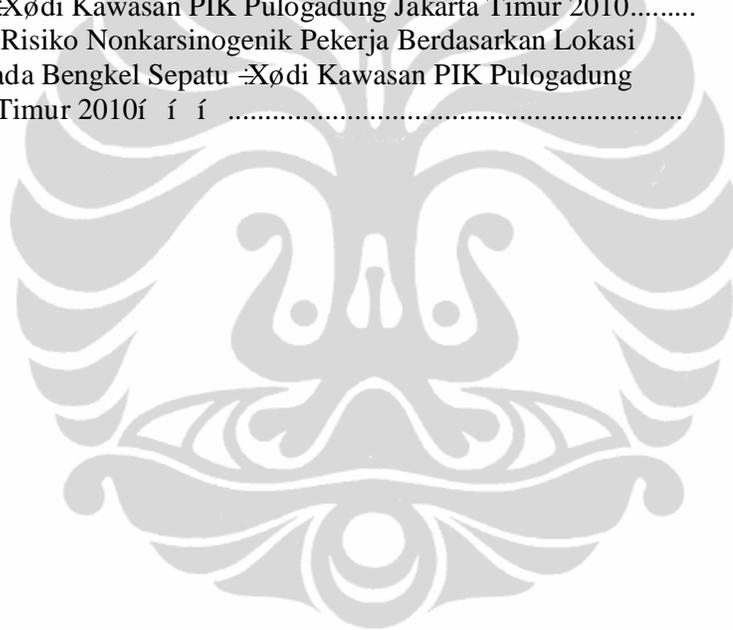
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Langkah-langkah utama pembuatan sepatu.....	10
Gambar 2.2 Paradigma Analisis Risiko.....	27
Gambar 2.3 Tahapan Analisis Risiko	28
Gambar 3.1 Kerangka Teori Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Xylene pada Pekerja Bengkel Sepatu -Xødi Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010í í í í í í í í í í í í í í í í í	34
Gambar 3.2 Kerangka Konsep Analisis Risiko Pajanan Xylene pada Pekerja Bengkel Sepatu -Xødi Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010	35
Gambar 4.1 Lokasi Pengambilan Contoh Udara pada Bengkel Sepatu -Xødi Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010.....	39



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisika dan Kimia Xylene.....	15
Tabel 4.1 Dosis Referensi Xyleneí í í í í í	44
Tabel 5.1 Karakteristik Pekerja Bengkel Sepatu -XØdi Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010.....	50
Tabel 5.2 Distribusi Konsentrasi Xylenen Berdasarkan Lokasi Pengambilan Contoh Udara pada Bengkel Sepatu -XØdi Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010.....	51
Tabel 5.3 Konsentrasi, Pola Aktivitas dan Antropometri Pekerja Bengkel Sepatu -XØdi Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010.....	53
Tabel 5.4 Tingkat Risiko Nonkarsinogenik Individu Pekerja Bengkel Sepatu -XØdi Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010.....	57
Tabel 5.5 Tingkat Risiko Nonkarsinogenik untuk Populasi Pekerja Bengkel Sepatu -XØdi Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010.....	58
Tabel 5.6 Tingkat Risiko Nonkarsinogenik Pekerja Berdasarkan Lokasi Kerja pada Bengkel Sepatu -XØdi Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010í í í	59



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Usaha berskala kecil dan menengah (UKM) di seluruh dunia memainkan peran sangat penting dalam pertumbuhan perekonomian nasional. Mereka menciptakan lapangan kerja dan menyerap persentase besar dari seluruh angkatan kerja. Mereka memproduksi barang dan layanan yang orang butuhkan. Meski ukuran mereka kecil, UKM telah membuktikan diri sebagai kelompok yang tangguh dan fleksibel. Sementara banyak bisnis besar di Indonesia menurunkan omset atau jumlah produksi bahkan bangkrut selama krisis ekonomi global, UKM masih bertahan dan tetap menyumbang perekonomian nasional secara signifikan (ILO, 2008).

Sektor industri informal alas kaki, yang selanjutnya disebut sebagai bengkel sepatu merupakan salah satu UKM yang memenuhi gambaran di atas. Namun patut disayangkan, keberhasilan para pekerja bengkel untuk mempertahankan eksistensi produk yang dihasilkannya seringkali tidak diimbangi oleh perlindungan yang memadai terhadap risiko pekerjaan mereka yang banyak berhubungan dengan peralatan dan bahan berbahaya. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor, antara lain: kurangnya pemahaman tentang efek bahaya akibat penggunaan bahan berbahaya tersebut, kurangnya sosialisasi tentang pentingnya mengurangi bahaya melalui substitusi bahan yang aman bagi kesehatan pekerja atau karena kurangnya pengawasan pemerintah terkait kebijakan pengendalian bahan tersebut dalam proses produksi suatu industri, termasuk dalam hal pemberian sanksi terhadap pelanggaran yang terjadi.

Membuat sepatu merupakan salah satu pekerjaan yang rentan akan bahaya. Hal ini dapat jelas terlihat pada kebanyakan bengkel sepatu yang masih bertahan sampai kini. Jam kerja yang panjang namun tidak didukung dengan kondisi tempat kerja yang nyaman, seringkali memaksa pekerja untuk bekerja dengan posisi tubuh kurang ergonomis sehingga rawan menimbulkan cedera. Tidak hanya itu, penggunaan beragam peralatan berbahaya, seperti gunting, martil, paku, pisau pemotong, mesin pengepres, mesin pembuat stempel dan

lut berperan menimbulkan risiko akibat kecelakaan kerja. Namun demikian, dari sekian banyak bahaya yang telah diprediksikan tersebut, penggunaan bahan-bahan kimia dalam proses pembuatan sepatu merupakan risiko terbesar yang seringkali disadari keberadaannya - diantaranya melalui bau - tapi tidak cukup diantisipasi dampaknya, baik oleh pekerja itu sendiri maupun pemilik bengkel tempat mereka bekerja.

Secara umum, pembuatan sepatu terdiri dari beberapa tahapan proses pekerjaan, yakni: memotong, mengelem, menjahit, mewarnai dan melapisi sepatu. Penggunaan bahan kimia berbahaya pada penelitian ini difokuskan pada bagian pengeleman karena dalam proses tersebut terdapat pajanan uap pelarut organik yang terkandung dalam lem dan sangat mungkin menimbulkan dampak pada kesehatan bila terhirup terus menerus dalam jangka waktu yang lama.

Pelarut organik umumnya berbentuk cairan yang mudah menguap. Uap pelarut organik dikenal bersifat mudah larut dalam lemak, itulah sebabnya uap pelarut organik mudah diserap melalui membran kapiler-alveoli sehingga proses inhalasi menjadi jalur utama pajanan uap yang dihasilkan di lingkungan kerja (Joseph LaDou, 2004).

Masuknya uap pelarut organik ke dalam tubuh dapat menimbulkan beragam reaksi, mulai dari iritasi ringan, kecanduan, gangguan ginjal, reaksi odema paru sampai dengan gangguan sistem syaraf pusat (*National Occupational Health and Safety Commission*, 1990)

Pelarut organik berbahaya yang banyak digunakan pada beragam industri sepatu di Indonesia, antara lain adalah benzene, toluene dan xylene. Studi bertemakan keselamatan dan kesehatan kerja yang dilakukan Chen & Chan terhadap beberapa industri sepatu di negara Cina dan dimuat dalam *International Journal of Health Services* tahun 1999 mengungkapkan bahwa dari segi harga, pelarut benzene dikenal paling bersaing dibandingkan pelarut non benzene karena harganya 30 % lebih murah. Namun karena efek toksiknya yang tinggi, maka pelarut jenis ini sudah dilarang penggunaannya sejak lama. Sebagai pengganti benzene, para pengusaha bengkel sepatu beralih menggunakan jenis pelarut organik yang efek toksiknya lebih rendah, yakni toluene dan xylene (Clayton & Clayton, 1994; *Encyclopaedia of Occupational Health & Safety*, 1998).

bat pajanan pelarut berbahaya seperti toluene dan xylene memiliki gejala yang mirip dengan keracunan akut benzene. Pajanan kedua pelarut yang berlangsung terus menerus dapat menimbulkan kelainan kulit, gangguan fungsi ginjal, hati dan gangguan otot. Kerusakan yang bersifat fatal dapat menyerang sistem syaraf, immunitas dan fungsi reproduksi (*Encyclopaedia of Occupational Health & Safety*, 1983)

Mempertimbangkan bahwa masih sedikit sekali studi yang mengambil xylene sebagai pokok bahasan dalam penelitian terkait pajanan uap pelarut organik di lingkungan kerja, maka penelitian ini memilih xylene sebagai *risk agent* yang diduga kuat berada dalam bahan baku lem yang dipergunakan dalam proses pembuatan sepatu di Bengkel Sepatu -Xø

Berikut ini adalah beberapa kasus pajanan xylene yang tercatat dalam US EPA (2003), diantaranya: Goldie pada tahun 1960 yang melaporkan kasus delapan orang tukang cat terpajan bahan cat dengan kandungan 80% xylene dan 20% pelarut methylglycolacetate. Para pekerja tersebut mengeluhkan pusing, sakit kepala hebat, gangguan lambung, tenggorokan kering dan gejala seperti orang mabuk setelah terpapar xylene selama tiga puluh menit. Dua bulan kemudian seorang pekerja laki-laki berusia 18 tahun menunjukkan perilaku seperti serangan ayun, termasuk di dalamnya gejala letih, pusing, sulit bicara, kehilangan kesadaran serta arah rotasi kepala dan mata hanya ke satu sisi. Pekerja tersebut siaman dari pingsan 20 menit kemudian. Selanjutnya, Morley, et al pada tahun 1970 melaporkan tiga orang pekerja yang terpajan xylene dengan konsentrasi 10.000 ppm selama 19 jam. Seorang diantaranya tewas saat tiba di rumah sakit dengan hasil autopsi yang menunjukkan adanya kerusakan paru-paru hebat disertai pendarahan pada bagian kantung udara (*alveoli*) dan pembengkakan paru-paru akut. Pekerja kedua dilaporkan mengalami hipotermia, wajah kemerahan seperti terbakar dan mengalami *cyanosis* pada bagian syaraf tepi. Adapun pekerja ketiga, setelah siaman mengalami perasaan bingung dan amnesia, sulit bicara dan gangguan keseimbangan berjalan, namun gejala-gejala tersebut kemudian hilang setelah 48 jam.

Masih dalam US EPA (2003) Hipolito pada tahun 1980 melaporkan kasus pajanan xylene yang diduga kuat berasal dari paparan lingkungan kerja. Kasus

ja wanita yang telah bekerja selama 1.5 ó 18 tahun yang kemudian mengeluhkan beberapa gejala penyakit, seperti: sakit kepala yang terus-menerus, nyeri dada, detak jantung yang tidak normal, sesak nafas, kulit tangan memucat, demam, *leucopenia*, perasaan tak menentu, gangguan fungsi paru, menurunnya kemampuan untuk bekerja dan keraguan mental. Athur and Curnock pada tahun 1982 turut melaporkan kasus pajanan xylene lainnya yang diikuti serangan jantung mendadak para pekerja dewasa setelah menggunakan lem berbahan dasar xylene untuk membuat model pesawat terbang. Selanjutnya pada tahun yang sama, Klaucke et al. melaporkan lima belas pekerja yang terpajan xylene melalui proses inhalasi yang kemudian dirawat di rumah sakit, masing-masing mengeluhkan paling sedikit dua gejala berikut: pusing, mual, muntah, sakit kepala hebat (*vertigo*), iritasi pada mata, hidung dan kerongkongan. Empat belas dari kelima belas pekerja yang terpajan tersebut melaporkan adanya bau yang tak biasa selama 15-30 menit sebelum gejala pertama timbul. Tingkat pajanan xylene yang menimpa para pekerja tersebut diperkirakan berada pada kisaran 700 ppm.

Pada kasus yang lain, US EPA (2003) mencatat laporan Recchia pada tahun 1985 tentang kecelakaan akibat menelan xylene yang menyebabkan kondisi koma lebih dari 26 jam, kerusakan organ hati, kelainan darah, pembengkakan paru akut dan komplikasi paru yang lain. Kemudian pada tahun 1986, Abu-Al-Ragheb juga melaporkan kasus percobaan bunuh diri seorang laki-laki berusia 27 tahun yang dilakukan dengan cara menelan xylene. Temuan histopatologi menggambarkan area pembengkakan paru-paru dan keberadaan endapan. Dugaan penyebab kematian disebabkan karena kegagalan bernafas dan *asphyxia* (kondisi sesak nafas karena kekurangan oksigen), dugaan yang lain adalah karena adanya hambatan pernafasan yang disebabkan depresi pusat pernafasan di bagian otak.

Selanjutnya masih dalam US EPA (2003), Sevik melaporkan kasus percobaan bunuh diri lainnya yang dilakukan dengan cara menyuntikkan 8 ml cairan xylene ke dalam pembuluh darah. Aksi tersebut segera berdampak pada kegagalan fungsi paru akut hanya dalam waktu 10 menit setelah proses penyuntikkan. Namun demikian, individu tersebut berhasil diselamatkan jiwanya setelah menjalani perawatan intensif di rumah sakit.

) menyampaikan laporan investigasi yang dilakukan di Provinsi Fujian yang terkenal sebagai kota sepatu di wilayah Cina. Dalam laporannya disebutkan sebanyak 70.000 pekerja mengalami gangguan kesehatan yang parah akibat paparan senyawa aromatik hidrokarbon berbahaya yang lepas di lingkungan kerja. Tingkat pelepasan senyawa benzene, toluene dan xylene yang berasal dari 150 pabrik sepatu di kota tersebut ke atmosfer begitu tinggi akibat penggunaan bahan perekat dalam proses produksi pabrik-pabrik sepatu tersebut setiap tahunnya. Udara kota terkontaminasi parah sehingga menimbulkan risiko kesehatan yang membahayakan penduduk yang tinggal di pemukiman sekitar pabrik tersebut. Masih dalam Chen & Chan (2009) tercatat laporan seorang pekerja tewas di Fuzhou (kota lainnya di Provinsi Fujian) akibat keracunan akut setelah bekerja di pabrik sepatu hanya dalam kurun waktu tiga bulan saja.

Penelitian yang dilakukan oleh Yayasan Ulil Albab terhadap pekerja anak di industri sepatu Jawa Barat menemukan hasil analisis urine 72 pekerja anak tersebut semuanya mengandung fenol (hati mengubah bahan kimia, seperti benzene, toluene, dan xylene menjadi fenol) (ILO, 2004).

Studi epidemiologi telah menjadi metode investigasi penyakit infeksi yang dikenal masyarakat selama berabad-abad lamanya (WHO, 1983). Oleh karena itu, studi epidemiologi seringkali dianggap sebagai satu-satunya metode kajian dampak lingkungan terhadap kesehatan. Adapun ranah penelitian yang berupaya memprakirakan peningkatan risiko gangguan kesehatan berdasarkan karakterisasi efek-efek pajanan bahaya lingkungan belum banyak disentuh. Padahal pendekatan semacam ini sangat diperlukan dan berperan penting tidak saja dalam rangka pengendalian risiko itu sendiri di masa kini maupun masa yang akan datang, namun juga bermanfaat untuk memberikan kerangka ilmiah bagi para pengambil keputusan dan orang-orang yang peduli untuk memecahkan atau menghilangkan masalah-masalah kesehatan dan lingkungan (Louvar and Louvar, 1998).

Berdasarkan uraian di atas, maka Peneliti menggunakan pendekatan analisis risiko untuk mengetahui risiko kesehatan pajanan xylene dari udara lingkungan kerja terhadap para pekerja Bengkel Sepatu -Xø di kawasan

cil (selanjutnya disebut PIK) Pulogadung Jakarta

Timur.

Bengkel -Xø merupakan salah satu bengkel pembuat sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung, Jakarta Timur. Seperti halnya usaha pembuatan sepatu lainnya, dalam proses produksinya, Bengkel Sepatu øXø menggunakan bahan-bahan kimia, diantaranya lem yang diketahui secara umum mengandung pelarut organik yang berbahaya bagi kesehatan pekerja. Hasil uji petik yang dilakukan oleh Laboratorium Hiperkes Jakarta terhadap kualitas udara lingkungan kerja Bengkel øXø pada tanggal 3 Mei 2010, menunjukkan konsentrasi xylene $0,5 \text{ mg/m}^3$ yang melebihi dosis referensi *Integrated Risk Information System*, yakni $0,1 \text{ mg/m}^3$ (IRIS, 2003 dalam US EPA). Selain itu, mengacu pada beragam gambaran kasus yang terjadi di dunia sehubungan penggunaan bahan berbahaya di lingkungan industri sepatu, maka dipandang penting untuk melihat apakah hal yang sama tengah berlaku juga di bengkel sepatu øXø yang dikelola kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan terkait dampak penggunaan bahan produksi yang mengandung bahan berbahaya, sampai saat ini masih kurang mendapat perhatian serius, terutama di sektor informal industri kecil. Padahal berbagai limbah industri, baik padat, cair maupun gas betapapun kecil kandungan bahan pencemarnya, tetap merupakan sumber pajanan yang secara kumulatif dapat mempengaruhi stabilitas maupun kualitas lingkungan, termasuk di dalamnya kondisi kesehatan.

Hasil uji petik pemeriksaan kualitas udara di Bengkel Sepatu -Xø yang dilakukan oleh Laboratorium Hiperkes Jakarta menunjukkan konsentrasi xylene yang melebihi dosis referensi IRIS, yakni sebesar $0,5 \text{ mg/m}^3$. Dengan kondisi tersebut dikhawatirkan akan timbul permasalahan kesehatan pada pekerja Bengkel Sepatu -Xø di kemudian hari.

Sehubungan dengan pola aktivitas pekerjaannya, pekerja Bengkel Sepatu -Xø menjadi kelompok rentan yang berisiko terpajan xylene dalam proses pembuatan sepatu.

Berdasarkan perumusan masalah, yang menjadi pertanyaan penelitian adalah bagaimana tingkat risiko kesehatan pekerja Bengkel Sepatu $\text{-X}\emptyset$ di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur terkait pajanan xylene di udara lingkungan kerjanya.

1.4 Tujuan

1.4.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan pekerja Bengkel Sepatu $\text{-X}\emptyset$ di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur akibat pajanan xylene yang terkandung dalam udara lingkungan kerja sekaligus memberikan masukan untuk melakukan tindakan pencegahan dan manajemen risiko terkait pajanan tersebut bila memang diperlukan.

1.4.2 Tujuan khusus

1. Diketuainya karakteristik pekerja Bengkel Sepatu $\text{-X}\emptyset$ di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur Tahun 2010
2. Diketuainya rata-rata konsentrasi xylene dalam udara lingkungan kerja Bengkel Sepatu $\text{-X}\emptyset$ di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur Tahun 2010
3. Diketuainya pola aktivitas pekerja Bengkel Sepatu $\text{-X}\emptyset$ di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur Tahun 2010.
4. Diketuainya data antropometri pekerja Bengkel Sepatu $\text{-X}\emptyset$ di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur Tahun 2010.
5. Diketuainya asupan pajanan xylene pada pekerja Bengkel Sepatu $\text{-X}\emptyset$ di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur Tahun 2010.
6. Diketuainya risiko kesehatan nonkarsinogenik para pekerja Bengkel Sepatu $\text{-X}\emptyset$ di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur Tahun 2010 akibat pajanan xylene yang berasal dari udara lingkungan kerja.
7. Diketuainya estimasi tingkat risiko kesehatan nonkarsinogenik individu dan populasi pekerja Bengkel Sepatu $\text{-X}\emptyset$ di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010 dalam rentang waktu tiga puluh tahun ke depan

melalui penemuan diharapkan dapat ditingkatkan kewaspadaan dini tentang efek risiko pajanan xylene yang berasal dari udara lingkungan kerja pada para pekerja Bengkel Sepatu di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur, sekaligus memberikan masukan bagi pemilik bengkel dan pengelola kawasan untuk ikut berperan aktif menurunkan risiko kesehatan bila diperlukan melalui penerapan manajemen risiko di lingkungan kerja bengkel sepatu yang disesuaikan kemampuan pengguna.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan pekerja Bengkel Sepatu akibat pajanan xylene yang berasal dari udara lingkungan kerja dengan menggunakan pendekatan analisis risiko. Subjek penelitian adalah 26 pekerja Bengkel Sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010 sedangkan objek penelitian adalah konsentrasi xylene di udara lingkungan kerja tempat para pekerja melakukan aktivitas keseharian membuat sepatu.

Pengumpulan data berupa pengambilan sampel dan pemeriksaan kualitas udara di lingkungan kerja Bengkel Sepatu dilakukan pada bulan April-Mei 2010. Dari setiap responden dikumpulkan data mengenai ukuran antropometri (berat badan) dan pola aktivitas (frekuensi pajanan, waktu pajanan serta durasi pajanan) yang diperoleh melalui pengukuran langsung maupun wawancara terstruktur. Pengukuran kualitas udara dilakukan sebanyak satu kali dengan 7 titik *sampling* yang diambil dalam satu waktu, yaitu di siang hari dengan pertimbangan bahwa pada waktu tersebut proses produksi berada pada titik puncak kesibukannya sehingga diharapkan data hasil pengukuran cukup representatif untuk diolah.

Penelitian ini hanya memperhitungkan asupan (*intake*) xylene yang berasal dari udara lingkungan kerja tempat para pekerja bengkel melakukan aktifitas keseharian membuat sepatu.

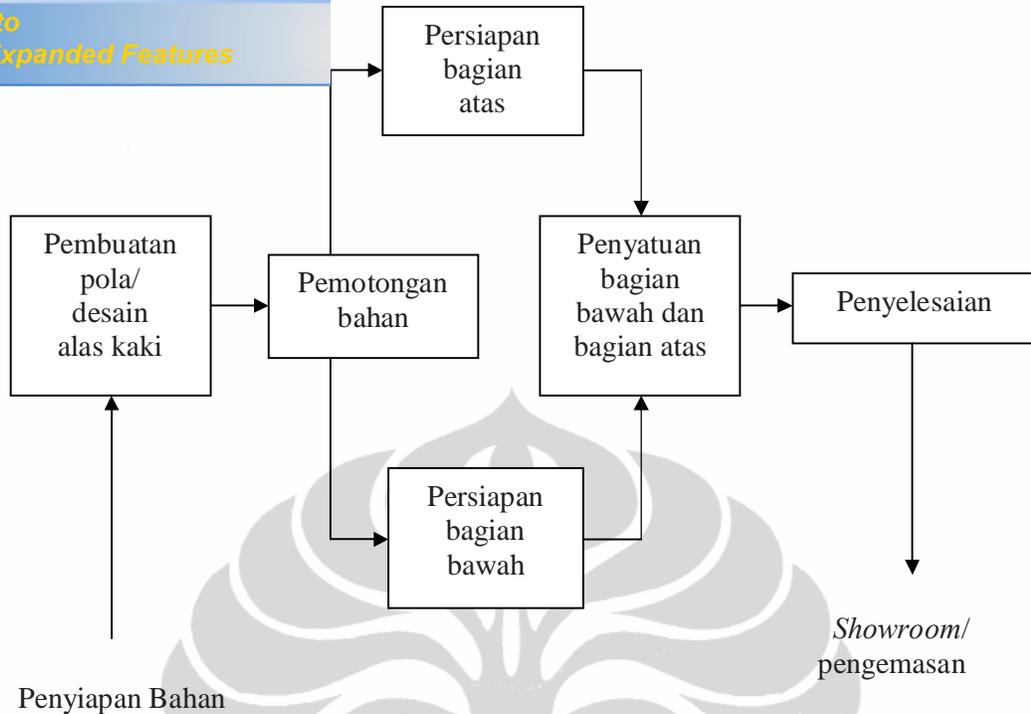
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sektor Informal Industri Alas Kaki (Bengkel Sepatu)

2.1.1. Proses Produksi Pembuatan Sepatu

Alas kaki umumnya dirancang sesuai kebutuhan pelanggan. Suatu model akan digambarkan penuh warna dan rinci. Pembuatan alas kaki pada sektor informal mungkin memiliki berbagai model rancangan untuk dipasarkan dan memenuhi keinginan konsumen baru. Suatu pola menunjukkan bentuk dan ukuran bagian atas alas kaki, pola tersebut dapat diproduksi oleh pembuat alas kaki ataupun dipesan dari luar. Gaya bagian atas digambarkan pada bahan menurut pola yang ada, kemudian bagian tersebut digunting. Setelah digunting, bagian luar bahan seringkali disisit menggunakan mesin sisit. Bagian atas dan lapisan dalam dijahit bersama, kemudian pembuatan lubang tali, lubang kancing, dan asesoris dapat dilaksanakan. Penyatuan bagian atas dan bawah pada umumnya dilakukan dengan proses pengeleman, tetapi juga ada yang dilakukan melalui proses penjahitan, pemakuan, atau penyekrupan. Sebelum disatukan, bagian sol dihaluskan dengan menggunakan gerinda. Pada sol-sol tersebut selanjutnya diberikan primer yang berfungsi membuka pori-pori sol sepatu agar lem dapat masuk dan merekat lebih efektif. Sesudah dilakukan pengeleman pada bagian sol, bagian tersebut selanjutnya dipanaskan menggunakan alat pemanas (biasanya oven atau alat lainnya yang berfungsi sama) dengan tujuan agar daya rekat lem bertambah kuat. Agar pengeleman lebih kuat lagi, alas kaki tersebut kemudian dimampatkan/ditekan menggunakan mesin press. Proses akhir dapat terdiri dari beberapa kegiatan, seperti: pembersihan, penyemiran, pemberian lilin, pewarnaan, dan penyemprotan dengan cat. Akhirnya, alas kaki dikemas dalam kotak atau tas plastik dan siap dipasarkan kepada para konsumen (ILO, 2003).

Masih dalam publikasinya terkait sektor informal alas kaki, ILO (2003) secara ringkas menggambarkan alur proses produksi pembuatan alas kaki yang ditampilkan dalam bagan sederhana berikut ini:



Gambar 2.1. Langkah-langkah utama pembuatan sepatu

Sumber: ILO, 2003

2.1.2. Bahaya di Lingkungan Kerja Bengkel Sepatu

Seperti telah disinggung di awal, pekerjaan membuat sepatu merupakan salah satu pekerjaan yang identik dengan bahaya, apalagi bila proses pekerjaannya masih menggunakan cara-cara tradisional seperti yang banyak terjadi di bengkel sepatu. Bahaya-bahaya yang sering timbul tersebut, antara lain kebakaran, kecelakaan kerja dan permasalahan kesehatan.

Encyclopaedia of Occupational Health and Safety (1998) memberikan beberapa contoh bahaya yang dapat ditimbulkan dari lingkungan bengkel sepatu:

- Mesin finishing menghasilkan debu yang dapat terhirup pekerja selama beraktivitas membuat sepatu
- Peralatan atau mesin yang dipergunakan terus-menerus selama proses produksi berpotensi meningkatkan bahaya kebisingan
- Mesin pemaku yang dipergunakan terus-menerus juga mengakibatkan efek getar yang memicu timbulnya fenomena *Raynaud's*, dikenal sebagai *dead hand* atau mati rasa.

pegangan otot merupakan dua penyakit yang umum ditemui di industri sepatu.

- Selain itu, ILO (2003) menyatakan bahwa dalam pembuatan sepatu, paparan bahaya kimia yang serius seringkali disebabkan oleh penggunaan bahan pelarut dalam lem, primer, penghilang minyak, pembersih, dan cat. Bahan kimia alas kaki memiliki dampak kesehatan jangka panjang yang serius dan dapat muncul pada beberapa tahun ke depan, sebagai contoh kerusakan pada sistem saraf (rendahnya kapasitas intelektual, daya ingat lemah, dan lemahnya alat perasa), kulit, liver, ginjal, paru-paru serta sistem kekebalan. Yang perlu diperhatikan lagi adalah bahwa bahan perekat/lem, baik lem dalam bentuk cair atau padat maupun lem dengan kandungan pelarut organik, merupakan bahan utama yang paling sering menimbulkan paparan di lingkungan kerja.

2.2. Pelarut Organik

Pelarut adalah setiap bahan yang umumnya berbentuk cairan pada suhu kamar dan berfungsi melarutkan bahan lain membentuk larutan. Pelarut dibagi menjadi dua kelompok besar, yakni pelarut berbasis air (*water-based*) dan pelarut berbasis senyawa organik (*hydrocarbon-based*). Sebagian besar pelarut yang digunakan dalam industri adalah pelarut organik karena bahan yang harus dilarutkan dalam proses industri umumnya berupa senyawa organik. Secara umum, pelarut digunakan sebagai bahan pembersih, penghilang lemak, pengencer dan pengestrak (Joseph LaDao, 2004).

2.2.1. Sifat Fisik dan Kimia Pelarut

Semua pelarut organik bersifat mudah larut dalam lemak meskipun dengan tingkatan yang berbeda-beda. Daya larut dalam lemak seringkali menjadi ukuran efisiensi penggunaan pelarut di lingkungan industri. Sifat ini sekaligus menjadi faktor penting yang digunakan untuk mengetahui efek yang ditimbulkan pelarut bagi kesehatan. Semua pelarut organik bersifat larut dalam lemak meski dengan tingkat kelarutan yang berbeda-beda (Joseph LaDao, 2004).

Beberapa pelarut yang bersifat mudah terbakar dimanfaatkan sebagai bahan bakar, sementara pelarut lainnya, seperti senyawaan hidrokarbon

kebalikannya umumnya digunakan untuk pemadam kebakaran. Sifat mudah terbakar dan mudah meledak daripada pelarut sangat penting diperhatikan terutama dalam proses pemilihan ataupun substitusi penggunaan pelarut yang satu dengan lainnya untuk mengantisipasi efek kesehatan yang tidak diinginkan (Joseph LaDou, 2004)

Pelarut juga mempunyai sifat mudah menguap sehingga konsentrasi dalam udara juga dapat lebih besar. Karena sebagian besar jalur utama pajanan terjadi melalui proses inhalasi, maka pajanan terhadap pelarut sangat bergantung dengan sifat tersebut (Joseph LaDou, 2004)

Pelarut dikelompokkan menjadi dua kelompok tergantung struktur kimia dan golongan fungsional tambahannya. Sifat ini ternyata sangat mempengaruhi toksisitas yang ditimbulkan pelarut, misalkan struktur kimia hidrokarbon terklorinasi membawa sifat racun terhadap hati sedangkan struktur kimia aldehid menimbulkan sifat iritasi (Joseph LaDou, 2004)

2.2.2. Farmakokinetik Pelarut

Pajanan pelarut dapat terjadi melalui media kulit maupun paru-paru. Pajanan pelarut melalui kulit bergantung pada aktivitas kontak pelarut dengan kulit, daya larut pelarut dalam air dan sifat mudah menguap pelarut itu sendiri. Pelarut yang mudah melarut baik dalam lemak maupun air, dengan sendirinya mudah diserap oleh kulit. Sebaliknya, pelarut yang mudah menguap akan sulit diserap oleh kulit terkecuali proses penguapannya tertahan karena penggunaan alat pelindung diri, seperti sarung tangan. Namun demikian, inhalasi merupakan jalur terbaik bagi pelarut organik yang berada di lingkungan kerja untuk masuk dalam tubuh manusia. Persentase uap pelarut organik yang tertahan di paru-paru pada waktu tubuh beristirahat berkisar 40-80%. Aktivitas fisik secara umum akan meningkatkan penyerapan uap pelarut dalam paru-paru dari udara lingkungan kerja dua atau tiga kali lebih besar dibandingkan keadaan istirahat (Joseph LaDou, 2004).

Sifat lipotik (suka lemak) menjadikan pelarut cenderung terdistribusi dalam jaringan yang kaya lemak, termasuk di dalamnya jaringan syaraf dan hati. Karena distribusi pelarut terjadi melalui aliran darah dan karena *barier* antara membran jaringan dan darah sangat kaya lemak, maka pelarut juga banyak terdistribusi pada organ yang memiliki kaya akan aliran darah, seperti jantung dan otot rangka. Seseorang yang gemuk berpeluang menyerap pelarut lebih besar sepanjang waktu. Sebagian besar pelarut juga dapat menembus plasenta dan jaringan susu (Joseph LaDou, 2004).

2.2.4. Metabolisme

Metabolisme berperan penting menentukan toksisitas pelarut dan dalam beberapa kasus turut berperan dalam mengobati keracunan yang ditimbulkan pelarut (Joseph LaDou, 2004).

2.2.5. Eksresi

Proses eksresi pelarut terutama terjadi melalui pelepasan senyawaan yang tidak dapat diurai, eliminasi metabolit dalam urin atau kombinasi keduanya. Waktu paruh biologi senyawaan utama bervariasi mulai beberapa menit hingga beberapa hari, karena itu beberapa pelarut ada yang terakumulasi selama waktu kerja berlangsung namun ada juga yang tidak. Meskipun demikian, bioakumulasi yang berlangsung selama lebih dari beberapa hari tidak dapat dijadikan faktor penentu untuk mengetahui efek kesehatan yang merugikan sebagai akibat pajanan pelarut (Joseph LaDou, 2004).

2.2.6. Toksikologi Pelarut

Kebanyakan pelarut adalah depresan susunan syaraf pusat. Mereka terakumulasi di dalam material lemak pada dinding syaraf dan menghambat transmisi impuls. Pikiran dan tubuh pejamu yang terpajan akan melemah, bahkan pada tingkat konsentrasi yang sudah cukup tinggi dapat menyebabkan kehilangan kesadaran. Senyawa-senyawa yang kurang polar dan senyawa-senyawa yang

l dan ikatan rangkap memiliki sifat depresan yang lebih besar.

Pelarut adalah *irritant*. Di dalam paru-paru, iritasi menyebabkan cairan terkumpul. Iritasi kulit digambarkan sebagai hasil primer dari larutnya lemak kulit dari kulit. Sel-sel keratin dari epidermis terlepas diikuti hilangnya air dari lapisan lebih bawah. Kulit pada akhirnya sangat mudah terinfeksi bakteri, menghasilkan ruam dan bisul. Pemaparan kronik menyebabkan kulit pecah-pecah, terkelupas dan dapat menyebabkan terbentuknya *calluses* serta kanker. Pelarut-pelarut bervariasi tingkatnya dalam hal menyebabkan iritasi. Semakin nonpolar suatu pelarut maka semakin efektif pelarut tersebut melarutkan lemak kulit.

2.3. Pelarut Xylene

2.3.1. Karakteristik Fisika dan Kimia

Xylene merupakan cairan yang tidak berwarna, bersifat mudah terbakar, mudah menguap dan beraroma manis. Xylene dan campurannya tersusun atas tiga isomer, meta, ortho dan para-xylene dengan komposisi meta-xylene yang paling dominan, yakni 44-70% dari keseluruhan campuran. Namun demikian, komposisi isomer-isomer xylene sesungguhnya tergantung pada sumbernya. Umumnya senyawa xylene mengandung ethylbenzene, hal ini didukung kenyataan di lapangan yang menunjukkan bahwa produk-produk xylene yang dihasilkan secara teknis ternyata mengandung lebih kurang 40% m-xylene dan o-xylene, p-xylene serta ethylbenzene yang masing-masing besarnya 20%. (US EPA, 2003). Selain ethylbenzene, toluene dan fraksi aromatik C₉ turut menjadi kontaminan senyawa xylene. Beberapa sifat fisik dan kimia xylene dapat dilihat pada tabel 2.1.

2.1 Sifat Fisika dan Kimia Xylene

Parameter	Uraian
Sinonim	dimethylbenzene (1,2; 1-3; atau 1,4), xylol (campuran), m-, o-, p-xylene (isomer), methyltoluene
Nomor CAS	1330-20-7 (campuran), 108-38-3 (m-isomer), 95-47-6 (o-isomer), 106-42-3 (p-isomer)
Rumus kimia	$C_6H_4(CH_3)_2$
Berat molekul	106,17
Bentuk fisik	Cairan
Tekanan gas pada suhu 20 °C	6-16 mmHg (campuran) 5-6.5 mmHg (isomer individu)
Kerapatan	0.864 g/cm ³ (campuran) 0.8642 g/cm ³ (m-isomer) 0.8801 g/cm ³ (o-isomer) 0.8611 g/cm ³ (p-isomer)
Titik leleh	tidak ada data untuk campuran -47.4 °C (m-isomer) -25 °C (o-isomer) 13-14 °C (p-isomer)
Titik didih	137-140 °C (campuran) 139 °C (m-isomer) 144.4 °C (o-isomer) 138.37 °C (p-isomer)
Kemampuan melarut dalam air	130 mg/L (campuran) 134-146 mg/L (m-isomer) 178-213 mg/L (o-isomer) 185-198 mg/L (p-isomer)
Log K _{ow}	3.12-3.20 (campuran) 3.20 (m-isomer) 3.12, 2.77 (o-isomer) 3.15 (p-isomer)
Faktor konversi di udara	1 ppm = 4.34 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0.23 ppm
Batas ambang bau di udara (absolut)	1.0 ppm (campuran) 3.7 ppm (m-isomer) 0.08-0.17 ppm (o-isomer) 2.1 pm (p-isomer)

Sumber: US EPA, 2003

nfaatan

Xylene secara alami ditemukan dalam minyak tanah, batubara dan proses kebakaran hutan atau melalui proses aromatisasi hidrokarbon petroleum. Dalam skala industri, xylene dihasilkan melalui proses pemanasan senyawaan organik dan proses katalisis produk-produk minyak tanah. Secara komersial, xylene menghasilkan campuran yang terdiri dari 10-20% isomer ortho, 40-70% isomer meta dan 10-25% isomer para. Kontaminan xylene, antara lain adalah ethylbenzene, benzene, toluene, phenol, thiophene dan pyridine (Clayton & Clayton, 1994).

Secara komersial, xylene dimanfaatkan sebagai pengencer cat, pelarut tinta, karet, getah, pernis, lem, resin dan bahan penyekat, juga digunakan sebagai pembersih cat dalam industri pelapis kertas. Selain itu xylene juga dimanfaatkan sebagai pelarut dan pengemulsi produk-produk pertanian, kemudian digunakan pula sebagai komponen bahan bakar dan sebagai senyawa antara dalam industri bahan kimia. Xylene digunakan secara luas sebagai pelarut menggantikan benzene. Isomer o-xylene banyak digunakan sebagai bahan mentah dalam produksi bahan-bahan plastik, alkyd resin dan bahan gelas yang terbuat dari polyester, isomer p-xylene dimanfaatkan dalam pembuatan serat polyester dan film sedangkan isomer m-xylene digunakan untuk membuat asam isoftalat, polyester dan resin alkyd (Clayton & Clayton, 1994). Dalam jumlah kecil, xylene ditemukan dalam bahan bakar pesawat terbang, minyak tanah dan asap rokok (ATSDR, 2007).

2.3.3 Jalur Paparan

Clayton & Clayton (1994) menjelaskan bahwa paparan xylene dapat terjadi melalui jalur inhalasi, ingesti (tertelan), kontak mata dan dalam beberapa kasus yang jarang terjadi xylene juga diserap dalam jumlah kecil di kulit.

Pada waktu terhirup, xylene akan diserap dengan sangat cepat. Berdasarkan studi eksperimental, m-xylene akan diserap manusia yang sehat melalui celupan pada satu atau kedua belah tangan dengan laju asupan lebih kurang $2\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{menit}$. Jumlah xylene yang terserap melalui proses tercelupnya kedua belah tangan tersebut ke dalam m-xylene selama 15 menit setara dengan

ya 100 ppm. Uap xylene dengan konsentrasi 600 ppm yang diserap melalui kulit selama 3,5 jam setara dengan jumlah pajanan xylene dengan konsentrasi 10 ppm yang terjadi selama 5,5 jam (Clayton and Clayton, 1994).

Penyerapan utama xylene terjadi pada membran mukosa dan sistem pernafasan. Setiap kali terjadi proses pemajanan, sejumlah 64% uap xylene akan tertahan dalam paru-paru seseorang. Xylene yang terserap tersebut selanjutnya akan didistribusikan melalui sistem peredaran darah.

2.3.4 Toksikologi

Studi menggunakan hewan percobaan menunjukkan bahwa xylene lebih bersifat racun dibandingkan toluene. Efek nilai ambang xylene terjadi pada dosis terendah toluene, dengan demikian, pada dosis yang tinggi, xylene tentunya lebih bersifat racun (Clayton & Clayton, 1994).

1. Efek terhadap hewan.

Pajanan xylene akan menekan sistem syaraf pusat dan menyebabkan iritasi pada mata serta kulit hewan. Xylene juga membawa sifat racun dan mengakibatkan keabnormalan perkembangan janin hewan uji coba pada waktu memajani hewan uji baik lewat jalur inhalasi atau melalui mulut (RTECS, 1989). Tikus yang terpajan xylene melalui inhalasi selama 4 jam disinyalir mempunyai LC_{50} 5000 ppm. Adapun pajanan melalui mulut (tertelan) pada spesies hewan uji yang sama memperlihatkan hasil perhitungan LD_{50} sebesar 4300 mg/kg (RTECS, 1989). Bentuk isomer m-xylene memiliki sifat toksik akut yang lebih tinggi dibandingkan isomer xylene yang lain (o dan p-xylene), sebagai gambarannya dapat dilihat uji eksperimental yang dilakukan pada sekelompok tikus percobaan. Tikus yang terpajan konsentrasi m-xylene sebesar 2010 ppm selama 24 jam ditemukan mati lebih cepat dibandingkan tikus-tikus yang dikenai pajanan o-xylene sebesar 3062 ppm pada periode waktu yang sama, adapun tikus yang terkena pajanan isomer p-xylene sebesar 4912 ppm dalam rentang waktu yang sama dinyatakan tidak menyebabkan kematian (Proctor, 1988). Dalam penelitian yang lain, tikus yang terpajan konsentrasi xylene 1600 ppm yang tidak diketahui

4 hari menunjukkan tanda iritasi, berperilaku liar, kemungkinan berat badan, jumlah sel darah merah meningkat, muncul gejala narcosis sampai kematian (Proctor, 1988). Tikus-tikus yang terpajan konsentrasi xylene sebesar 980 ppm selama tujuh hari ditemukan menyebabkan *leucopenia*, hasil autopsi memperlihatkan sumbatan pada ginjal dan perkembangan yang abnormal dari cairan dalam tulang dan saluran yang kaya akan pembuluh darah (Proctor, 1988). Xylene menyebabkan iritasi pada selaput lendir mata, kondisi semacam kabut pada kornea serta pembengkakan pada tubuh kelinci sampai tubuhnya robek (Clayton and Clayton, 1981). Perlakuan mengolesi kulit kelinci dengan cairan yang mengandung 95 ó 100 % xylene menimbulkan kemerahan pada kulit, iritasi tingkat sedang dan kematian jaringan (Proctor, 1988; RTECS, 1989). Kelinci yang terpajan 1150 ppm xylene selama 40-55 hari mengalami penurunan jumlah sel darah merah dan putih serta mengalami kenaikan trombosit yang bersifat reversible (Proctor, 1988). Studi yang meneliti tikus dan anjing yang mengalami pajanan xylene melalui jalur inhalasi sebesar 800 ppm selama 6 jam/hari dalam kurun waktu 65 hari tidak menunjukkan efek sakit yang terukur (ACGIH, 1986). Suntikan bawah kulit terhadap tikus dengan konsentrasi 300 mg/kg/hari selama 6 minggu atau 700 mg/kg/hari selama 9 minggu ditemukan gagal menyebabkan efek *hematopoietic*; laporan terkini tentang efek toksik terhadap syaraf yang ditimbulkan oleh xylene ternyata disebabkan kandungan benzene yang ada dalam xylene. (HSDB, 1986; ACGIH, 1986). Tikus hamil yang menghirup 50 mg/m³ xylene selama 6 jam pada hari ke 1 sampai dengan 21 kehamilannya atau 250 atau 600 mg/m³ selama 24 jam pada hari ke 7 sampai 15 kehamilan diketahui mengalami kelainan perkembangan tulang rangka. Studi yang lain juga menemukan tikus hamil yang dikenai pajanan xylene melalui oral dan inhalasi mengalami perkembangan yang abnormal (RTECS, 1989).

2. Efek terhadap manusia

Konsentrasi xylene di bawah 200 ppm akan mengiritasi mata dan selaput lendir, sedangkan pada konsentrasi yang tinggi xylene menimbulkan efek narkotik (AIHA, 1978; Proctor, 1988). Perkiraan LD₅₀ secara oral pada manusia adalah 50 mg/kg (EPA Health Advisory, 1987). Dari tiga pekerja yang terpajan

ppm selama 18,5 jam, satu diantaranya meninggal dunia, dua lainnya berangsur pulih setelah mengalami masa-masa kehilangan kesadaran dan amnesia. Selain itu, gangguan fungsi hati dan ginjal juga ditemukan pada para pekerja ini. (ACGIH, 1986; Clayton and Clayton, 1981). Xylene yang tertelan menyebabkan gangguan lambung dan efek racun pada hati (Clayton and Clayton, 1981). Paparan terhadap konsentrasi tinggi uap xylene yang berlangsung akut dapat menyebabkan gangguan fungsi dan pembengkakan paru serta pendarahan (Clayton and Clayton, 1981; Klaassen, 1986). Seorang pekerja yang terpapar uap pelarut yang mengandung 75 persen xylene (dengan perkiraan konsentrasi xylene di udara 60-350 ppm) melaporkan gejala-gejala sebagai berikut: mabuk, kelainan nafsu makan (*anorexia*) dan muntah (Proctor, 1988). Setelah menghirup konsentrasi tinggi daripada xylene, para pekerja menjadi bersemangat berlebihan, merasa panas dan mengeluhkan perasaan bingung, pusing, gemetar dan gejala lainnya yang menandakan gangguan syaraf pusat (Clayton and Clayton, 1981). Kelainan darah yang terbukti terjadi paling tidak pada salah satu kasus ikut dilaporkan sebagai akibat paparan xylene. Namun demikian efek kelainan darah yang timbul diyakini disebabkan oleh benzene yang merupakan kontaminan xylene (ACGIH, 1986). Paparan xylene yang berlangsung terus menerus dapat menekan sistem syaraf pusat, anemia, pendarahan jaringan, pembesaran hati, kematian jaringan hati dan nefrosis (Clayton and Clayton, 1981). Kontak berulang kali antara kulit dan xylene menyebabkan kulit kering dan dermatitis (Clayton and Clayton, 1981).

2.3.5. Tanda dan Gejala Paparan

1. Paparan Akut

Luigi Parmeggiani (1983) seperti yang dijelaskan dalam *Encyclopaedia of Occupational Health & Safety* menyatakan bahwa gambaran klinis keracunan akut xylene mempunyai kesamaan dengan gambaran klinis keracunan benzene. Gejala-gejala yang timbul karena efek keracunan akut adalah sebagai berikut: lelah, mudah emosi, pusing, sering buang gas, wajah pucat dan memerah, badan menggigil, sesak nafas dan kadang diiringi perasaan mual ingin muntah, dalam beberapa kasus yang lebih serius, paparan xylene dapat menyebabkan hilangnya

put lendir mata, saluran pernafasan bagian atas dan ginjal ikut dilaporkan sebagai salah satu akibat pajanan xylene. Meningkatnya suhu tubuh dan jumlah kelenjar air liur, tubuh gemetar, pusing, perasaan bingung dan gangguan jantung yang bersifat tidak permanen juga turut dilaporkan sebagai efek pajanan xylene yang berlangsung akut.

Pada kasus pajanan yang berlangsung akut, xylene yang tertelan dapat menyebabkan gangguan pencernaan yang berat. Masuknya xylene ke dalam paru-paru menyebabkan kelainan fungsi paru seperti *pneumonitis*, pembengkakan organ paru dan pendarahan. Xylene yang tertelan dalam jumlah kecil dapat menimbulkan endapan dektrosa dalam urin dan menghasilkan *urobilinogen* yang bersifat racun pada hati, gejala ini dapat berulang kejadiannya dalam waktu 20 hari (Clayton & Clayton, 1994)

Konsentrasi xylene sebesar 460 ppm menyebabkan iritasi pada mata. *Conjunctivitis* dan kornea yang terasa panas seperti terbakar dilaporkan setelah kontak langsung mata dengan xylene. Xylene bersifat *irritant* dan melunturkan lemak sehingga menyebabkan kulit kering, pecah-pecah, bernoda atau dermatitis. Saat xylene terhirup dalam konsentrasi tinggi, gejala yang muncul adalah wajah seperti terbakar dan memerah disertai kenaikan suhu tubuh karena melebarnya pembuluh darah di permukaan kulit. Efek pajanan xylene yang lain dapat juga muncul sebagai gejala gangguan mata, pusing, gemetar, jumlah kelenjar air liur berlebih, stres jantung, gangguan syaraf, perasaan bingung, koma sampai sesak nafas. Xylene merupakan agen penggumpal jaringan mukosa dan berupa toksin berbulu. Xylene dapat menyebabkan kematian mendadak. Pajanan uap gas xylene yang berasal dari resin epoksi menyebabkan iritasi saluran nafas bagian atas 6 dari 8 pekerja. Temuan klinis yang ditemui terkait pajanan itu adalah kasus-kasus *albuminuria*, *microhematuria* dan *pyuria*. Pada kasus yang lain, tiga pekerja terpajan xylene dan toluene setelah diketahui mengecat tanki pada hari sebelumnya. Satu kasus kematian lain terjadi akibat gangguan paru, pembengkakan paru dan hati, kekurangan oksigen dan kerusakan syaraf. Dua pekerja diketahui tak sadarkan diri setelah 18.5 jam, namun kembali tak sadarkan diri 1 dan 5 hari setelah pertolongan gawat darurat pertama dilakukan. Temuan klinis terkait kejadian tersebut adalah kerusakan ginjal dan hati dengan

ada satu kasus. Pekerja wanita lebih berisiko terpajan dampak xylene (Clayton & Clayton, 1994).

Pada industri pencetakan batu nisan, pajanan xylene berhubungan dengan kejadian anemia. Pekerja yang beberapa hari sebelumnya bekerja mengecat tanki air menggunakan suatu agen yang terdiri dari campuran 65 persen xylene dan 35 persen benzene, separuhnya mengeluh mual dan melaporkan terjadinya perubahan warna pada urin mereka dari merah menjadi kecoklatan serupa kopi. Hampir seluruh pekerja mengeluhkan sakit kepala, kehilangan nafsu makan, dan mengalami kelelahan yang sangat. Selain daripada itu, ditemukan juga satu kasus kematian. Pajanan xylene juga membahayakan ibu hamil karena xylene dapat menembus plasenta (Clayton & Clayton, 1994)

Belum ada studi yang dilakukan terkait efek pajanan xylene dan risiko kesehatan anak-anak, namun demikian diyakini bahwa tidak ada perbedaan berarti antara pajanan xylene pada anak-anak maupun pada orang dewasa. Meskipun tidak didukung pembuktian secara langsung, dipercaya anak-anak lebih sensitif terhadap pajanan inhalasi yang berlangsung akut dibandingkan orang dewasa. Hal ini disebabkan letak jalan nafas anak-anak yang lebih rendah bila dibandingkan dengan orang dewasa (ATSDR, 2007)

2. Pajanan Kronis

Tanda dan gejala pajanan xylene yang berlangsung kronis, antara lain gangguan mata, kekeringan pada hidung, kerongkongan dan kulit, dermatitis, kerusakan ginjal dan hati (Clayton & Clayton, 1994).

Secara umum gambaran pajanan kronis xylene dapat berupa perasaan lemah dan letih yang berlebihan, pusing, sakit kepala, mudah marah, susah tidur, hilang ingatan dan telinga berdenging. Gejala khas lainnya adalah kelainan fungsi jantung, rasa manis berlebihan di mulut, perasaan mual ingin muntah, hilang nafsu makan, perasaan haus yang sangat, mata seperti terbakar dan pendarahan melalui hidung. Pada beberapa kasus tertentu, kelainan fungsional yang terjadi pada sistem syaraf pusat berhubungan dengan gejala mirip Parkinson, kerusakan fungsi pembentukan protein dan menurunnya reaksi imun (*Encyclopaedia of Occupational Health & Safety*, 1983).

dan benzene, xylene juga berbau serupa narkotik, pajanan xylene dalam jangka waktu yang lama menyebabkan kerusakan organ *haemopoietic* serta mengganggu sistem syaraf (*Encyclopaedia of Occupational Health & Safety*, 1983).

Pajanan xylene dan toluene di atas batas normal pada wanita hamil yang terjadi secara periodik dapat berdampak pada patofisiologis kondisi kehamilannya yang umumnya digambarkan melalui kondisi keracunan kehamilan, keguguran dan partus yang disertai pendarahan hebat. Selain itu pajanan tersebut juga dapat menurunkan tingkat kesuburan (*Encyclopaedia of Occupational Health & Safety*, 1983).

Beragam studi yang dilakukan terhadap hewan dalam kandungan menerangkan tingginya konsentrasi xylene dapat meningkatkan angka kematian sekaligus mengganggu perkembangan dan pertumbuhan janin. Dalam beberapa kasus, konsentrasi yang sama dari xylene juga menyebabkan kerusakan pada ibunya. Belum diketahui dampak xylene terhadap anak yang belum lahir jika ibunya sempat terpajan xylene dalam konsentrasi yang rendah semasa kehamilannya.

Pajanan Xylene juga dapat menyebabkan darah berubah bentuk secara alami menjadi kondisi anemia, *poikilocytosis*, *anisocytosis*, *leucopenia* (kadang *leukocytosis*) dengan *lymphocytosis* relatif, bahkan pada kasus serius pajanan xylene juga menyebabkan *thrombocytopenia* (*Encyclopaedia of Occupational Health & Safety*, 1983).

2.3.6 Toksikokinetik

Xylene dengan mudah diserap tubuh melalui proses oral dan inhalasi. Setelah masuk ke dalam tubuh, xylene akan mengalami proses metabolisme di dalam organ hati dan akan didistribusikan ke seluruh tubuh melalui sistem peredaran darah dengan bagian terbesar umumnya menumpuk pada jaringan-jaringan yang kaya akan lemak, seperti jaringan *adipose* atau otak. Xylene dieksresikan dengan sangat cepat ke dalam urin dalam bentuk metabolit asam metil hipurat. Eksresi xylene dalam darah individu yang mendapatkan pajanan melalui jalur inhalasi akan terjadi dalam dua tahap dimana tahapan awalnya

ur 0.561 jam dan tahap selanjutnya 20-30 jam (EPA, 2005).

Secara umum, xylene dihasilkan sebagai hasil metabolisme asam-asam toluat (ortho, meta, dan para) dan dieksresikan dalam urin bersamaan dengan glisin sebagai metabolit asam metil hipurat. Dalam keadaan normal konsentrasi fenol dalam urin tidak tinggi, namun karena keberadaan xylene yang diserap melalui kulit, 80-90 persen fenol dihilangkan dan diubah bentuknya menjadi asam metil hipurat. Penggunaan krim terbukti tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kecepatan penyerapan xylene. Hubungan linear ditemukan antara konsentrasi xylene di atmosfer dan hasil eksresi asam toluat. Dari 64 persen xylene yang terdeposit dalam tubuh para sukarelawan yang dijadikan objek penelitian, 95 persen dimetabolisasi dan 5 persen dikeluarkan tanpa mengubah bentuknya melalui paru-paru. Objek sukarelawan yang terpajan xylene dengan konsentrasi 100, 300 dan 600 ppm, waktu tinggal uapnya cenderung menurun pada akhir pajanan. Alanin aminotransferase meningkat, sebaliknya serum aktivitas kolinesterase menurun pada pekerja yang terpajan xylene dan campuran pelarut organik lainnya yang terjadi di lingkungan kerja (Clayton & Clayton, 1994).

2.3.7 Dampak Xylene Terhadap Kesehatan

Pajanan xylene terjadi di lingkungan kerja dan pada waktu menggunakan cat, bensin, pengencer cat dan produk yang mengandung xylene lainnya. Orang yang menghirup xylene dalam konsentrasi tinggi dapat mengalami pusing, perasaan bingung dan kehilangan keseimbangan tubuh. Xylene ditemukan sedikitnya pada 840 tempat dari 1.684 lokasi yang menjadi prioritas penting untuk diidentifikasi menurut *the Environmental Protection Agency (EPA)*.

Pada waktu xylene masuk ke dalam suatu lingkungan, uap xylene menguap dengan cepat dari tanah dan permukaan air ke udara. Di udara, uap xylene diuraikan oleh sinar matahari selama beberapa hari menjadi senyawa kimia lain yang lebih rendah tingkat bahayanya. Selain matahari, mikroorganisme dan air dapat pula berperan menguraikan senyawa xylene. Sejumlah kecil xylene

ng, tumbuhan dan hewan lain yang hidup dalam air yang terkontaminasi oleh xylene (ATSDR, 2007)

Penggunaan beragam produk yang mengandung minyak tanah, pernis cat, bahan lak, bahan pencegah karat dan asap rokok merupakan faktor yang memperburuk kondisi seseorang untuk terpajan xylene. Xylene juga dapat diserap melalui jalan nafas dan kulit. Selain itu menelan makanan atau air yang terkontaminasi xylene dalam konsentrasi yang rendah sekalipun ternyata juga dapat menyebabkan pajanan xylene. Mereka yang memiliki pekerjaan yang banyak melibatkan penggunaan xylene, contohnya tukang cat, pekerja industri cat, pekerja laboratorium biomedik, pekerja bengkel otomotif, pekerja yang banyak melakukan kontak dengan logam dan pekerja di industri meubel memiliki risiko lebih tinggi terpajan xylene (ATSDR, 2007).

Sejauh ini, belum ada catatan mengenai efek kesehatan yang dilaporkan terkait pajanan xylene dari orang-orang yang terpajan berdasarkan konsentrasi xylene yang diterimanya dalam keseharian aktivitasnya. Pajanan dengan konsentrasi tinggi yang berlangsung lama dapat menyebabkan sakit kepala, pegal-pegal, pusing, perasaan bingung dan kehilangan keseimbangan. Pajanan xylene dengan konsentrasi tinggi namun berlangsung dalam waktu yang pendek dapat menimbulkan iritasi pada kulit, mata, hidung dan kerongkongan, juga menyebabkan sesak nafas, permasalahan fungsi paru, mudah lupa, gangguan fungsi gerakan refleks, gangguan pencernaan serta kemungkinan perubahan fungsi hati dan ginjal. Bahkan pajanan xylene dalam konsentrasi tinggi dapat juga menyebabkan kehilangan kesadaran dan berujung pada kematian. Baik *the International Agency for Research on Cancer (IARC)* maupun EPA menyatakan masih sedikit sekali informasi yang dapat digunakan untuk menentukan apakah xylene bersifat karsinogenik atau tidak.

2.3.8 Ambang Batas Tingkat Pemajanan Xylene

Nilai ambang batas pajanan xylene (*Permissible Exposure Limit/PEL*) di udara menurut OSHA adalah 100 ppm (435 mg/m^3 udara) berdasarkan pajanan selama 8 jam. *The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* juga menetapkan batas pajanan yang diperkenankan bagi xylene

Limit/REI) sebesar 100 ppm (435 mg/m^3) dengan durasi pajanan di lingkungan kerja yang berlangsung selama 10 jam atau 40 jam per minggu. NIOSH juga mengeluarkan rekomendasi nilai ambang batas xylene sebesar 200 ppm (868 mg/m^3) yang berlangsung 10 menit sebagai batas terendah (NIOSH Recommendations, 1988). ACGIH telah menetapkan nilai ambang batas (*Threshold Limit Value/TLV*) xylene sebesar 100 ppm (435 mg/m^3) sebagai konsentrasi rata-rata yang dianggap normal pada durasi 8 jam waktu kerja dan 40 jam seminggu serta menetapkan nilai ambang batas untuk pajanan jangka pendek (*Short Time Exposure Limit/STEL*) yakni sebesar 150 ppm (655 mg/m^3) untuk jangka waktu pemaparan tidak lebih dari 15 menit (ACGIH, 1988). Batasan yang ditetapkan The OSHA dan ACGIH didasari risiko iritasi, sifat narkotik dan efek kronis yang berhubungan dengan pajanan xylene. Adapun nilai ambang batas yang ditetapkan NIOSH berdasarkan efek potensial xylene sebagai penyebab depresi terhadap sistem syaraf pusat dan iritasi saluran pernafasan.

2.4. Prosedur Pengukuran Xylene di Udara Lingkungan Kerja

Penggunaan bahan kimia organik yang mudah menguap seperti xylene dalam skala besar di dunia perdagangan, industri dan rumah tangga diyakini akan memajan populasi umum yang ada di sekitarnya pada suatu waktu. Penentuan jejak xylene dalam jaringan biologis dan cairan dibatasi oleh segelintir metode analisis, diantaranya *Gas Chromatography with Mass Spectrometry* (GC/MS), *Gas Chromatography* berpasangan dengan *Flame Ionization Detection* (GC/FID) dan *High-Performance Liquid Chromatography* (HPLC).

Xylene dapat dideteksi sampai tingkat part per triliun (ppt) dalam darah manusia menggunakan alat pengusir dan perangkat yang dilanjutkan pemeriksaan menggunakan GC/MS, namun metode ini tidak dapat membedakan antara m dan p-xylene (Ashley, 1992). Bahan anti busa seringkali digunakan, meskipun metode yang dikembangkan selanjutnya membuktikan bahwa penambahan zat tambahan semacam itu sebetulnya tidak diperlukan. Penggunaan alat penyingkir dinamis pada suhu ruang akan mengurangi perolehan kembali hasil ekstrak terakhir. Kelebihan teknik GC/MS adalah bahwa teknik ini dapat digunakan bersamaan dengan ion terpilih yang dimonitor untuk mendapatkan

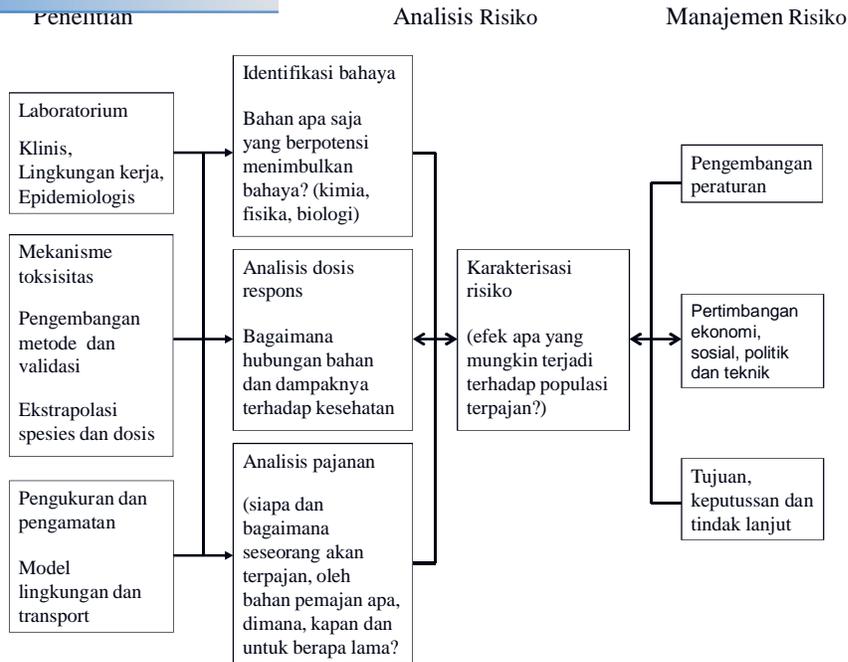
yang lebih baik (seperti polutan NPL) sampai tingkat ppt.

Pada penelitian ini, pemantauan pajanan xylene di udara lingkungan kerja dilakukan menggunakan pipa berisi arang aktif (100/50 mg sections, 20/40 mesh). Sampel dikumpulkan pada kecepatan alir maksimum 0,2 liter per menit sampai volume udara maksimum 12 liter didapat. Sampel tersebut kemudian diberikan campuran karbon disulfida untuk mengekstrak xylene. Analisis menggunakan *Gas Chromatography* (GC) dengan menggunakan ion yang mudah terbakar sebagai pendeteksi. Metode ini memiliki tingkat kesalahan sampling dan kesalahan analisis 0.10 dan tercatat sebagai metodologi NIOSH 1501 dalam manual metode analisis NIOSH, edisi keempat, volume II (NIOSH, 1984).

2.5. Analisis Risiko

Analisis risiko adalah terjemahan bebas untuk istilah *risk assessment* yang diartikan sebagai suatu proses karakterisasi efek-efek yang potensial merugikan kesehatan manusia yang timbul akibat pajanan bahaya lingkungan (NRC, 1983). Analisis risiko juga dikenal sebagai alat pengelolaan risiko, yaitu proses penilaian bersama para ilmuwan dan birokrat untuk memprakirakan peningkatan risiko kesehatan pada manusia yang terpajan oleh zat-zat toksik (US EPA, 1991). Tujuannya adalah untuk menyediakan kerangka ilmiah guna membantu para pengambil keputusan dan para pemangku kepentingan dalam memecahkan masalah-masalah lingkungan dan kesehatan (Louvar & Louvar, 1998). Kelebihan analisis risiko adalah mampu meramalkan risiko menurut proyeksi pajanan di masa datang. Dengan kemampuan ini, maka risiko gangguan kesehatan yang akan terjadi akibat pajanan *risk agent* yang ada di lingkungan dapat dicegah sedini mungkin.

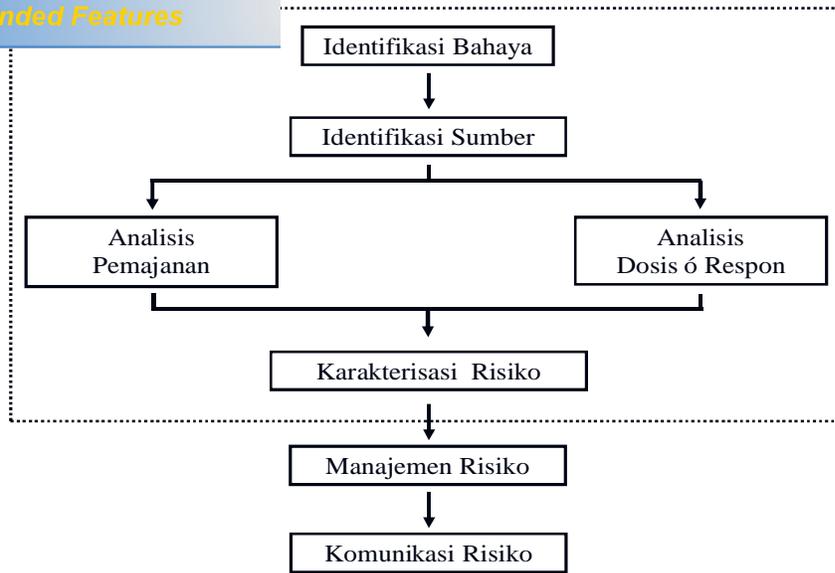
Paradigma analisis risiko untuk kesehatan masyarakat pertama kali dikemukakan tahun 1983 oleh *US National Academic of Science* untuk menilai risiko kanker oleh bahan kimia dalam makanan (NRC, 1983). *Risk analysis* terbagi dalam tiga bagian utama, yakni penelitian (*research*), analisis risiko (*risk assessment*) dan manajemen risiko (*risk management*), seperti tampak dalam bagan berikut:



Gambar 2.2. Paradigma Analisis Risiko

Sumber: NRC, 1983

Analisis risiko terdiri atas empat langkah penting, yaitu identifikasi bahaya/sumber, karakterisasi bahaya (analisis dosis-respon), analisis pemajanan dan karakterisasi risiko (ATSDR, 2005; IPCS, 2004; Kolluru, 1996; Louvar and Louvar, 1998; NRC, 1983). Louvar dan Louvar menjelaskan langkah-langkah ini secara skematik seperti terlihat pada gambar 2.3. Analisis risiko hanya dilakukan pada bagian kotak garis titik-titik sedangkan manajemen risiko dan komunikasi risiko berada di luar lingkup analisis risiko.



Gambar 2.3. Tahapan Analisis Risiko

Sumber: US EPA/NRC, 1983; Louvar & Louvar, 1998

2.5.1. Identifikasi Bahaya

Tahapan awal analisis risiko adalah melakukan identifikasi bahaya. Pada langkah ini, peneliti menentukan jenis permasalahan kesehatan suatu bahan kimia yang menyebabkannya dengan meninjau ulang studi tentang dampaknya pada manusia dan hewan percobaan. Efek kesehatan yang ditimbulkan dapat berupa efek akut, seperti sakit kepala, mual, iritasi pada mata, hidung dan kerongkongan, atau efek kronis seperti kanker. Efek kesehatan yang lain, contohnya yang terjadi pada kelompok berisiko, seperti wanita hamil atau mereka yang memiliki permasalahan kesehatan (termasuk mereka yang memiliki sistem kekebalan tubuh yang lemah), harus pula dipertimbangkan respon bahan-bahan kimia beracun akan berpindah-pindah tergantung pada panjang dan jumlah pajanannya. Sebagai contoh, pajanan jangka pendek konsentrasi bahan-bahan kimia dalam konsentrasi yang rendah boleh jadi tidak menghasilkan efek nyata apapun, tetapi bila terpajan dalam jangka waktu yang lama bahan-bahan kimia tersebut boleh jadi menimbulkan bahaya.

Salah satu cara untuk mengidentifikasi bahaya adalah memilih studi penelitian yang menyediakan informasi tentang zat pemaparan yang memberikan dampak risiko pada manusia secara tepat. Pemilihan studi didasari faktor-faktor, antara lain: apakah studi yang dilakukan telah dikaji ulang oleh ilmuwan yang berkualitas, apakah penemuan studi telah dibuktikan oleh studi yang lain dan telah diujicobakan baik pada objek manusia maupun hewan percobaan.

2.5.2. Analisis Pemaparan

Untuk menghitung jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko, maka jalur-jalur pemaparan (*pathways*) agen risiko tersebut harus dikenali terlebih dahulu melalui analisis pemaparan (*exposure assessment*). Jalur pemaparan bergantung pada media lingkungan tempat agen risiko tersebut berada, seperti air, tanah, udara ataupun bahan pangan (ikan, daging, telur, susu, sayur dan buah). Data dan informasi yang diperlukan untuk menghitung asupan (*intake*) adalah semua variabel yang terkandung dalam persamaan berikut (Louvar & Louvar, 1998):

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- I = Intake/asupan (mg/kg.hari)
 - C = konsentrasi *risk agent* (mg/m³ untuk udara, mg/kg untuk bahan pangan, mg/L untuk air minum, susu dan minuman)
 - R = laju/rate asupan atau konsumsi (m³/jam untuk inhalasi, L/hari untuk air minum, mg/hari untuk makanan)
- R didapat dari nilai default yang ditetapkan EPA untuk industri yakni 0,83 m³/jam atau 20 m³/hari untuk pemaparan inhalasi (Kolluru, 1996).

...an (jam/hari), hanya berlaku untuk asupan melalui ingesti, variabel waktu t_E tidak diperlukan karena makan dan minum tidak berlangsung terus menerus seperti halnya menghirup udara dan tidak dipengaruhi oleh berapa lama makan berlangsung per hari.

f_E = frekuensi pajanan (hari/tahun)

D_t = durasi pajanan (tahun), yakni lama responden bermukim di lokasi studi sampai saat penelitian dilakukan, yang dinyatakan dalam real time atau 30 tahun untuk proyeksi pajanan *default residensial* atau 25 tahun untuk proyeksi pajanan *default* lingkungan industri.

Nilai D_t hasil penelitian digunakan untuk menghitung asupan (I) pajanan *real time* sedangkan D_t default (EPA, 1990) dipakai untuk menghitung asupan harian nonkarsinogenik (I) untuk sepanjang hayat (*life time*, 30 tahun).

W_b = berat badan (kg)

t_{avg} = periode waktu rata-rata ($D_t \times 365$ hari/tahun untuk zat nonkarsinogenik dan $70 \text{ tahun} \times 365$ hari/tahun untuk zat karsinogen)

Konsentrasi agen risiko dalam media lingkungan diperlakukan menurut karakteristik statistiknya. Jika distribusi beberapa konsentrasi agen risiko normal, maka dapat digunakan nilai *arithmetic mean*-nya. Jika distribusinya tidak normal, maka harus digunakan log normal atau mediannya. Normal tidaknya distribusi konsentrasi agen risiko dapat ditentukan dengan menghitung *Coefficiency of Variance (CoV)*, yaitu mean *SD* dibagi *mean*. Jika $CoV \leq 0,5$ maka distribusi dianggap normal dan karena itu dapat digunakan nilai mean.

2.5.3. Analisis Dosis-Respon

Hubungan dosis respon suatu bahan kimia menyatakan tingkat toksisitas bahan tersebut terhadap reseptor biologis yang terpajan. Data toksisitas terutama diperoleh dari eksperimen menggunakan hewan uji, data dari studi-studi

melakukan sebelumnya, uji klinis atau kajian hubungan struktur molekul dengan keaktifan biologis. Dalam analisis dosis respon, dosis dinyatakan sebagai jumlah *risk agent* yang terhirup, tertelan atau terserap melalui kulit per kilogram berat badan per hari. Respon atau efek yang ditimbulkan oleh dosis tersebut dapat bervariasi, mulai dari titik teramati yang sifatnya sementara dan reversibel, kerusakan organ menetap, kelainan fungsional yang kronis sampai pada kematian (Kolluru, 1996).

Efek kesehatan *risk agent* dibedakan atas kategori karsinogenik dan nonkarsinogenik. Ukuran toksisitas untuk efek nonkarsinogenik atau sistemik dinyatakan sebagai dosis acuan (*Reference Dose/RfD* untuk air minum dan makanan/ingesti atau *Reference Concentration/RfC* untuk udara/inhalasi). Dosis acuan merupakan suatu estimasi dosis pajanan harian yang diperkirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan meskipun pajanan berlanjut tersebut terjadi sepanjang hayat (IPCS, 2004). Data-data *RfD* dan *RfC* zat-zat kimia dalam berbagai spesi, termasuk formulanya, telah tersedia dalam pangkalan data IRIS (US EPA, 2003). Baik *RfC* maupun *RfD* bukan merupakan dosis yang *acceptable*, melainkan hanya referensi. Jika dosis yang diterima melebihi *RfC/RfD*, maka probabilitas untuk mendapatkan risiko menjadi lebih besar. Dalam hal ini, dosis di atas *RfC/RfD* tidak otomatis mengganggu kesehatan, sebaliknya dosis di bawah *RfC* tidak berarti sepenuhnya aman karena *RfC/RfD* diturunkan dengan unsur-unsur ketidakpastian.

Terdapat dua cara untuk menentukan *RfD* atau *RfC*, yaitu:

1. Pendekatan data NOAEL (*No Observable Adverse Effect Levels*), yakni dosis tertinggi yang tidak menimbulkan efek kesehatan. *RfD* dan *RfC* ditetapkan dengan membagi NOAEL dengan *UF* (*Uncertainty Factor*) yang dikalikan dengan *MF* (*Modifying Factor*) dengan rumusan sebagai berikut:

$$RfC/RfD = \frac{NOAEL \text{ atau } LOAEL}{UF_1 \times UF_2 \times UF_3 \times UF_4 \times MF} \quad (2.2)$$

UF₁ : 10 untuk variasi sensitivitas dalam populasi manusia

UF₂ : 10 untuk ekstrapolasi dari hewan ke manusia

kan dari uji subkronik, bukan kronik

UF4 . 10 bna menggunakan LOAEL bukan NOAEL

$0 < MF < 10$ merupakan *professional judgement* terhadap kualitas dan kelengkapan data studi toksisitas.

2. Pendekatan teknik *benchmarking dose modelling*, teknik ini mengambil data hasil eksperimen dan mengekstrapolasikannya untuk mendapatkan nilai RfC/RfD .

Adapun ukuran toksisitas untuk efek karsinogenik dikenal sebagai *cancer potency slope* atau disebut *Slope Factor (SF)*. Berbeda dengan RfC , SF didasarkan pada asumsi bahwa karsinogen tidak mempunyai dosis ambang sehingga dipastikan selalu berpotensi menimbulkan efek. Karena itu SF bukan suatu angka tunggal melainkan sederet nilai yang berada dalam satu garis (umumnya garis lurus sebagai hasil model linear) menuju titik nol pada kurva efek dosis.

2.5.4. Karakterisasi Risiko

Karakteristik risiko kesehatan dinyatakan sebagai *Risk Quotient (RQ)* untuk efek-efek nonkarsinogenik dan *Exceeds Cancer Risk (ECR)* untuk efek-efek karsinogenik. RQ dihitung dengan membagi asupan nonkarsinogenik setiap agen risiko dengan dosis referensinya (RfD atau RfC) menurut persamaan berikut:

$$RQ = \frac{\text{Intake}}{RfD \text{ atau } RfC} \quad (2.3)$$

RfD adalah toksisitas kuantitatif nonkarsinogenik yang menyatakan estimasi dosis pajanan harian yang diprakirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan meskipun pajanan itu berlanjut sepanjang hidupnya (IPCS, 2004). Dosis referensi dibedakan untuk pajanan oral (ingesti, makanan dan minuman) disebut RfD sedangkan dosis referensi untuk pajanan inhalasi disebut RfC . Baik RfD maupun RfC , keduanya dinyatakan sebagai miligram agen risiko per kilogram berat badan per hari (mg/kg/hari).

yatakan ada dan perlu dikendalikan jika $RQ \times 1$. Jika $RQ < 1$, risiko tidak perlu dikendalikan tetapi segala kondisi perlu dipertahankan agar nilai numerik RQ tidak melebihi 1.

ECR dihitung dengan mengalikan *Cancer Slope Factor (CSF)* dengan asumsi karsinogenik setiap agen risiko menurut persamaan:

$$ECR = \text{Intake (mg/kg.hari)} \times SF \text{ (mg/kg.hari)} \quad (2.4)$$

RQ menyatakan kemungkinan risiko yang potensial terjadi dan biasa dinyatakan dengan pernyataan $RQ \times 1$ atau $RQ < 1$. Pernyataan $RQ \times 1$ mengandung arti semakin besar pajanan *risk agent* berakibat semakin besar menimbulkan risiko kesehatan nonkarsinogenik yang ditimbulkannya, sebaliknya, bila nilai $RQ < 1$, maka semakin kecil pula risiko kesehatan nonkarsinogenik yang terjadi sepanjang hidupnya.

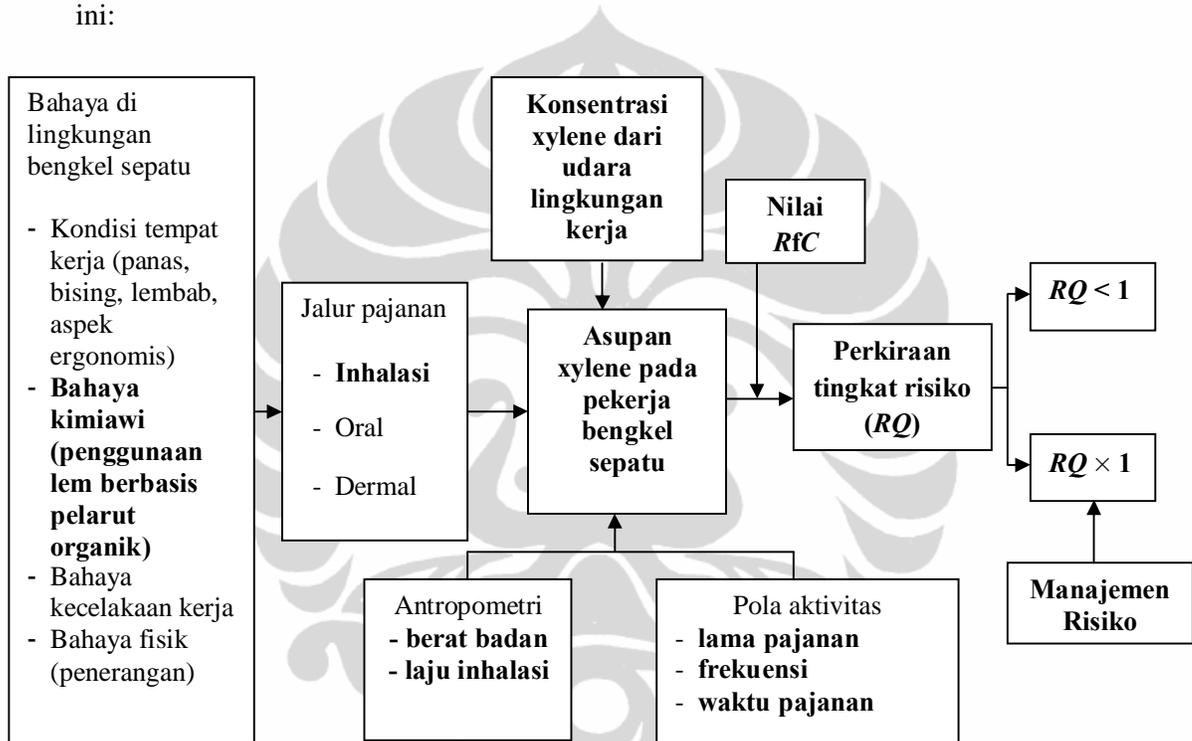
2.6. Manajemen Risiko

Manajemen risiko merupakan aplikasi sistematis daripada manajemen kebijakan, prosedur dan pelatihan untuk melakukan tugas menganalisis, mengevaluasi dan mengendalikan risiko (Kolluru, 1996). Manajemen risiko bertujuan menurunkan risiko pada tahap yang tidak bermakna sehingga diharapkan tidak sampai menimbulkan efek buruk terhadap kesehatan (Mansyur, 2007). Manajemen risiko berisi pilihan-pilihan alternatif yang dilakukan melalui manipulasi nilai-nilai faktor pemajanan sehingga asupan lebih kecil atau sama dengan dosis referensi toksisitasnya (Rahman, 2007).

**BAB 3
TEORI, KERANGKA KONSEP DAN
DEFINISI OPERASIONAL**

3.1 Kerangka Teori

Berdasarkan tinjauan teori dan kepustakaan yang telah diuraikan sebelumnya, maka disusunlah kerangka teori seperti dalam gambar 3.1. di bawah ini:

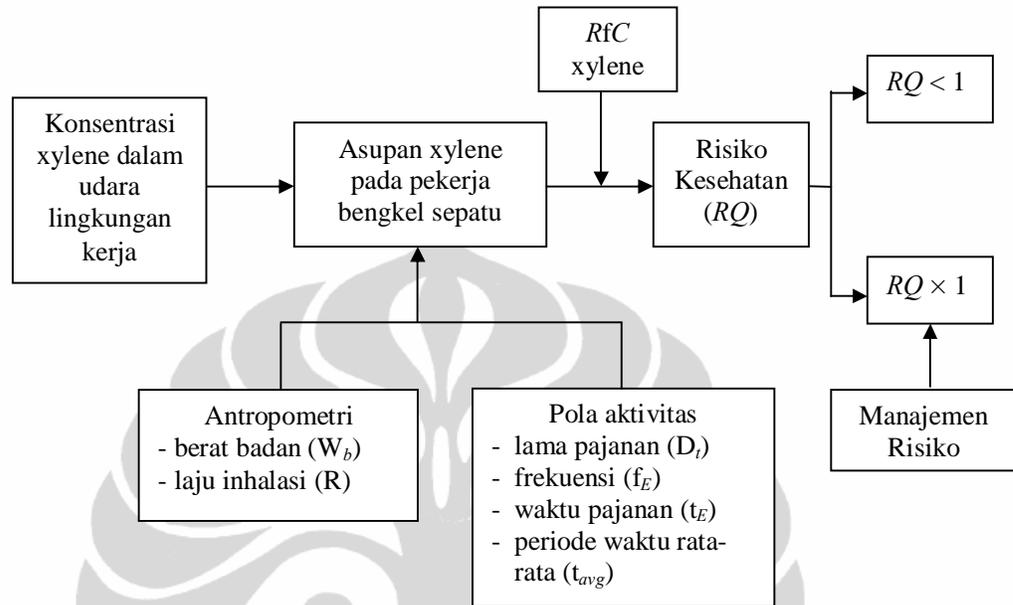


Gambar 3.1. Kerangka Teori Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Xylene pada Pekerja Bengkel Sepatu 'X' di Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010

3.2 Kerangka Konsep

Dari kerangka teori di atas disusun suatu kerangka konsep yang untuk menghitung tingkat risiko kesehatan (*Risk Quotient/RQ*) yang diperoleh dengan cara membagi asupan (*intake*) dengan *RfC* xylene sebagai nilai kuantitatif toksisitas. Intake merupakan hasil perhitungan variabel konsentrasi xylene di

asupan, lama pajanan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan serta periode waktu rata-rata dalam setahun.



Gambar 3.2 Kerangka Konsep Analisis Risiko Pajanan Xylene pada Pekerja Bengkel Sepatu 'X' di Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010

3.3 Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala
1	2	3	4	5	6
Konsentrasi xylene	Jumlah xylene per volume udara lingkungan kerja	NIOSH <i>Manual of Analytical Methods</i> 1501 (NIOSH, 1994)	Alat perangkap udara dan instrument <i>Gas Chromatography</i> (GC)	mg/m ³	Rasio
Laju inhalasi	Jumlah volume udara lingkungan kerja yang terhirup responden per satuan waktu	Mengambil nilai default EPA untuk pajanan inhalasi bagi pekerja industri yaitu 0,83 m ³ /jam atau 20 m ³ /hari (Kolluru, 1996)	-	m ³ /jam	Rasio

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

		3	4	5	6
pajanan (t_E)	waktu (jam) responden bekerja dalam satu hari	Wawancara	Kuesioner	Jam/hari	Rasio
Frekuensi pajanan	Tingkat keseringan pajanan xylene yang dialami responden per hari yang dihitung selama satu tahun setelah dikurangi lama responden meninggalkan wilayah studi	Wawancara	Kuesioner	Hari/tahun	Rasio
Durasi pajanan	Lama waktu kontak responden dengan xylene di lokasi studi yang dihitung dalam satuan tahun untuk real time atau 25 tahun untuk proyeksi pajanan default pekerja industri (EPA, 1991)	Wawancara	Kuesioner	Tahun	Rasio
Berat badan	Massa tubuh yang dinyatakan responden pada waktu penelitian	Menimbang	Timbangan <i>bathroom scale</i>	Kilogram	Rasio
Periode waktu rata-rata	Waktu yang diperoleh dari hasil perkalian durasi pajanan dengan frekuensi	Mengalikan frekuensi pajanan (365 hari/tahun) dengan durasi pajanan (30 tahun untuk non kanker, 70 tahun untuk kanker)	-	Tahun	Rasio

Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features

		3	4	5	6
Kesehatan	risiko yang menggambarkan kemungkinan timbulnya gangguan kesehatan disebabkan pajanan xylene di udara lingkungan kerja	asupan nonkarsinogenik xylene dengan dosis referensinya melalui persamaan = I/RfC	Program Excell	RQ < 1: Risiko terkena non kanker kecil RQ × 1: Risiko terkena non kanker cukup besar	Rasio
Reference dose Concentration (RfC) xylene	Konsentrasi rujukan berupa estimasi dosis pajanan inhalasi xylene harian yang diperkirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan meskipun pajanan tersebut berlanjut sepanjang hayat (IPCS, 2004). Besaran RfC xylene menurut IRIS adalah 0,1 mg/m ³ .	-	-	mg/m ³	Rasio
Manajemen risiko	Aplikasi sistematis daripada manajemen kebijakan, prosedur dan pelatihan untuk melakukan tugas menganalisis, mengevaluasi dan mengendalikan risiko (Koluru, 1996).	Mengubah nilai-nilai faktor pemajanan sehingga diperoleh hasil asupan lebih kecil atau sama dengan dosis referensi toksisitasnya	-	Rekomendasi	Ordinal

BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Desain Penelitian

Rancangan penelitian menggunakan desain paradigma *risk analysis* dengan mengambil salah satu komponennya, yakni analisis risiko untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan nonkarsinogenik pada pekerja bengkel sepatu akibat pajanan bahan berbahaya xylene dalam bahan perekat/lem sepatu yang terlepas di udara lingkungan kerja.

4.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Bengkel XØ yakni salah satu bengkel sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur pada bulan April ó Mei 2010.

4.3 Populasi, Sampel dan Besar Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh pekerja Bengkel Sepatu XØ yang berada di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur. Adapun sampel dalam penelitian terbagi dua, yakni sampel pekerja dan sampel lingkungan. Karena jumlah populasi yang sedikit maka sampel pekerja diambil secara *total sample* dari keseluruhan populasi pekerja Bengkel Sepatu XØ yang berjumlah 26 orang. Pertimbangan memilih Bengkel Sepatu XØ adalah berdasarkan masukan dari pihak pengelola kawasan PIK Pulogadung bahwa bengkel sepatu tersebut termasuk bengkel yang perputaran produksinya hampir rutin berjalan sepanjang tahun dan dikenal sebagai salah satu penghasil produk sepatu yang berkualitas.

Sampel lingkungan adalah udara lingkungan kerja di Bengkel Sepatu XØ yang diukur konsentrasi xylenenya. Mengacu pada pernyataan Moeljosoedarmo (2002) bahwa pengambilan contoh udara di lingkungan kerja dapat dilakukan paling sedikit pada lima titik lokasi pengukuran yang ditentukan secara acak, maka pada penelitian ini, konsentrasi xylene di udara lingkungan kerja diukur pada tujuh titik lokasi Bengkel Sepatu XØ yang terdiri dari lima bagian pengerjaan sepatu, yakni bagian administrasi (1 titik), bagian *upper*/mukaan (2 titik), bagian open/tarik (2 titik), bagian sol dan telapak (1 titik), dan bagian

4.4.1 Analisis Xylene dalam Udara Lingkungan Kerja

Pengukuran konsentrasi xylene di udara lingkungan kerja mengacu pada metode 1501 (NIOSH, 1994) yang menggunakan bahan pipa penyerap karbon aktif (*charcoal*) dan menggunakan metode analisis *Gas Chromatography* dengan perincian sebagai berikut:

Detektor	: <i>Flame Ionisation Detector (FID)</i>
Gas pembawa	: Helium dengan kecepatan alir 2,6 ml/menit
Desorption	: 1 ml karbondisulfide (CS_2) didiamkan selama 30 menit dengan agitasi
Volume injeksi	: 1 μ l dengan perbandingan 5 : 1
Temperatur injeksi	: 250°C
Temperatur detector	: 300 °C
Temperatur kolom	: 40 °C (10 menit) - 230 °C (10 °C/ menit)
Kolom	: pipa kapiler, dengan fusi silica 30 m x 0,32 mm

Udara yang diduga mengandung VOC (*volatile organic compound*) disampling menggunakan karbon aktif (*charcoal*). Selanjutnya *charcoal* dihubungkan dengan pompa *vacuum* untuk melewati udara melalui arang aktif yang ada dalam *charcoal*. Sampling dilakukan menggunakan kecepatan tertentu sampai didapatkan volume sampling sesuai ketentuan dalam prosedur NIOSH 1501. *Charcoal* yang sudah mengandung VOC kemudian dibawa ke laboratorium untuk dipecahkan dan karbon aktif yang ada di dalamnya dimasukkan ke dalam larutan CS_2 yang akan mengekstrak VOC dalam karbon aktif tersebut sebelum akhirnya siap disuntikkan ke instrument GC. Instrumen GC dilengkapi dengan *Flame Ionization Detector (FID)*. Larutan injeksi akan didorong oleh gas pembawa melalui pipa kapiler (*coloum oven*). VOC akan mencapai detector pada waktu yang berbeda-beda tergantung dari komponen yang terdapat dalam VOC tersebut. Pada detektor akan terlihat luas *peak*/puncak dari masing-masing komponen VOC. Luas puncak kemudian dibandingkan dengan standar sehingga diperoleh konsentrasi masing-masing komponen.

Penelitian ini menggunakan data primer yang terdiri dari:

1. Data kuesioner, yakni data hasil wawancara dengan para pekerja Bengkel Sepatu XØ yang berada di kawasan PIK Pulogadung, meliputi data karakteristik responden (umur, jenis kelamin, pendidikan, kebiasaan merokok dan tempat tinggal) dan data antropometri (berat badan) serta pola aktivitas (frekuensi pajanan, durasi pajanan dan lama pajanan).
2. Data laboratorium, yakni data hasil analisis konsentrasi xylene di udara lingkungan kerja yang dilakukan di Laboratorium Hiperkes Jakarta
3. Data dosis referensi (*RfC*) xylene yang masuk melalui pajanan inhalasi yang diperoleh melalui kajian literatur dalam portal IRIS, yakni sebesar 0.1 mg/m^3 .

4.6 Pengolahan dan Analisis Data

4.6.1 Pengolahan Data

Data-data yang diperoleh selama penelitian di lapangan akan diolah dengan tahapan sebagai berikut:

1. Pengecekan data, yaitu kegiatan pemeriksaan semua data, baik itu data hasil pengisian kuisisioner maupun data hasil pengukuran laboratorium.
2. Pemasukkan data, yakni proses memasukkan data ke dalam program komputer yang bertujuan memudahkan serta mengantisipasi terjadinya kesalahan perhitungan dalam melakukan analisis data.
3. Pembersihan data, yaitu kegiatan memeriksa ulang data yang sudah dimasukkan. Kegiatan ini bertujuan untuk melihat distribusi frekuensi masing-masing variabel yang diteliti berdasarkan kelogisannya dan berguna untuk memeriksa kembali kelengkapan data sehingga kesalahan analisis dapat ditekan seminimal mungkin.

4.6.2 Analisis Data

1. Analisis Univariat

Analisis univariat dilakukan untuk memperoleh gambaran karakteristik responden. Dalam analisis ini digunakan ukuran nilai tengah mean, median, nilai

koefisien variasi untuk data numerik dan distribusi frekuensi dengan ukuran persentase (proporsi) untuk data kategorik. Data disajikan dalam bentuk tabel frekuensi.

2. Analisis Risiko

Studi analisis risiko kesehatan lingkungan merupakan salah satu model kajian efek lingkungan terhadap kesehatan yang diawali dengan perumusan masalah (identifikasi isu), identifikasi bahaya, karakteristik bahaya (analisis dosis-respons), analisis paparan dan karakteristik risiko. Adapun langkah-langkah penerapannya adalah sebagai berikut:

a. Perumusan masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini dilakukan dengan cara menelaah hasil uji petik kualitas udara yang dilakukan oleh Laboratorium Hiperkes Jakarta yang ternyata mendapatkan hasil konsentrasi xylene di udara lingkungan kerja Bengkel Sepatu \approx sebesar $0,5 \text{ mg/m}^3$ atau 5 kali lebih tinggi dari dosis referensi IRIS ($0,1 \text{ mg/m}^3$). Selanjutnya dilakukan telaah dosis-respon xylene melalui kajian literatur.

b. Identifikasi bahaya

Identifikasi bahaya dilakukan dengan cara mengukur konsentrasi xylene di udara lingkungan kerja Bengkel Sepatu \approx sebanyak tujuh titik yang terdiri dari 5 bagian pengerjaan sepatu, yakni masing-masing dua titik di bagian *upper*/mukaan serta open/tarik dan tiga bagian lainnya, yakni bagian sol dan telapak, bagian administrasi, dan bagian finishing masing-masing dilakukan pengukuran yang sama sebanyak satu titik. Pengukuran di lima bagian pengerjaan sepatu tersebut dianggap mewakili gambaran kondisi udara lingkungan kerja yang sehari-hari memajan pekerja bengkel. Selanjutnya masih dalam tahap identifikasi bahaya, dilakukan kajian referensi terkait toksisitas xylene untuk mengetahui sifat karsinogenik atau nonkarsinogenik xylene. IRIS dalam US EPA (2003) menjelaskan bahwa sampai kini belum ada data yang tersedia untuk menyatakan bahwa xylene bersifat karsinogenik.

Karena tidak cukup tersedianya data terkait pajanan xylene terhadap manusia untuk menurunkan *RfC* dan karena terbatasnya data inhalasi kronik pada hewan uji, maka studi subkronik Korsak et al (1994) dipilih sebagai studi utama yang mengkaji xylene, sedangkan studi lainnya: Korsak et al (1992), Gralewicz et al. (1995), Gralewicz and Wiaderma (2001) digunakan sebagai studi pendukung. Ketidakseimbangan koordinasi motorik terpilih sebagai efek kritis untuk menurunkan *RfC* xylene. Performa keseimbangan ditemukan menurun secara signifikan pada pajanan xylene 100 ppm, demikian juga halnya dengan sensitivitas terhadap rasa sakit yang ikut menurun pada pemajanan xylene 50 ppm dan 100 ppm. Gralewicz dan Wiaderma (2001) ikut mengukur efek pajanan m-xylene terhadap sensitivitas rasa sakit dengan lama pajanan 6 jam/hari, frekuensi pajanan 5 hari/minggu dan durasi pajanan 4 minggu yang diukur pada hari ke-50 saat pajanan berakhir. Sensitivitas rasa sakit meningkat secara signifikan pada dosis xylene 100 ppm sehingga dipilih sebagai LOAEL studi.

Beberapa efek neurologis yang signifikan secara statistik telah tercatat dalam studi-studi pendukung Korsak yang menggunakan tikus jantan sebagai objek yang dikenai pajanan m-xylene sebesar 100 ppm, yakni gangguan keseimbangan tubuh dan gerakan spontan yang muncul setelah pajanan 6 jam/hari, 5 hari/minggu dan durasi pajanan 6 bulan (Korsak, 1992), menurunnya performa radial maze yang terjadi setelah pajanan 6 jam/hari, 5 hari/minggu selama 3 bulan (Gralewicz et al., 1995); dan semakin singkatnya waktu yang diperlukan untuk menjalani uji penolakan pasif dengan tingkat pajanan 5 jam per hari, 5 hari per minggu selama 1 bulan. Semua studi mengukur efek neurologis setelah pajanan 24 jam kecuali studi Gralewicz dan Wiaderma (2001) yang mengukur efek setelah pajanan terakhir pada hari ke-50. Untuk alasan tersebut, dengan menggunakan NOAEL 50 ppm dan atau LOAEL 100 ppm, maka dapat diidentifikasi efek neurologis (gangguan keseimbangan koordinasi motorik).

Dalam penelitian ini, analisis dosis-respons dilakukan melalui kajian literatur hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya terhadap xylene. Dosis referensi (*RfC*) inhalasi yang dijadikan acuan dalam penelitian ini diambil dari studi yang dilakukan Korsak (1994) dengan tikus sebagai objek penelitian

an m-xylene (EPA, 2003). Meskipun studi tersebut hanya menobatkan saran satu isomer xylene, yakni m-xylene namun campuran isomer tersebut dianggap cukup representatif mewakili seluruh isomer xylene lainnya karena telah dimanfaatkan secara luas di berbagai bidang usaha komersial lainnya. Selain itu, studi yang dilakukan oleh Moser et al pada tahun 1985 yang dikutip dalam US EPA (2003) menyatakan meskipun belum ada studi pembandingan lain yang mempelajari efek isomer xylene (selain m-xylene) terhadap gangguan fungsi syaraf akibat pajanan inhalasi yang bersifat subkronis maupun kronis, ternyata masing-masing isomer xylene tersebut memberikan dampak yang kurang lebih sama dengan m-xylene sehingga nilai *RfC* yang didapat dari studi Korsak et al dapat dijadikan referensi bagi studi yang dilakukan peneliti (IRIS, 2003 dalam US EPA). Tabel 4.1. menunjukkan dosis referensi xylene.

Tabel 4.1. Dosis Referensi Xylene

Efek Kritis	Dosis Experimental *	UF	MF	RfC
Gangguan keseimbangan tubuh	NOAEL: 50 ppm NOAEL _(HEC) : 39 mg/m ³	300	1	0.1 mg/m ³
Studi inhalasi subchronic pada tikus jantan (Korsak et al., 1994)	LOAEL: 100 ppm LOAEL _(HEC) : 78 mg/m ³			

Dosis respon xylene diperoleh dari IRIS (2003) dalam US EPA yang menyatakan dosis acuan inhalasi (*RfC*) untuk pajanan non karsinogen xylene di udara sebesar 0,1 mg/m³. Untuk mengkonversi satuan mg/m³ menjadi mg/kg.hari maka bilangan *RfC* harus dikalikan dengan nilai *default* laju inhalasi orang dewasa, yaitu 20 m³/hari (Kolluru, 1996) dan membaginya dengan nilai *default* berat badan dewasa 70 kg (EPA, 1991) dengan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$RfC = \frac{0,1 \text{ mg/m}^3 \times 20 \text{ m}^3/\text{hari}}{70 \text{ kg}} = 0,03 \text{ mg/kg.hari}$$

Analisis pajanan dilakukan melalui pengukuran dan perhitungan estimasi jumlah asupan (*intake*) xylene ke dalam tubuh setiap harinya dengan memperhitungkan konsentrasi xylene di udara, laju inhalasi, frekuensi pajanan, durasi pajanan, berat badan dan periode waktu rata-rata (Kolluru, 1996).

Perhitungan asupan konsentrasi xylene yang berasal dari udara lingkungan kerja diperoleh melalui persamaan (2.1).

e. Karakteristik risiko

Karakterisasi risiko adalah perkiraan risiko secara numerik melalui estimasi risiko dengan kuantifikasi probabilitas, yakni risiko antara asupan (*intake*) dengan dosis acuan *RfC*. Tingkat risiko dinyatakan dengan bilangan risiko (*Risk Quotients/RQ*) seperti dalam persamaan (2.3).

Tingkat risiko menyatakan kemungkinan risiko yang potensial terjadi akibat pajanan xylene. Nilai $RQ \times 1$ menunjukkan pajanan xylene berada di atas dosis referensi sehingga diperkirakan dapat menimbulkan risiko kesehatan pada pekerja sepanjang hidupnya. Sebaliknya, nilai $RQ < 1$ menunjukkan bahwa pajanan masih berada di bawah dosis referensi sehingga pekerja yang terpapar xylene mempunyai risiko lebih rendah untuk mendapatkan efek yang merugikan terhadap kesehatan sepanjang hidupnya (Kolluru, 1996).

BAB 5 HASIL PENELITIAN

5.1. Gambaran Lokasi Penelitian

5.1.1. Gambaran Umum Wilayah

PIK Pulogadung dibangun pada tahun 1981 melalui Surat Keputusan Gubernur DKI Jakarta Tahun 532 Tahun 1981 tentang Pembangunan PIK di area PPL perluasan Kawasan Industri Kecil Pulogadung dan penunjukkan Kepala Proyek Pelaksana Pembangunan PIK. PIK Pulogadung merupakan kawasan dengan luas ± 44 Ha terletak di Jl. Penggilingan Raya Kecamatan Cakung Jakarta Timur. Kawasan ini terdiri dari lahan berupa aset tanah dan bangunan dengan perincian berupa sarana untuk industri, fasilitas umum dan sosial.

Kawasan PIK Pulogadung mempunyai akses ke utara berupa Jl. Raya Bekasi dan akses ke Selatan Jl. I Gusti Ngurah Rai (Klender). Bagian Timur berbatasan dengan akses jalan tol Cilincing dan bagian Barat merupakan lokasi kawasan industri Pulogadung. Adapun batas-batas fisik PIK sesuai dengan Keputusan Gubernur DKI Jakarta Nomor 1180 tahun 1989 tanggal 21 Agustus 1989 tentang Penataan Kembali Batas Fisik Penguasaan Perencanaan Kawasan BPLIP Pulogadung, antara lain ditetapkan batas penguasaan perencanaan kawasan BPLIP Pulogadung meliputi areal seluas $\pm 950,15$ ha dengan batas-batas sebagai berikut:

- Batas Utara : Jl. Raya Bekasi
- Batas Selatan : Rel kereta api, Jl. I Gusti Ngurah Rai
- Batas Timur : Jl. Tol Cakung-Cilincing
- Batas Barat : Areal PT. JIEP

Penghuni kawasan merupakan penyewa tanah dan bangunan yang terdiri dari industri kecil dan bukan industri kecil. Unit bangunan yang disewakan sesuai SK Gubernur Nomor 136 Tahun 2000 dan SK Gubernur Nomor 92 Tahun 2003 terdiri dari berbagai ukuran dan bentuk serta tipe sebagai berikut:

1. Unit Sarana Kerja dan Hunian (SKH) adalah suatu unit bangunan yang digunakan sebagai tempat kegiatan usaha industri kecil dan tempat tinggal

- diri dari dua lantai dengan lantai bawah merupakan sarana kerja dan lantai atas untuk tempat tinggal.
2. Unit Barak Kerja adalah suatu unit bangunan yang khusus digunakan sebagai tempat menjalankan kegiatan usaha produksi industri kecil, berjumlah 130 unit yang disewakan.
 3. Ruang Pamer adalah ruang yang digunakan dan disewakan untuk kegiatan usaha, jasa pelayanan dan menjual hasil-hasil produksi industri kecil dengan ukuran setiap unitnya sebesar $3 \times 2,5 \text{ m}^2$.
 4. Pondok Boro adalah bangunan yang khusus disewakan bagi para pekerja untuk tempat tinggal dan terdiri dari dua lantai dengan ukuran tiap unit $2 \times 2,5 \text{ m}^2$.
 5. Ruang kantor adalah ruang yang disewakan untuk kantor, jumlah 1 unit dengan luas 114 m^2 . Ruang kantor ini disewa oleh satu penyewa, yaitu Bank DKI untuk cabang pembantu di PIK.
 6. Gudang adalah tempat yang digunakan/disewa untuk menyimpan bahan baku dan hasil produksi industri kecil, jumlah 1 unit dengan luas 375 m^2 . Gudang dimanfaatkan oleh 1 (satu) penyewa yang dimanfaatkan untuk kegiatan pencetakan buku.

5.1.2 Gambaran Umum Bengkel Sepatu 'X'

Diawali sebagai sebuah usaha keluarga dengan modal seadanya dan dengan memanfaatkan sisa-sisa bahan dari pabrik-pabrik industri kulit yang lebih besar, Bengkel $\alpha X \emptyset$ yang berdiri sejak tahun 1995 di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur perlahan bangkit menjadi sebuah usaha yang terbilang mapan. Namun akibat krisis ekonomi yang melanda Indonesia, bengkel sepatu rumahan ini ikut terkena imbasnya. Krisis ekonomi menyebabkan menurunnya daya beli masyarakat akan barang-barang yang bukan merupakan kebutuhan pokok, termasuk di dalamnya sepatu. Sebagai dampak melemahnya *demand* dan kendala keterbatasan modal, Bengkel Sepatu $\alpha X \emptyset$ terpaksa menekan produksinya. Namun demikian, di tengah keterpurukan industri-industri besar yang terpaksa gulung tikar karena krisis ekonomi yang berkepanjangan dari tahun 1997-2000, Bengkel Sepatu $\alpha X \emptyset$ tetap berupaya eksis berproduksi dengan melayani pesanan dari pasar

... untuk membaiknya iklim perekonomian di Indonesia, Bengkel Sepatu $\alpha X \emptyset$ yang kini menjadi salah satu usaha kecil binaan PT. Kimia Farma masih bertahan menjalankan usahanya dan cukup dikenal akan produk sepatunya yang berkualitas. Karena jaminan mutu produknya yang berkualitas, Bengkel sepatu $\alpha X \emptyset$ mendapatkan kepercayaan dari pelanggannya untuk membuat sepatu dengan desain mengikuti merek-merek terkenal, seperti *Fladeo*, *Kickers*, *Dr. Kevin*, *Zeintin*, *Versace* dan *Cesare Partioci*. Adapun produk Bengkel Sepatu $\alpha X \emptyset$, yakni *Deanotti* karena belum tersosialisasi dengan baik, akhirnya kalah bersaing dengan merek-merek terkenal lainnya yang beredar di pasaran.

Seperti industri kecil pada umumnya, Bengkel Sepatu $\alpha X \emptyset$ hanya memiliki kurang dari 30 orang pekerja. Kecuali pekerja yang bekerja di bagian *finishing*, sebagian besar pekerja Bengkel Sepatu $\alpha X \emptyset$ bukan merupakan pekerja tetap, dalam artian sewaktu-waktu bisa keluar-masuk tergantung besar-kecilnya order pesanan yang didapat pemilik bengkel pada suatu waktu. Sebagai ilustrasi, pada situasi menjelang ramadhan order sepatu umumnya mencapai titik puncaknya yang menyebabkan pemilik bengkel kewalahan sehingga terpaksa mencari sendiri tambahan pekerja ke sentra-sentra bengkel sepatu seperti Cibaduyut, Ciomas, dan lain-lain untuk menyelesaikan order tersebut. Pada situasi yang normal, jumlah pekerja berkisar 30 orang dapat menghasilkan 50 pasang sepatu setiap hari dengan omzet penjualan mencapai 100 juta/bulan. Sedangkan produksi rata-rata pada situasi \emptyset banyak pesanan \emptyset mencapai 100-150 pasang sepatu setiap harinya dengan omzet penjualan 200-300 juta/bulan, inilah kondisi yang memaksa pemilik bengkel mencari tambahan pekerja untuk pencapaian target produksinya. Terkait dengan kompensasi pekerjaannya, pekerja diberikan honor mingguan yang disesuaikan dengan tingkat kesulitan dalam tiap pembuatan sepatu. Secara umum, berdasarkan informasi yang didapat ketika wawancara, pekerja mendapat honor Rp. 130.000,-/kodi yang dibayarkan secara mingguan dengan pengaturan jam kerja yang diserahkan kepada pekerja bengkel asal target tercapai. Masih terkait dengan informasi tentang pekerja bengkel, sebagian yang merupakan orang-orang perantauan memilih tinggal di dalam bengkel sedangkan sebagian yang lain memilih tinggal bersama keluarga di kontrakan yang letaknya tidak terlalu jauh dari tempat mereka bekerja.

ksinya, Bengkel Sepatu $\phi X\phi$ menggunakan beragam peralatan, seperti mesin pengepress berkompresor, mesin pencetak nomor sepatu, mesin jahit, pemanas listrik, paku dan martil. Adapun yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan sepatu, antara lain adalah kulit, lateks, cairan pengencer/*thinner*, larutan primer, dan bahan perekat/lem. Lem yang digunakan Bengkel $\phi X\phi$ ada dua jenis, yaitu lem kuning dan lem putih. Lem kuning digunakan untuk menyambung bukaan sehingga biasanya digunakan di bagian muka (*upper*) dan *finishing*, sedangkan lem putih umumnya digunakan untuk tempelan sol karena daya rekatnya yang jauh lebih kuat. Bengkel $\phi X\phi$ mendapatkan bahan baku kulitnya dari daerah Garut dan Magetan, adapun lem dan bahan kimia lainnya didapatkan di toko-toko yang berada di dalam kawasan PIK Pulogadung. Pemakaian bahan produksi bergantung pada tinggi rendahnya pesanan, kalau pesanan banyak, dengan sendirinya diperlukan bahan baku yang lebih banyak lagi. Pada situasi normal (hari-hari biasa) dalam waktu dua hari bisa dihabiskan 10 kg lem kuning. Adapun lem putih pada hari-hari biasa 10 kg lem bisa dihabiskan dalam 3-5 hari. Sebaliknya, pada kondisi pesanan ramai 10 kg lem kuning bisa habis hanya dalam waktu 1 hari saja, sedangkan 10 kg lem putih dapat dihabiskan hanya dalam waktu 2-3 hari saja.

Bengkel Sepatu $\phi X\phi$ sebagaimana potret kebanyakan bengkel sepatu pada umumnya memperlihatkan kondisi-kondisi yang kurang lebih sama, diantaranya: jam kerja tidak mengikat, jumlah pekerja tidak tetap dan sistem order borongan. Selain itu, lingkungan kerja yang masih belum tertata dengan baik (ditandai dengan ventilasi yang kurang dan ketiadaan *exhaust van*) serta belum maksimalnya manajemen risiko akibat penggunaan bahan kimia berbahaya khususnya bahan perekat/lem dalam proses produksi di Bengkel Sepatu $\phi X\phi$ masih menjadi pekerjaan rumah yang sepertinya sudah lama menunggu untuk diselesaikan.

5.2. Hasil Analisis Univariat

5.2.1. Karakteristik Responden

Gambaran karakteristik responden pekerja Bengkel Sepatu $\phi X\phi$ dapat dilihat pada tabel 5.1. Dari tabel tersebut terlihat hanya ada satu orang pekerja

in perempuan, sedangkan 96,2 % diantaranya adalah laki-laki. Dari seluruh pekerja yang ada tersebut, 76,9 % tercatat sudah menikah dan mempunyai kebiasaan merokok. Selain itu, didapat data mengenai tempat tinggal responden yang menunjukkan 53,8 % responden menetap di dalam bengkel sedangkan 46,2 % sisanya tercatat tinggal di luar lingkungan bengkel.

Data karakteristik umur menunjukkan rentang usia responden yang berada pada kisaran 19 sampai 55 tahun dengan persentase terbesar pada kelompok umur 29 ó 38 tahun yang berjumlah 50 %.

Masih dalam tabel 5.1 dapat dilihat bahwa sebagian besar pekerja Bengkel Sepatu berhasil menyelesaikan pendidikannya hingga jenjang SMP dengan persentase 46,2 %.

Tabel 5.1. Karakteristik Pekerja Bengkel Sepatu 'X' di Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010

Karakteristik Individu		n	%
Jenis Kelamin	Laki-laki	25	96,2
	Perempuan	1	3,8
Umur	19 - 28 th	6	23,1
	29 - 38 th	13	50,0
	39 - 48 th	6	23,1
	> 49	1	3,8
Status	Menikah	20	76,9
	Belum Menikah	6	23,1
Pendidikan	Tidak Tamat SD	3	11,5
	SD	5	19,2
	SMP	12	46,2
	SMA	5	19,2
	D3/S1	1	3,8
Kebiasaan Merokok	Ya	20	76,9
	Tidak	6	23,1
Tempat Tinggal	Di dalam bengkel	12	46,2
	Di luar bengkel	14	53,8

Keberadaan xylene di udara lingkungan kerja Bengkel Sepatu merupakan hal yang mutlak untuk mengetahui tingkat risiko zat tersebut terhadap kelompok terpajan, yakni para pekerja bengkel. Oleh karena itu, seperti telah disampaikan pada bab sebelumnya, penelitian ini mengukur konsentrasi xylene di beberapa titik lokasi bengkel untuk memperoleh rata-rata konsentrasi xylene yang berada di udara lingkungan kerja bengkel tersebut. Lokasi pengambilan contoh udara tersebut terdiri dari lima bagian pengerjaan sepatu, yakni bagian administrasi, bagian *upper*/mukaan, bagian open/tarik, bagian sol dan telapak serta bagian *finishing*. Pada masing-masing bagian, pengambilan contoh diambil sebanyak satu titik, kecuali pada bagian *upper*/mukaan dan bagian open/tarik yang areanya lebih luas, contoh diambil masing-masing sebanyak 2 titik. Hasil pengukuran konsentrasi xylene berdasarkan lokasi pengambilan contoh udara di Bengkel Sepatu beserta distribusi frekuensinya dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2. Distribusi Konsentrasi Xylene Berdasarkan Lokasi Pengambilan Contoh Udara pada Bengkel Sepatu 'X' di Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010

Titik	Lokasi	Konsentrasi Xylene (mg/m ³)	Mean Median	SD	Min - Max
1	Bagian Administrasi	0,05			
2	Bagian Upper/mukaan (titik 1)	0,13			
3	Bagian Upper/mukaan (titik 2)	0,18	0,07	0,06	0,02 - 0,18
4	Bagian Open Tarik (titik 1)	0,03	0,05		
5	Bagian Open Tarik (titik 2)	0,03			
6	Bagian Sol & Telapak	0,08			
7	Bagian Finishing	0,02			

Dari tabel di atas terlihat bahwa konsentrasi xylene tertinggi terdapat di bagian *upper*/mukaan (titik 2) sebesar 0,18 mg/m³ dan yang terendah di bagian *finishing* dengan konsentrasi 0,02 mg/m³. Tabel 5.2 juga menunjukkan rata-rata

0,07 mg/m³. Namun karena konsentrasi xylene tersebut menunjukkan distribusi yang tidak normal, maka konsentrasi yang digunakan adalah konsentrasi yang ditunjukkan oleh nilai mediannya, yakni 0,05 mg/m³. Konsentrasi ini masih berada di bawah dosis referensi IRIS (2003) dalam US EPA, yaitu sebesar 0,1 mg/m³. Konsentrasi xylene tersebut juga masih berada di bawah nilai PEL yang dikeluarkan OSHA (100 ppm atau 435 mg/m³ untuk rata-rata pajanan 8 jam) atau RELs yang dikeluarkan NIOSH (100 ppm atau 435 mg/m³ untuk waktu pajanan yang lebih lama, yaitu 10 jam) atau nilai TLV yang dikeluarkan ACGIH (100 ppm atau 435 mg/m³ sebagai pajanan rata-rata 8 hari kerja/40 jam per minggu). Nilai konsentrasi xylene 0,05 mg/m³ ini juga masih jauh di bawah nilai ambang batas zat kimia di udara tempat kerja yang ditetapkan Standar Nasional Indonesia (SNI, 2005), yakni sebesar 100 ppm atau 434 mg/m³.

5.2.3. Pola Aktivitas dan Antropometri

Pola aktivitas dan data antropometri pekerja di Bengkel Sepatu dapat dilihat pada Tabel 5.3. Pada bagian administrasi didapatkan nilai rata-rata dan median berat badan yang sama, yakni sebesar 61 kg, standar deviasi 6 dan kisaran berat badan antara 56 sampai dengan 65,0 kg. Berat badan rata-rata pekerja di bagian *upper*/mukaan adalah 55 kg dengan median 52 kg dan standar deviasi 10. Berat badan dari yang terendah hingga yang tertinggi di bagian ini berada dalam kisaran 45 hingga 80 kg. Selanjutnya di bagian *open*/tarik diperoleh data berat badan rata-rata 58 kg dengan median 57 kg dan standar deviasi 4. Berat badan terendah pada bagian ini sebesar 55 kg sedangkan yang tertinggi 65 kg.

Dari data berat badan bagian sol dan telapak diperoleh rata-rata berat badan adalah 67 kg, median 66 kg dengan standar deviasi sebesar 13 kg. Berat badan responden terendah 55 kg dan yang tertinggi 80 kg. Pada bagian *finishing*, diketahui berat badan rata-rata pekerja sebesar 53 kg dengan median 50 kg dan standar deviasi 53. Berat badan terendah di bagian ini adalah 45 kg sedangkan yang tertinggi beratnya 71 kg.

**ntrasi, Pola Aktivitas dan Antropometri
Sepatu 'X' di Kawasan PIK Pulogadung
Jakarta Timur 2010**

No	Bagian	Data Antropometri dan Pola Aktivitas Responden			
		Berat badan	Frekuensi pajanan	Lama pajanan	Durasi pajanan
1	Administrasi				
	Mean	61	298,0	11,0	6,3
	Median	61	298,0	11,0	6,3
	SD	6	8,5	1,4	5,3
	Min ó Max	56 ó 65	292,0 - 304,0	10,0 - 12,0	2,5 - 10,0
2	Upper/mukaan				
	Mean	55	304,9	14,6	1,4
	Median	52	305,0	15,0	1,0
	SD	10	0,3	2,4	1,6
	Min ó Max	45 ó 80	304,0 - 305,0	9,0 - 17,0	0,0 - 4,0
3	Open/Tarik				
	Mean	58	303,4	14,4	2,0
	Median	57	304,0	14,0	1,0
	SD	4	2,7	1,5	1,7
	Min ó Max	55 ó 65	299,0 - 306,0	13,0 - 17,0	1,0 - 5,0
4	Sol dan Telapak				
	Mean	67	290,0	14,7	6,7
	Median	66	283,0	15,0	5,0
	SD	13	12,1	0,6	3,8
	Min ó Max	55 ó 80	283,0 - 304,0	14,0 - 15,0	4,0 - 11,0
5	Finishing				
	Mean	53	298,2	16,0	6,5
	Median	50	298,0	17,0	1,5
	SD	53	298,2	16,0	6,5
	Min ó Max	45 ó 71	292,0 - 305,0	14,0 - 17,0	0,3 - 15,0
6	Seluruh Pekerja				
	Mean	57	301,08	14,58	3,48
	Median	55	304,50	14,50	1,75
	SD	9	6,84	2,14	4,41
	Min ó Max	45 ó 80	283 - 306	9 ó 17	0 ó 15

ma selanjutnya dapat dilihat data-data mean, median, standar deviasi dan nilai maksimal-minimum untuk frekuensi pajanan, lama pajanan dan durasi pajanan yang dialami pekerja Bengkel Sepatu $\phi X \phi$ selama penelitian berlangsung. Rata-rata waktu yang dipergunakan pekerja di bagian administrasi dalam satu tahun sebesar 298 hari dengan standar deviasi 8,5 dan penggunaan hari untuk bekerja paling sedikit selama 292 hari dan paling lama 304 hari dalam 1 tahun. Adapun pekerja di bagian *upper*/mukaan rata-rata menggunakan waktu selama 304,9 hari dalam satu tahun untuk bekerja dengan deviasi sebesar 0,3 dan kisaran rentang waktu pemanfaatan waktu antara 304 hingga 305 hari dalam satu tahun. Pekerja di bagian *open*/tarik menghabiskan paling sedikit 299 hari dalam 1 tahun untuk bekerja dan paling lama memanfaatkan 306 hari untuk melakukan aktivitas membuat sepatu di Bengkel Sepatu $\phi X \phi$ dengan rata-rata waktu bekerja selama 303,4 hari. Bagian sol dan telapak paling sedikit menghabiskan 283 hari dalam setahun untuk bekerja dan paling lama menggunakan 304 hari yang dimilikinya dalam 1 tahun untuk beraktivitas membuat sepatu di Bengkel Sepatu $\phi X \phi$. Rata-rata waktu yang dihabiskan pekerja di bagian sol dalam 1 tahun adalah 290 hari dengan standar deviasi 12,1. Dengan cara yang sama dapat diperoleh data rata-rata waktu yang dipergunakan pekerja di bagian *finishing* untuk bekerja selama 1 tahun dari Tabel 5.3. yakni selama 298,2 hari dengan paling sedikit waktu yang dihabiskan untuk bekerja selama 292 hari dalam setahun dan paling lama menggunakan 305 hari yang dimilikinya dalam 1 tahun untuk bekerja membuat sepatu.

Lama pajanan (t_E) menggambarkan jumlah jam kerja yang dialami responden setiap hari di lingkungan kerja. Pada tabel 5.3 terlihat pekerja bengkel bagian administrasi, *upper*/mukaan, *open*/tarik, serta bagian sol dan telapak rata-rata menggunakan 11,0 ó 14,7 jam/hari untuk bekerja di bengkel dengan jumlah jam kerja terendah adalah 9 jam/hari sedangkan yang tertinggi adalah 17 jam/hari. Jumlah jam kerja para pekerja di bagian *finishing* rata-rata 16,0 jam/hari, dengan jumlah jam kerja terendah 14 jam dan yang tertinggi lebih dari 12 jam/hari.

Durasi pajanan (D_t) menggambarkan lama tinggal pekerja di lokasi studi. Hasil analisis data menunjukkan rata-rata lama tinggal pekerja bagian

agian lama tinggal paling singkat 2,5 tahun dan terpanjang 10 tahun, bagian *upper*/mukaan rata-rata lama tinggal 1,4 tahun, bagian open/tarik rata-rata lama tinggal 2 tahun dengan lama tinggal paling sedikit 1 tahun dan paling lama 5 tahun. Lama tinggal pekerja di bagian sol adalah 6,7 tahun dengan lama tinggal terpendek 4 tahun dan terpanjang 11 tahun. Kemudian yang terakhir adalah bagian *finishing* dengan rata-rata lama tinggal di lokasi studi 6,5 tahun dengan rentang lama tinggal dari yang terpendek hingga yang terpanjang 3 hingga 15 tahun.

Masih dalam Tabel 5.3 diperoleh pola aktivitas dan data antropometri seluruh pekerja bengkel tanpa mengenal asal bagian tempat mereka bertugas. Dari hasil analisis univariat didapatkan informasi bahwa pekerja bengkel rata-rata menggunakan lebih dari 12 jam (14,58 jam/hari) waktu mereka untuk bekerja di bengkel dengan median sebesar 14,50 dan standar deviasi 2,14. Jumlah jam kerja terendah adalah 9 jam/hari sedangkan yang tertinggi adalah 17 jam/hari. Selain itu terlihat bahwa para pekerja bengkel paling sedikit menghabiskan 283 hari dalam setahun untuk bekerja dan paling lama menggunakan 306 hari yang dimilikinya dalam 1 tahun untuk beraktivitas membuat sepatu di Bengkel Sepatu $\varnothing X \varnothing$. Rata-rata waktu yang dihabiskan seluruh pekerja untuk bekerja dalam 1 tahun adalah 301,08 hari dan standar deviasi 6,84.

Durasi pajanan (D_i) menggambarkan lama tinggal pekerja di lokasi studi. Hasil analisis data menunjukkan rata-rata lama tinggal pekerja 3,48 tahun, median 1,75 dan standar deviasi 4,41. Lama tinggal responden terendah adalah 0 tahun karena pada waktu penelitian berlangsung memang ada beberapa pekerja yang baru bekerja selama 1 hari dan lama tinggal tertinggi 15 tahun.

Selanjutnya dari hasil analisis juga didapatkan rata-rata berat badan responden adalah 57 kg, median 55 kg dengan standar deviasi sebesar 9 kg. Berat badan responden terendah 45 kg dan yang tertinggi 80 kg.

5.3. Perhitungan Tingkat Risiko (RQ) Nonkarsinogenik

Salah satu tujuan khusus dalam penelitian ini adalah ingin mengetahui risiko nonkarsinogenik yang diakibatkan pajanan xylene di udara lingkungan

ang terhirup para pekerja bengkel dalam keseharian aktivitasnya.

Tingkat risiko nonkarsinogenik didapat melalui hasil pembagian asupan harian dengan nilai dosis-respons yang dikenal dengan istilah *Reference Concentration (RfC)*. Asupan harian menggambarkan jumlah xylene yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan satuan mg/kg.hari sedangkan *RfC* merupakan dosis referensi yang berupa bilangan *default* dan telah tersedia dalam pangkalan data IRIS (2003) dalam US EPA, yakni sebesar 0,1 mg/m³. *RfC* inhalasi diturunkan dari *Methods for Derivation of Inhalation Reference Concentrations and Application of Inhalation Dosimetry* (EPA/600/8-90/066F October 1994). *RfC* dapat juga diturunkan untuk efek kesehatan nonkarsinogenik dari bahan yang bersifat karsinogenik.

Tingkat risiko nonkarsinogenik individu yang dimaksud dalam penelitian ini dihitung berdasarkan lama tinggal atau durasi pajanan (*Dt*) responden sampai penelitian ini dilakukan. Tingkat risiko $RQ \times 1$ mengindikasikan adanya risiko akibat pajanan xylene, sedangkan $RQ < 1$ menunjukkan responden tidak mempunyai risiko terpajan xylene.

5.3.1. Tingkat Risiko Nonkarsinogenik Individu dan Populasi

Tingkat risiko nonkarsinogenik, baik untuk individu maupun populasi pekerja Bengkel Sepatu $\text{-X}\emptyset$ dapat diestimasi dengan cara menghitung $RQ_{realtime}$ dan $RQ_{lifetime}$ melalui model proyeksi penambahan durasi pajanan selama 5, 10, 15, 20, 25 sampai dengan 30 tahun. Model estimasi ini dapat dilakukan dengan asumsi bahwa semua data yang terkait dalam perhitungan asupan tidak mengalami perubahan.

Perhitungan tingkat risiko nonkarsinogenik individu berupa $RQ_{realtime}$ dan $RQ_{lifetime}$ dapat dilihat pada Lampiran 2. Model penambahan durasi pajanan untuk menghitung tingkat risiko nonkarsinogenik individu pada masa 5 tahun sampai dengan 30 tahun ke depan menunjukkan hasil bahwa pekerja bengkel sepatu belum mempunyai risiko untuk terpajan xylene. Baru pada tahun ke-25 para pekerja mulai berisiko terpajan xylene yang ditunjukkan dengan nilai $RQ \times 1$ sebanyak 5 orang (19 %). Risiko pajanan tersebut terus bertambah lima tahun

0) yang ditunjukkan peningkatan jumlah responden sebanyak 9 orang dengan tingkat risiko ($RQ \times 1$) sebesar 35 %.

Tabel 5.4. Tingkat Risiko Nonkarsinogenik Individu Pekerja Bengkel Sepatu 'X' di Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010

Tingkat Risiko	Proyeksi Pemajanan pada Dt tahun ke-n											
	5 tahun		10 tahun		15 tahun		20 tahun		25 tahun		30 tahun	
	n	%	N	%	N	%	n	%	n	%	n	%
RQ < 1	26	100%	26	100%	26	100%	26	100%	21	81%	17	65%
RQ × 1	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	5	19%	9	35%

Untuk menghitung tingkat risiko populasi pekerja bengkel sepatu digunakan pendekatan deterministik dengan *single point estimated* (penggunaan satu nilai). Nilai yang digunakan tersebut dapat berupa nilai rata-rata atau mediannya, tergantung normal/tidaknya distribusi masing-masing variabelnya berdasarkan perhitungan *Coefficient of Variance (CoV)*. Bila $CoV > 0,5$ distribusi dianggap tidak normal dan karena itu dapat digunakan nilai median, sebaliknya bila $CoV \leq 0,5$, maka distribusi dianggap normal sehingga dapat menggunakan nilai mean (Mc Bean and Rovers, 1998). Hasil perhitungan variabel hasil uji normal tersebut adalah sebagai berikut:

- Konsentrasi xylene (C) : 0.05 mg/m³ (nilai median)
- Laju inhalasi (R) : 0.83 m³/jam, nilai *default* (Kolluru, 1996)
- Lama pajanan per hari (t_E) : 14.58 jam/hari (nilai mean)
- Lama hari kerja (f_E) : 301.08 hari/tahun (nilai mean)
- Durasi pajanan (D_i) : 1,75 tahun (nilai median)
- Periode waktu rata-rata (t_{avg}) : 365 hari x 30 tahun
- Berat badan (Wb) : 57 kg (nilai mean)

Selanjutnya dihitung asupan harian pajanan xylene seperti di bawah ini:

$$I = \frac{0,05 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 14,58 \text{ jam/hr} \times 301,08 \text{ hr/th} \times 1,75 \text{ th}}{57 \text{ kg} \times 365 \text{ hr/th} \times 30 \text{ th}}$$

$$I = 0,00051 \text{ mg/kg.hr}$$

$$RQ_{pop} = 0,02$$

Hasil perhitungan RQ populasi menunjukkan nilai $RQ < 1$ yang berarti pekerja bengkel sepatu tidak berisiko terkena pajanan xylene pada waktu studi dilakukan.

Dengan melakukan hal yang sama, perkiraan tingkat risiko (RQ) pada populasi dapat diestimasi seperti halnya tingkat risiko individu. Adapun hasil perhitungannya seperti yang ditampilkan dalam Tabel 5.5. Data dalam tabel tersebut menunjukkan bahwa sampai masa 30 tahun ke depan populasi pekerja Bengkel Sepatu 'X' diperkirakan belum berisiko mendapatkan gangguan kesehatan akibat pajanan xylene karena seluruh RQ -nya masih kurang dari satu.

Tabel 5.5. Tingkat Risiko Nonkarsinogenik untuk Populasi Pekerja Bengkel Sepatu 'X' di Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010

Tingkat Risiko	Proyeksi Pemajanan pada Dt tahun ke-n					
	5 tahun	10 tahun	15 tahun	20 tahun	25 tahun	30 tahun
RQ	0.07	0.11	0.16	0.21	0.26	0.31

5.3.2. Tingkat Risiko Nonkarsinogenik Pekerja per Area Lokasi Kerja

Data dalam Tabel 5.6. menunjukkan bahwa berdasarkan lokasi kerjanya, tingkat risiko nonkarsinogenik para pekerja bengkel sepatu, baik *realtime* maupun *lifetime* nilainya masih di bawah dosis referensi IRIS ($0,1 \text{ mg/m}^3$) yang ditandai dengan nilai $RQ < 1$.

Nonkarsinogenik Pekerja Berdasarkan Lokasi Bengkel Sepatu 'X' di Kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur 2010

Lokasi	Tingkat Risiko (RQ) Pekerja dengan Dt tahun ke-n						
	Realtime	5 tahun	10 tahun	15 tahun	20 tahun	25 tahun	30 tahun
Bagian administrasi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bagian <i>upper</i> /mukaan	0,03	0,19	0,35	0,51	0,67	0,82	0,98
Bagian open/tarik	0,01	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,17
Bagian sol dan telapak	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,43
Bagian <i>finishing</i>	0,01	0,03	0,06	0,10	0,10	0,13	0,15

5.4. Manajemen Risiko dan Tinjauan Aspek Legal

Salah satu kegiatan manajemen risiko adalah pengendalian risiko melalui penentuan batas konsentrasi yang aman bagi pekerja Bengkel Sepatu 'X'. Batas aman konsentrasi dihitung menggunakan data-data, antara lain: waktu pajanan (t_E) dan frekuensi pajanan (f_E) mengacu pada Surat Keputusan Menakertrans No.102/MEN/2004 yakni 8 jam kerja atau 5 hari kerja dalam seminggu, laju inhalasi menggunakan nilai *default* (Kolluru, 1996) yakni 20 m³/hari atau 0,83 m³/jam dan periode rata-rata pajanan (t_{avg}) untuk pajanan industri yaitu 25 tahun. Dengan memformulasikan data-data tersebut, dapat dihitung konsentrasi aman xylene dengan rumusan sebagai berikut:

$$C = \frac{RfC \times W_b \times t_{avg}}{R \times t_E \times f_E \times D_t} \tag{5.1}$$

$$C = \frac{0,03 \text{ mg/kg.hr} \times 57 \text{ kg} \times 365 \text{ hr/th} \times 25 \text{ th}}{0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam/hr} \times 260 \text{ hr/th} \times 25 \text{ th}}$$

$$C = 0,36 \text{ mg/kg.hr}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa pekerja dengan berat badan 57 kilogram dan bekerja 8 jam per hari dengan frekuensi kerja 5 hari seminggu

ka waktu 25 tahun ke depan masih terhitung aman dan pajanan xylenena konsentrasinya tidak lebih dari $0,36 \text{ mg/m}^3$.

Tinjauan aspek legal dilakukan terhadap nilai ambang batas (NAB) zat kimia xylene di udara tempat kerja sebesar 434 mg/m^3 sebagaimana tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2005. Untuk mengetahui apakah NAB tersebut sudah cukup aman bagi orang Indonesia, maka dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (2.1) dan (2.3) sebagai berikut:

$$I = \frac{434 \text{ mg/m}^3 \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8 \text{ jam/hr} \times 260 \text{ hr/th} \times 25 \text{ th}}{57 \text{ kg} \times 365 \text{ hr/th} \times 30 \text{ th}}$$

$$I = 36,01 \text{ mg/kg.hr}$$

$$RQ = \frac{36,01 \text{ mg/kg.hari}}{0,03 \text{ mg/kg.hari}} = 1200,44 \text{ mg/kg.hari}$$

Tampak jelas bahwa NAB konsentrasi xylene yang ditetapkan dalam SNI tahun 2005 sangat tidak aman bagi orang Indonesia karena setelah dilakukan simulasi ke dalam persamaan-persamaan di atas, nilai RQ nya jauh melampaui angka satu.

BAB 6 PEMBAHASAN

6.1. Kelebihan dan Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini bersifat kuantitatif dengan pendekatan analisis risiko yaitu, suatu model kajian efek lingkungan terhadap kesehatan yang diawali dengan perumusan masalah (identifikasi isu), identifikasi bahaya, karakteristik bahaya (analisis dosis-respons), analisis pajanan dan karakteristik risiko. Kelebihan analisis risiko kesehatan lingkungan adalah mampu meramalkan risiko menurut proyeksi pajanan ke depan. Dengan kemampuan ini maka risiko gangguan kesehatan yang akan terjadi di masa yang akan datang akibat *risk agent* yang ada di lingkungan, dapat dicegah.

Adapun keterbatasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Penelitian tidak melakukan kajian terhadap sumber pajanan lain yang sama-sama memiliki kontribusi sebagai *risk agent* terhadap pekerja bengkel sehingga kesimpulan adanya risiko kesehatan dari analisis ini hanya berdasarkan asupan dari udara lingkungan kerja di dalam bengkel sepatu saja.
- Penelitian ini tidak dapat melakukan kausalitas hubungan antara pajanan dan penyakit.
- Pengukuran kualitas udara hanya dilakukan satu kali saja (sesaat) sehingga tidak cukup mewakili seluruh episode pengukuran *risk agent* dalam udara lingkungan kerja bengkel sepatu

6.2. Pembahasan Hasil Penelitian

6.2.1. Gambaran Karakteristik Responden

Seperti kebanyakan industri kecil pada umumnya, Bengkel Sepatu ØXØ hanya memiliki kurang dari 30 orang pekerja yang hampir seluruhnya didominasi oleh pekerja laki-laki. Bila jenis kelamin dihubungkan dengan peluang terpajan xylene dapat dikatakan bahwa pekerja laki-laki memiliki risiko lebih besar untuk mengalami pajanan xylene dibandingkan pekerja perempuan, hal ini disebabkan pekerja laki-laki lebih banyak terlibat kontak dengan bahan baku produksi untuk membuat sepatu dibandingkan dengan pekerja perempuan yang kebetulan dalam

adalah satu orang saja dan bertugas di bagian administrasi.

Berbeda dengan fenomena yang ditemukan pada beberapa bengkel sepatu di daerah Jawa Barat yang umumnya menggunakan tenaga kerja di bawah umur untuk kegiatan produksinya, ternyata hasil uji univariat menunjukkan hampir separuh pekerja Bengkel Sepatu $\phi X \phi$ justru memiliki usia yang sebetulnya bukan lagi merupakan usia produktif untuk bekerja, yakni antara usia 29-38 tahun. Hal ini dimungkinkan karena Bengkel Sepatu $\phi X \phi$ sangat mementingkan pengalaman kerja seseorang yang umumnya berkaitan erat dengan usia pekerja pada waktu melamar sebagai pembuat sepatu.

Tak dapat dipungkiri bahwa pekerjaan membuat sepatu membutuhkan keterampilan dan keahlian yang bersifat khusus dan sangat khas, oleh karena itu para pekerja yang direkrut sudah dapat dipastikan telah memiliki keterampilan sebelumnya sehingga dapat langsung bekerja tanpa perlu dilatih lagi. Pada kasus-kasus tertentu pada pekerja yang belum punya pengalaman sama sekali dalam hal membuat sepatu diharuskan magang di bagian *finishing* selama 6 bulan sampai dengan 1 tahun sebelum mencoba bagian yang lain sesuai minat dan keahliannya. *Rolling* pekerja antar bagian dalam proses pembuatan sepatu merupakan hal yang tak lazim terjadi di bengkel sepatu, hal ini dikarenakan keterampilan membuat sepatu yang bersifat khusus dan individual, sehingga seorang pekerja cenderung mahir di satu bagian saja, kecuali bagi mereka yang mempunyai pengalaman kerja bertahun-tahun di industri yang sama. Di sisi lain, ilmu membuat sepatu umumnya diperoleh secara turun-menurun dari satu generasi ke generasi berikutnya. Itulah sebabnya pengalaman bekerja di sektor informal industri alas kaki seringkali dikaitkan dengan usia seseorang karena dianggap berhubungan dengan pengalaman yang bersangkutan dalam membuat sepatu.

Sehubungan dengan pajanan zat berbahaya dari lingkungan kerja, Mahawati (2006) menyatakan bahwa usia terbukti mempengaruhi daya tahan tubuh seseorang terhadap pajanan zat berbahaya. Hal ini ditandai antara lain dengan semakin menurunnya fungsi faal organ tubuh sehingga akan mempengaruhi metabolisme dan penurunan kerja otot (Mahawati, 2006). Berdasarkan informasi tersebut dapat dikatakan bahwa usia dapat memperbesar

mendapatkan pajanan zat berbahaya dari lingkungan kerjanya. Selain itu dari hasil wawancara juga diperoleh informasi bahwa sebagian besar pekerja sudah memulai karir mereka sebagai pembuat sepatu pada usia yang sangat muda, yakni berkisar antara 12 ó 15 tahun. Kenyataan ini memberikan gambaran bahwa para pekerja Bengkel Sepatu tersebut sebetulnya telah sejak lama mengalami keterpaparan bahan kimia berbahaya di lingkungan kerja sehingga berkesempatan mendapatkan risiko kesehatan yang lebih besar bila mengalami keterpaparan lain di lingkungan kerja yang memiliki karakteristik yang sama dengan lingkungan kerja sebelumnya.

Hasil analisis yang lain menunjukkan bahwa sebagian besar pekerja Bengkel Sepatu tersebut berstatus sudah menikah dan tinggal bersama keluarganya dengan cara mengontrak di luar lokasi bengkel. Namun demikian, berdasarkan hasil wawancara terhadap responden, diperoleh informasi ada juga pekerja perantauan yang berasal dari luar kota Jakarta yang memilih tinggal dalam bengkel untuk menghemat biaya hidup dan baru pulang setelah beberapa waktu kemudian untuk menemui keluarganya. Dengan kata lain pekerja-pekerja tersebut dalam kesehariannya bekerja dan tinggal menetap dalam bengkel, termasuk di dalamnya melakukan aktivitas istirahat yang meliputi makan, minum, sholat dan lain sebagainya. Berkaitan dengan hal tersebut dapat dikatakan bahwa pekerja yang sehari-hari berada di lingkungan bengkel sepatu dan tinggal menginap di dalamnya berpeluang lebih besar untuk terkena pajanan bahan kimia berbahaya karena mereka cenderung menghirup lebih banyak konsentrasi uap pajanan bahan kimia berbahaya dibandingkan dengan mereka yang tinggal di luar kompleks Bengkel Sepatu tersebut.

Dari segi pendidikan, hasil wawancara diperoleh informasi bahwa tingkat pendidikan sebagian besar pekerja berada pada level SMP. Disamping masih terbatasnya sosialisasi tentang penggunaan bahan berbahaya di bengkel sepatu, latar belakang pendidikan ternyata ikut berperan dalam hal mempengaruhi tingkat pemahaman pekerja akan risiko bahaya yang mereka hadapi. Hal ini yang kemudian menyebabkan sulitnya menghimbau pekerja untuk mengenakan Alat Pelindung Diri (APD) dalam rangka mengantisipasi dampak risiko yang ditimbulkan dari penggunaan bahan kimia di lingkungan kerja. Terkait dengan

Hasil wawancara, sebagian besar pekerja mengungkapkan keenganan mereka menggunakan APD, bahkan untuk sekedar menggunakan alat penutup hidung sederhana yang berfungsi melindungi jalan nafas dengan alasan tidak nyaman dan justru mengganggu aktivitas bernafas pada waktu bekerja. Hasil pengamatan yang lain di lokasi studi menemukan kenyataan bahwa pekerja bengkel juga cenderung lebih memilih menggunakan jari daripada kuas pada waktu melakukan pekerjaan pengeleman dengan alasan lebih praktis dan menimbulkan perasaan puas. Padahal dalam studi literatur disebutkan bahwa xylene sangat mudah menguap sehingga sangat mudah terhirup melalui jalur pernafasan. Selain itu xylene juga dapat terabsorpsi melalui kulit, meski persentasenya sangat kecil. Dengan mempertimbangkan kenyataan tersebut dapat dikatakan bahwa pekerja Bengkel Sepatu memiliki risiko terpajan xylene lebih besar karena keenganan mereka menggunakan peralatan maupun sarana pelindung diri.

Dalam ATSDR (2007) dinyatakan sejumlah kecil xylene terdapat dalam asap rokok, karenanya kebiasaan merokok merupakan perilaku yang dapat dipandang berperan menambah risiko keterpaparan xylene meski dalam jumlah yang sangat kecil. Hasil analisis menunjukkan sebanyak 76,9 % pekerja bengkel memiliki kebiasaan merokok rata-rata 10 batang setiap harinya dan sebagian besar aktivitas merokok tersebut justru dilakukan pada waktu mereka melakukan aktivitas pekerjaan membuat sepatu. Hal ini menggambarkan masih rendahnya tingkat pemahaman dan motivasi pekerja dalam hal menjaga kondisi tubuh mereka sendiri. Padahal dengan jam kerja yang panjang, jadwal istirahat yang tidak teratur dan asupan gizi yang kurang mengharuskan pekerja untuk selalu berada dalam kondisi yang fit setiap waktu. Namun sayangnya, dengan alasan upah yang terbilang minim, para pekerja lebih senang memilih untuk merokok dibandingkan membeli susu yang notabene merupakan penetral racun yang harganya tak jauh berbeda dengan harga sebungkus rokok.

6.2.2. Konsentrasi Xylene di Tiap Area Kerja dan Udara Lingkungan Kerja

Bengkel Sepatu berdiri di atas sebidang tanah seluas lebih kurang 155 m². Bangunan bengkel terdiri dari dua lantai yang masing-masing dipergunakan

ik bengkel di bagian atas dan tempat produksi sepatu di lantai dasar. Lantai dasar yang dimanfaatkan sebagai tempat usaha tersebut terbagi lagi atas beberapa ruangan, yaitu ruangan administrasi berukuran 3 m x 4 m, ruangan produksi yang berukuran paling besar yakni 7 m x 12 m karena memuat dua bagian sekaligus, yakni bagian mukaan (*upper*) yang mengerjakan bagian atas sepatu dan bagian open/tarik. Selanjutnya masih di lantai yang sama terdapat ruangan sol/bawahan yang juga disekat menjadi dua ruangan, masing-masing untuk pekerja yang membuat bawahan dan ruangan yang khusus digunakan untuk *finishing* sol menggunakan mesin penghalus dan bagian *finishing* yang menempati bidang seluas 36 m². Di bagian finishing, sepatu-sepatu mendapat sentuhan terakhir, antara lain dibersihkan dari sisa-sisa goresan pola dan perekat sebelum akhirnya dikemas dan dipasarkan kepada konsumen.

Pengukuran kualitas udara di 7 titik sampling dalam area kerja Bengkel Sepatu $\text{X}\emptyset$ menunjukkan konsentrasi xylene tertinggi di bagian *upper*/mukaan (titik 2) sebesar 0,18 mg/m³ dan pengukuran terendah di bagian *finishing* dengan konsentrasi sebesar 0,02 mg/m³. Adapun rata-rata konsentrasi xylene di udara lingkungan kerja Bengkel Sepatu $\text{X}\emptyset$ adalah 0,05 mg/m³. Artinya dapat dikatakan bahwa konsentrasi xylene di udara lingkungan kerja Bengkel Sepatu $\text{X}\emptyset$ masih di bawah dosis referensi IRIS (0,1 mg/m³). Hasil pengukuran konsentrasi xylene di bagian *upper*/mukaan yang melebihi dosis referensi disebabkan pada bagian ini digunakan bahan perekat cukup banyak untuk merekatkan bagian dalam sepatu dan antar bagian mukaan yang lain. Selain itu, ketiadaan ventilasi merupakan salah satu penyebab lain yang menyebabkan cukup tingginya konsentrasi xylene pada bagian tersebut. Bagian *upper* khususnya tidak memiliki ventilasi maupun *exhaust fan* sama sekali. Pertukaran udara hanya dibantu beberapa kipas angin yang dipasang pada atap ruang kerja yang sebagian terlihat tidak berfungsi lagi. Ventilasi udara yang cukup besar tersedia di bagian muka sebelah dalam bengkel, namun terlihat tidak cukup menjamin berlangsungnya pertukaran udara dengan baik, terutama di siang hari pada waktu suhu udara semakin meningkat karena jarak plafon atap bengkel yang terlalu rendah dari lantai bengkel ikut menambah buruk kondisi pertukaran udara sehari-hari di lokasi tersebut. Kebiasaan buruk pekerja yang senang menempelkan sisa-sisa lem dari jari-jemarinya ke rak-rak

...kut menyumbang konsentrasi xylene pada waktu pengukuran unakukan. Disamping itu lokasi penyimpanan bahan yang tidak tertata baik menyebabkan banyak wadah lem berada dalam keadaan tidak tertutup rapat. Hal inilah yang menyebabkan bau menyengat daripada lem tercium kuat dalam ruangan ini.

6.2.3. Lama Paparan

Lama paparan (t_E) menggambarkan jumlah jam kerja yang dialami responden setiap hari di lingkungan kerja. Hasil analisis menunjukkan pekerja bengkel rata-rata menggunakan lebih dari 12 jam waktu mereka untuk bekerja di dalam bengkel dengan jumlah jam kerja terendah 9 jam/hari sedangkan yang tertinggi adalah 17 jam/hari. Jumlah jam kerja ini melampaui standar jam kerja normal, yaitu 8 jam kerja dalam sehari dan 5 hari dalam seminggu (KEP. 102/MEN/VI/2004). Lama paparan ini juga bergantung pada jumlah pesanan sepatu yang diterima pemilik bengkel. Pesanan yang semakin meningkat akan mendorong pekerja untuk memforsir tenaganya guna memenuhi target pemesanan tersebut. Apalagi bila pemilik bengkel menerapkan sistem borongan dengan tidak membatasi jam kerja pekerja asalkan target terpenuhi. Dengan kondisi tersebut jumlah jam kerja akan terus bertambah dan dengan sendirinya akan menambah risiko pekerja untuk terpajan bahan berbahaya karena berada lebih lama di lingkungan kerja yang penuh dengan paparan bahan kimia berbahaya.

Untuk bertahan dan tumbuh, setiap usaha perlu mencari cara untuk menumbuhkan produktivitas dan efisiensi. Namun, tumbuhnya produktivitas dan efisiensi tidak sama dengan kerja yang berlebihan. Keduanya akan tergantung pada alokasi segala sumber, termasuk waktu dan sumber daya manusia. Benar bahwa kerja dengan waktu berlebihan (*overtime*) akan meningkatkan produksi, tetapi pemilik usaha yang bijak selalu mempertimbangkan biaya yang digunakan. Mesin-mesin mungkin akan cepat rusak. Kerja dengan waktu berlebihan pasti melelahkan. Saat orang lelah, mereka tak mungkin akan memiliki konsentrasi yang lebih. Mereka akan menjadi lemah, lambat, dan tidak tanggap. Bahkan, mereka akan mudah melakukan kesalahan dan mengalami kecelakaan. Kesalahan

Bahan mentah mungkin akan dibuang, mesin akan rusak, waktu dan uang hilang.

6.2.4. Frekuensi Pajanan

Frekuensi pajanan menunjukkan *real time* waktu yang betul-betul dihabiskan pekerja untuk bekerja di bengkel dalam rentang waktu 1 tahun setelah dikurangi waktu libur yang biasa diterima dalam tahun berjalan. Hasil analisis menunjukkan bahwa para pekerja bengkel paling sedikit menghabiskan 283 hari dalam setahun untuk bekerja dan paling lama menggunakan 306 hari yang dimilikinya dalam 1 tahun untuk beraktivitas membuat sepatu di Bengkel Sepatu ØXØ dengan rata-rata waktu yang dihabiskan pekerja untuk bekerja dalam 1 tahun sebanyak 301,08 hari.

Kebanyakan bengkel sepatu tidak mengenal hari libur kecuali pada hari-hari besar tertentu, seperti Hari Raya Idul Fitri atau Idul Adha dan Tahun Baru. Karena itu, kecuali pekerja yang kampung halamannya tidak terlalu jauh dari Ibukota Jakarta sehingga bisa pulang tiap satu minggu sekali, maka pekerja lain yang kampung halamannya jauh di luar Pulau Jawa cenderung memilih tinggal lebih lama di bengkel sepatu daripada menghabiskan ongkos setiap minggu untuk menemui keluarganya.

6.2.5. Durasi Pajanan

Durasi pajanan (D_i) menggambarkan lama tinggal pekerja di lokasi studi sehingga dari data tersebut dapat diperkirakan jumlah *risk agent* yang masuk ke dalam tubuh. Hasil analisis menunjukkan rata-rata lama tinggal pekerja di lokasi studi adalah 3,48 tahun. Hal ini disebabkan pekerja bengkel sepatu umumnya memiliki mobilitas yang cukup tinggi sehingga sering tidak bertahan lama bekerja di suatu bengkel kecuali mereka telah menjadi kepercayaan pemilik bengkel. Selain itu kondisi ketersediaan bahan baku ikut berperan penting dalam menentukan kesinambungan pekerja untuk bekerja di bengkel.

Durasi pajanan dapat dihubungkan dengan pengalaman kerja seseorang di bidang yang sama sebelum yang bersangkutan bekerja di tempat yang baru. Seseorang dengan pengalaman kerja yang sama dan menggunakan bahan

berbeda di tempat kerja sebelumnya, meskipun tingkat risiko terhadap pajanan xylene-nya kurang dari 1, tidak berarti pekerja bengkel tersebut bebas sepenuhnya dari risiko terpajan xylene karena yang bersangkutan telah berisiko jauh sebelum bekerja di Bengkel Sepatu $\alpha X \alpha$

6.2.6. Berat Badan

Berat badan merupakan faktor yang penting dalam analisis risiko kesehatan dan mempengaruhi besarnya *intake* dan dosis internal yang diterima individu. Berat badan yang biasa digunakan sebagai referensi studi analisis risiko kesehatan di Amerika Serikat (US EPA) adalah berat badan 70 kg untuk standar orang dewasa normal (Louvar, 1998). Dari hasil pengolahan data wawancara diketahui bahwa rata-rata berat badan responden adalah 57 kg, median 55 kg dengan standar deviasi sebesar 9 kg. Berat badan responden terendah 45 kg dan yang tertinggi 80 kg.

Pada penelitian ini digunakan berat badan hasil wawancara untuk menghitung *intake* (asupan). Rata-rata berat badan hasil perhitungan yang besarnya 57 kg dianggap cukup representatif menggambarkan berat badan rata-rata orang Indonesia, yakni 55 kg.

6.3. Risiko Kesehatan (*RQ*)

Analisis risiko kesehatan merupakan pendekatan yang bersifat prediktif untuk melihat potensi suatu *risk agent* dalam hal menimbulkan risiko yang akan mengganggu kesehatan. Risiko selalu ada dan tidak bisa dihilangkan sama sekali dari suatu kegiatan. Satu-satunya yang bisa dilakukan terkait risiko tersebut adalah mengendalikan setiap aktivitas yang dipandang sebagai sumber risiko. Selain memperkirakan besaran risiko secara kuantitatif, karakteristik risiko juga dapat merumuskan konsentrasi, jumlah atau intensitas *risk agent* yang aman untuk tiap media lingkungan. Dalam analisis risiko, semakin besar nilai *RQ* diatas 1 maka semakin besar pula kemungkinan risiko pajanan yang terjadi.

Dalam proses produksinya, Bengkel Sepatu $\alpha X \alpha$ menggunakan berbagai bahan baku pembuatan sepatu, antara lain adalah kulit, lateks, cairan pengencer/*thinner*, larutan primer, dan bahan perekat/lem. Lem yang digunakan

s, yaitu lem kuning dan lem putih. Lem kuning digunakan untuk menyamoung bukaan sehingga biasanya digunakan di bagian mukaan (*upper*) dan *finishing*, sedangkan lem putih umumnya digunakan untuk tempelan sol karena daya rekatnya yang jauh lebih kuat. Dari hasil uji petik yang dilakukan sebelumnya terhadap kedua jenis lem tersebut diperoleh hasil adanya konsentrasi uap pelarut organik xylene.

Hasil perhitungan tingkat risiko nonkarsinogenik tiap individu pada saat dilakukan penelitian (*realtime*) seluruhnya menunjukkan nilai RQ yang kurang dari satu (100%). Artinya dapat dikatakan secara umum bahwa secara individu semua pekerja terlindungi dari risiko terkena pajanan xylene dari udara lingkungan kerja. Akan tetapi nilai $RQ < 1$ dapat saja disebabkan karena waktu pengukuran kualitas udara yang kurang tepat dalam arti belum diukur pada puncak kesibukan bengkel mengingat jam kerja bengkel yang melebihi jam kerja normal, yakni lebih dari 12 jam. Selain itu pengukuran kualitas udara juga hanya dilakukan satu kali. Padahal untuk analisis risiko, kuantitas *risk agent* harus dinyatakan sebagai *arithmetic mean* atau *geographic mean*. Jelas bahwa pengukuran sesaat tidak cukup mewakili keseluruhan episode.

Tingkat risiko nonkarsinogenik pada individu yang diproyeksikan pemajannya hingga 25 tahun ke depan menemukan 5 orang (19%) yang berpeluang mendapatkan risiko terkena pajanan xylene yang ditandai nilai $RQ > 1$. Jumlah tersebut bertambah menjadi 9 orang (35%) pada masa lima tahun berikutnya.

Dari hasil perhitungan tingkat risiko nonkarsinogenik individu berdasarkan area kerja mereka di Bengkel Sepatu diperoleh informasi bahwa semua pekerja di lima bagian pengerjaan sepatu yang terdiri dari bagian administrasi, bagian upper/mukaan, bagian open/tarik, bagian sol dan telapak sampai ke bagian finishing, seluruhnya belum berisiko untuk mendapatkan efek kesehatan akibat pajanan xylene dari udara lingkungan kerja yang ditandai dengan nilai $RQ < 1$, baik pada waktu penelitian berlangsung maupun setelah dilakukan proyeksi pajanan selama 30 tahun mendatang (*lifetime*). Satu hal yang mungkin dapat menjadi catatan penelitian adalah nilai RQ pekerja di bagian upper/mukaan pada proyeksi pajanan 30 tahun memperlihatkan nilai RQ yang

yang berarti pekerja di bagian tersebut berpeluang besar mendapatkan risiko terkena pajanan xylene apabila tidak dilakukan pencegahan sedini mungkin. Nilai RQ di bagian ini sesuai dengan hasil pengukuran konsentrasi xylene di area kerja yang menunjukkan level tertinggi yaitu pada bagian *upper/mukaan*.

Hasil perhitungan tingkat risiko nonkarsinogenik pada populasi ternyata juga menunjukkan nilai $RQ < 1$ yang berarti para pekerja di bengkel tersebut tidak mempunyai risiko terpajan xylene. Tingkat risiko nonkarsinogenik pada populasi tersebut tetap menunjukkan nilai yang tidak melebihi satu meskipun telah dilakukan proyeksi pajanan hingga 30 tahun ke depan.

Meskipun nilai RQ individu maupun populasi pada saat penelitian dilakukan tidak menunjukkan penambahan risiko efek merugikan daripada kesehatan namun patut diingat bahwa para pekerja tersebut sesungguhnya bukan orang-orang yang baru di bidang pekerjaan membuat sepatu. Dari hasil wawancara didapatkan informasi jauh sebelum para pekerja tersebut bergabung di Bengkel Sepatu mereka sudah berkecimpung di industri yang sama selama bertahun-tahun di daerah yang lain, bahkan ada yang mempunyai pengalaman kerja lebih dari 30 tahun. Berdasarkan informasi tersebut dapat diestimasi dengan kondisi bengkel yang rata-rata sama dan menggunakan bahan-bahan baku yang relatif tidak jauh berbeda, maka sesungguhnya para pekerja yang kini bekerja di Bengkel Sepatu tersebut tetap memiliki potensi terpajan xylene yang berpeluang menimbulkan efek merugikan di masa datang disebabkan pengalaman kerja yang mereka miliki sebelumnya. Bila pengalaman kerja masing-masing individu sebelum bergabung dengan Bengkel Sepatu tersebut ikut diperhitungkan dalam rumus peningkatan risiko berdasarkan proyeksi pajanan ke depan, maka dapat diduga pekerja yang memiliki pengalaman kerja lebih dari 20 tahun sebelum bergabung dengan Bengkel Sepatu berpeluang mendapatkan risiko terpajan xylene 5 tahun kemudian akibat penambahan efek pajanan xylene yang diterimanya selama bekerja di Bengkel Sepatu.

1 Tinjauan Aspek Legal

Salah satu upaya manajemen risiko adalah dengan cara mengupayakan konsentrasi dalam batas amannya. Hasil perhitungan konsentrasi batas aman dengan jam kerja menyesuaikan Keputusan Menakertrans RI No. Kep. 102/MEN/VI/2004 menunjukkan bahwa pekerja dengan berat badan 57 kilogram dan bekerja 8 jam per hari dengan frekuensi kerja 5 hari seminggu (260 hari/tahun) untuk jangka waktu 25 tahun ke depan masih terhitung aman dari paparan xylene bila konsentrasinya tidak lebih dari $0,36 \text{ mg/m}^3$.

Hasil simulasi persamaan-persamaan dalam analisis risiko menunjukkan bahwa dengan menggunakan nilai konsentrasi xylene 434 mg/m^3 seperti yang tercantum dalam NAB SNI tahun 2005, maka diperoleh tingkat risiko (*RQ*) yang ternyata jauh melampaui angka satu. Hal ini berarti NAB yang ditetapkan saat ini tidak dapat melindungi populasi berisiko dari efek-efek nonkarsinogenik xylene. Karena dalam SNI tidak dijelaskan asal-usul bagaimana mendapatkan angka NAB konsentrasi xylene tersebut, maka penulis beranggapan kemungkinan besar nilai tersebut diunduh dari sumber lain yang menggunakan data antropometri dan pola aktivitas yang berbeda dengan kondisi rata-rata orang Indonesia. Klarifikasi lebih lanjut mengenai hal ini sangat penting dilakukan untuk mengetahui berapa NAB yang paling tepat sehingga mampu melindungi populasi berisiko di Indonesia. Sejauh ini, belum ada penelitian di Indonesia yang dapat menetapkan seberapa besar dosis respon xylene yang aman khususnya bagi pekerja Indonesia.

6.5. Perbaikan Aspek Perilaku dan Kondisi Lingkungan Bengkel

Meskipun telah diketahui dari hasil perhitungan bahwa pekerja Bengkel Sepatu X_0 tidak memiliki risiko terpajan xylene dari udara lingkungan kerja tempat mereka beraktivitas membuat sepatu pada saat penelitian dilakukan, bukan berarti para pekerja tersebut betul-betul terbebas dari segala bahaya keterpaparan. Aspek perilaku dan kondisi lingkungan bengkel perlu tetap diperbaiki guna mencegah sedini mungkin kemungkinan pekerja terpajan bahan kimia berbahaya, termasuk lem yang mengandung xylene. Beberapa perilaku dan kondisi yang diperoleh sebagai hasil pengamatan di lokasi studi, antara lain:

tempat kerja yang jelas-jelas sudah penuh dengan uap gas dari bahan beracun yang dipergunakan dalam proses pembuatan sepatu, hal ini perlu mendapat perhatian penting. Rokok pada dasarnya telah diketahui mengandung hampir 4000 jenis bahan kimia berbahaya yang merugikan bagi kesehatan penggunanya, termasuk diantaranya sejumlah kecil xylene (ATSDR, 2007), apalagi bagi pekerja bengkel yang notabene berada dalam lingkungan dimana aliran udara tidak terlalu baik sehingga menyebabkan pertukaran udara tidak berlangsung sempurna yang menyebabkan uap rokok akan kembali terhirup setelah lama dilepaskan ke udara. Hal ini diperkuat dengan pernyataan yang mengatakan bahwa pada manusia, lebih dari 50% xylene diserap dengan baik melalui paru-paru (ATSDR, 2007).

- Kebiasaan mengambil lem menggunakan jari dan menempelkan sisa-sisa lem dari jari-jemari mereka sehingga menyisakan tumpukan serupa sarang semut di ke rak-rak kayu tempat menyimpan sepatu atau pada pinggiran mesin jahit tempat mereka menjahit. Kebiasaan buruk ini diakui telah berlangsung bertahun-tahun sehingga sangat sulit dihilangkan. Untuk itu perlu sosialisasi tentang bagaimana berperilaku yang baik pada waktu mengelem, misalnya dengan menggunakan kuas atau kuas yang disatukan dengan penutup kaleng lem sehingga sekaligus dapat mengurangi keluarnya uap lem yang berbahaya ke udara lingkungan kerja.
- Kebiasaan tidak mengenakan pakaian ketika bekerja. Hal ini terjadi karena suhu lingkungan kerja yang cenderung panas dan lembab yang menyebabkan pekerja sering merasa kepanasan sehingga memilih bertelanjang dada saat melakukan aktivitas kerja. Terkait dengan keterpaparan xylene, berdasarkan referensi dalam *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety* (1983) dijelaskan bahwa xylene dapat terabsorpsi melalui kulit pria dengan kecepatan 4-10 mg/cm² per jam. Berdasarkan pernyataan tersebut, pekerja yang tidak mengenakan pakaian saat bekerja dengan sendirinya memperluas permukaan kulitnya untuk terpajan xylene sehingga berpeluang lebih besar untuk terpajan xylene.

ambil jeda sesaat untuk beristirahat, bahkan justru memanfaatkan jam yang seharusnya dipergunakan untuk beristirahat total (tidur) untuk bekerja di malam hari (bergadang). Hal tersebut sebetulnya sangat tidak efektif karena memaksa tubuh untuk beraktivitas dikala seharusnya membutuhkan istirahat. Namun dengan alasan dikejar target pesanan, umumnya para pekerja tidak ambil pusing memikirkan soal istirahat ini. Untuk itu seharusnya pemilik bengkel dapat membuat kebijakan tentang pengaturan jam kerja yang efisien dan efektif agar pemilik bengkel dapat memanfaatkan produktivitas pekerja secara optimal tanpa harus mengorbankan hak pekerja untuk hidup sehat.

- Kebiasaan pekerja yang beraktivitas tanpa menggunakan alat pelindung diri (APD). APD seringkali dipersepsikan sebagai suatu perangkat canggih yang harus dibeli dengan harga yang mahal sehingga menimbulkan keenganan bagi pengelola usaha untuk mengupayakannya. Pemahaman yang kurang terhadap dampak bahan berbahaya yang digunakan menyebabkan pekerja sebagai orang yang paling berisiko terkena dampak karena merupakan individu yang paling sering melakukan kontak dengan bahan produksi merasa enggan menggunakan APD karena dianggap membatasi gerak mereka dalam bekerja selain juga menimbulkan perasaan yang kurang nyaman. Untuk itu perlu dipahami bahwa APD dapat diupayakan dengan cara yang sederhana disesuaikan kemampuan pengguna, sebagai contoh masker berkarbon aktif dapat dibuat sendiri dan relatif tidak membutuhkan biaya besar untuk pengadaannya. Selain masker dapat pula diupayakan sarung tangan.
- Kebiasaan meletakkan bahan-bahan kimia berbahaya di sembarang tempat membuka peluang terjadinya pajanan yang berlangsung terus-menerus di lokasi kerja. Untuk itu perlu dibiasakan untuk menggunakan bahan seperlunya, menutup kembali wadah setelah digunakan dan mengembalikan bahan setelah digunakan ke tempat penyimpanan. Bengkel sebetulnya memiliki gudang penyimpanan bahan, namun sepertinya tidak difungsikan sebagaimana mestinya. Sebaiknya disiapkan tempat penyimpanan khusus untuk menyimpan bahan kimia yang dipergunakan masing-masing pekerja di tempat yang aman. Tempat penyimpanan dapat berupa rak-rak yang dibuat

- diizinkan menempel pada dinding agar tidak memakan banyak tempat. Tempat tersebut sedapat mungkin dijauhkan dari bahan yang mudah terbakar, bebas lembab dan suhu tinggi dengan ventilasi yang cukup.
- Ventilasi yang baik adalah penting. Menurut Pedoman Teknis Penilaian Rumah Sehat yang dikeluarkan Dirjen PPM & PL Departemen Kesehatan (2002) ventilasi yang baik adalah yang memenuhi kriteria luas ventilasi $\times 10$ % luas lantai. Bengkel Sepatu \rightarrow sebetulnya sudah dilengkapi ventilasi yang cukup besar di ruangan produksi, meski luasnya tidak mencapai 10% dari luas lantai, namun keberadaan ventilasi tersebut dirasa belum tepat karena hanya menempel di beberapa sisi dan tidak terdapat di seluruh wilayah kerja. Bau dan gas dapat dikurangi sebarannya dengan keberadaan ventilasi. Ketika ventilasi alami dirasa tidak mencukupi dapat dipergunakan exhaust fan yang berfungsi untuk mendorong udara dari dalam ke luar sehingga menjamin adanya pertukaran udara.
 - Bila memungkinkan dapat digunakan bahan kimia pengganti untuk bahan-bahan yang telah diketahui efek bahayanya, misalnya penggunaan bahan kimia berbasis pelarut organik digantikan bahan kimia berbasis air.
 - Banyak bahan kimia yang berharga mahal, jadi harus dipastikan bahan tersebut tidak terbuang percuma. Oleh karenanya seluruh wadah harus tersedia dalam kondisi yang baik, sekalipun wadah tersebut dibuat secara sederhana oleh pengguna. Wadah yang baik harus berpenutup dan cukup terlindung sehingga dapat menjamin bahan di dalamnya tidak tumpah, menetes atau menguap
 - Fasilitas mencuci, mengganti, shalat dan makan sedapat mungkin tersedia dengan baik meski dengan kondisi yang sederhana, termasuk di dalamnya fasilitas air bersih untuk mencuci. Tempat makan sedapat mungkin dipisahkan dari wilayah kerja. Ini sangat penting, khususnya bagi UKM di Indonesia, mengingat banyak orang Indonesia memiliki kecenderungan melakukan hal di ruang dan waktu yang sama.
 - Untuk mengurangi pajanan bahan kimia yang berlangsung simultan setiap hari selama proses produksi berlangsung sedapat mungkin diupayakan adanya rotasi tugas kerja.

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang risiko kesehatan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Bengkel Sepatu $\phi X \phi$ didominasi pekerja berjenis kelamin laki-laki (96,2%) dengan rentang usia paling dominan berkisar antara 19 - 38 tahun (50%) dan sebagian besar berpendidikan SMP (46,2%).
2. Hasil pengukuran konsentrasi di area kerja Bengkel Sepatu $\phi X \phi$ menunjukkan konsentrasi tertinggi pada bagian *upper*/mukaan, yakni sebesar $0,18 \text{ mg/m}^3$. Adapun konsentrasi rata-rata xylene di udara lingkungan kerja Bengkel Sepatu $\phi X \phi$ adalah sebesar $0,05 \text{ mg/m}^3$. Konsentrasi di area kerja melebihi dosis referensi xylene, yakni sebesar $0,1 \text{ mg/m}^3$ (IRIS, 2003 dalam US EPA). Sedangkan konsentrasi rata-rata xylene di udara lingkungan kerja Bengkel Sepatu $\phi X \phi$ masih berada di bawah dosis referensi sehingga belum memerlukan pengendalian risiko. Namun demikian, tindakan pencegahan tetap perlu dilakukan dalam rangka pengendalian *risk agent* tersebut di masa datang.
3. Pola aktivitas dan data antropometri responden menunjukkan bahwa rata-rata pekerja menghabiskan waktu mereka (t_E) untuk bekerja selama 14,58 jam/hari, dan menggunakan 301,08 hari mereka dalam setahun (f_E) untuk bekerja di dalam bengkel. Lama tinggal rata-rata pekerja (D_t) di bengkel tercatat selama 3,48 tahun, namun tidak termasuk pengalaman kerja yang dimiliki oleh masing-masing pekerja sebelum bergabung di Bengkel Sepatu $\phi X \phi$. Antropometri berat badan menunjukkan rata-rata berat badan responden sebesar 57 kg.
4. Perhitungan tingkat risiko (RQ) *realtime* pada saat penelitian berlangsung menunjukkan nilai $RQ < 1$ baik pada individu berdasarkan area kerja mereka maupun nilai RQ individu secara keseluruhan, artinya pada saat penelitian dilakukan, pekerja Bengkel Sepatu $\phi X \phi$ masih aman dari risiko terpapar xylene

gan area kerja masing-masing di Bengkel Sepatu XØ tersebut. Pada permertungan RQ secara individu yang dikelompokkan berdasarkan area kerja diperoleh informasi tingkat risiko yang masih relatif aman karena nilai $RQ < 1$ kecuali RQ untuk bagian *Upper/Mukaan* yang menunjukkan nilai RQ mendekati satu pada proyeksi 30 tahun mendatang. Berbeda dengan RQ individu yang diproyeksikan 25 tahun mendatang, ternyata didapatkan 5 orang (19%) berpeluang untuk mendapatkan risiko terkena pajanan xylene. Jumlah tersebut bertambah pada kurun waktu 5 tahun berikutnya menjadi 9 orang (35%).

5. Hasil perhitungan tingkat risiko (RQ) populasi *realtime* menunjukkan nilai $RQ < 1$. Melalui proyeksi penambahan lama kerja hingga 30 tahun ke depan tingkat risiko tetap tidak mengalami perubahan, atau dengan kata lain pekerja Bengkel Sepatu XØ tetap aman dari pajanan xylene sepanjang hayat (*lifetime*).
6. Pekerja dengan berat badan 57 kilogram dan bekerja 8 jam per hari dengan frekuensi kerja 5 hari seminggu (260 hari/tahun) sesuai Keputusan Menakertrans No. 102/MEN/VI/2004 untuk jangka waktu 25 tahun ke depan masih terhitung aman dari pajanan xylene bila konsentrasinya tidak lebih dari $0,36 \text{ mg/m}^3$. Adapun NAB konsentrasi xylene dalam SNI tahun 2005 sebesar 434 mg/m^3 terbukti tidak melindungi populasi berisiko di Indonesia karena nilai RQ nya jauh di atas angka 1.

7.2. Saran

Kepada Pemerintah

- a. Melakukan monitoring berkala terhadap konsentrasi xylene di udara lingkungan kerja, khususnya di sektor informal industri alas kaki
- b. Merevisi NAB konsentrasi xylene dalam SNI 2005 agar didapat dosis respon yang sesuai dengan karakteristik antropometri dan pola aktivitas orang Indonesia.

hatan setempat dan Kantor BLUD Pulogadung

melakukan penyuntikan kepada pekerja maupun pemilik bengkel tentang risiko dan dampak penggunaan bahan-bahan berbahaya, khususnya xylene serta efek kesehatan yang ditimbulkannya.

Kepada Pemilik Bengkel Sepatu

- a. Menerapkan teknologi sederhana yang *cost effective*, misalnya menggunakan kuas untuk mengelem dan memanfaatkan tanaman penetral racun xylene, seperti anggrek bulan, palem kuning dan Pakis Boston (tanaman saudara dekat suplier ini mampu menyerap polutan yang bersumber dari senyawa xylene sebanyak 208 mikrogram setiap jam). Agar efisien, dianjurkan menanam Paku Boston sebanyak 2 pot untuk ruangan seluas 30 m².
- b. Menata kembali wilayah kerja agar memenuhi persyaratan keselamatan dan kesehatan lingkungan
- c. Menghimbau agar pekerja sedapat mungkin tidak merokok, makan dan minum di ruang kerja
- d. Mengupayakan rotasi pekerja untuk meminimalkan dampak pajanan xylene yang berasal dari udara lingkungan bengkel.

Kepada Peneliti selanjutnya

- a. Melakukan penelitian lanjutan dengan mempertimbangkan kemungkinan asupan xylene yang berasal dari sumber selain dari udara lingkungan kerja yang dilanjutkan dengan pemeriksaan biomarker
- b. Menggunakan alat bantu *personil kit exposure* yang ditempelkan ke masing-masing responden untuk mengetahui pajanan risk agent sesungguhnya pada pekerja yang sedapat mungkin dilakukan selama 24 jam.

DAFTAR REFERENSI

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), (2007), *Toxicological Profile for Xylene (Update)*. Atlanta, GA: U.S. Department of Public Health and Human Services, Public Health Service.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), (2005), ATSDR Public Health Assessment Guidance Manual, US Department of Health and Human Services. Available: <http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/PHAManual>

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), (1995), *Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

ACGIH, (1986), *Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices*. Fifth ed. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Cincinnati, OH, p. 637.

Ashley DL, Bonin MA, Cardinali FL, McCraw JM, Holler JS, Needham LL, et al, (1992), *Determining volatile organic compounds in human blood from a large sample population using purge and trap gas chromatography/mass spectrometry*, Anal Chem 64: 102161029.1590585

American Conference of Governmental Industrial Hygienist. *Documentation of Threshold Limit Values (TLV_sTM) and biological Exposure Indices (BEIsTM)*. Vol. III. Inc

Casarett and Doull's *Essential of Toxicology*, (2003), Editor: Curtis D. Klaassen, PhD dan John B. Watkins III, PhD, McGraw Hill

Clayton G, Clayton F, (1981), *Patty's industrial hygiene and toxicology*, 3rd revised edition. New York, NY: John Wiley & Sons.

Departemen Kesehatan, (2002), *Pedoman Teknis Penilaian Rumah Sehat*, Dirjen PPM & PL Departemen Kesehatan

Edward A. Mc. Bean & Frank A. Rovers, (1998), *Statistical Procedures for Analysis of Environmental Monitoring Data & Risk Assessment*, Prentice Hall DTR

EPA (U.S. Environmental Protection Agency), (2007), *Glossary of IRIS Terms. Integrated Risk Information System*, U.S. Environmental Protection Agency

EPA, (2003), *Toxicological Review of Xylenes, In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS)*, U.S. Environmental Protection Agency Washington, D.C.

Factors Handbook, EPA 600/8-89/043: US
Agency

EPA Health Advisory, (1987), *Xylenes*, Washington, DC: Environmental Protection Agency, Office of Drinking Water.

enHealth, (2002), *Guidelines for Assessing Human Health Risks from Environmental Hazards*

F L. Conradi dan Paulo Portich, (1998), *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*. Fourth Edition. Vol. III. Edited by Jeanne Mager Stellman. International Labour Office. Geneva. P. 88.7

George D. Clayton & Florence D. Clayton, (1994), *Patty's Industrial Hygiene & Toxicology*. 4th edisi vol. 11 Part B. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons Inc.

HSDB, (1986), *Xylenes*. Bethesda, MD: The Hazardous Substances Data Bank, National Library of Medicine.

IRIS, (2003), *Xylene, Integrated Risk Information System*, Washington, DC: US Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/iris/subst/index.html>.

IPCS, (2004a), *IPCS Risk Assessment Terminology*, Part 1: IPCS/OECD Key Generic used in Chemical Hazard/Risk Assessment; Part 2: IPCS Glossary of Key Exposure Assessment Terminology, Geneva: World Health Organization and Environmental Programme on Chemical Safety.

ILO, (2008), *Menuju Tempat Kerja yang Lebih Produktif dan Aman: Petunjuk Praktis untuk Tempat Kerja dengan Pekerja Usia 15 – 17 Tahun*, Kantor Perburuhan Internasional Jakarta: ILO, 2008

ILO, (2004), *Pekerja Anak di Industri Sepatu Jawa Barat: Sebuah kajian cepat*. Copyright International Labour Organization.

ILO, (2003), *Meningkatkan Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan Kerja di Sektor Informal Alas Kaki Jakarta*. Buku Petunjuk untuk Operator PATRIS (Pelatihan Aksi Bersama untuk Pelaku Sektor Informal), Kantor Perburuhan Internasional. Diterjemahkan dari *Improving Safety, Health and the Working Environment in the Informal Footwear Sector* (ISBN 92-2-113258-7), Jakarta, ILO, 2002

Journal of Preventive Medicine, (2008), *Exposure and Effect Biomarkers in Shoe Manufacturing Personnel and the Significance of Their Changes*. 16(3-4): 54-60

Jeanne Mager Stellman, (1998), *Encyclopaedia of Occupational Health & Safety*. Fourth Edition, Vol. III, International Labour Office. Geneva

Environmental Occupational & Environmental Medicine. Third Edition, California, San Francisco, Division of Occupational and Environmental Medicine, Clinical Professor

Kolluru RV, Bartell SM, Pitblado RM and Stricoff RS, (1996), *Risk Assessment and Management Handbook: For Environmental Health and Safety Professionals*, New York, McGraw-Hill

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

Kunzli, N, et al, (2008), *Health Risk Assessment* in Baker, D, et al (Ed). *Environmental Epidemiology: Study Methods and Application*, Oxford University Press, New York

Louvar FL and Louvar BD, (1998), *Health and Environmental Risk Analysis: Fundamental with Application*, Volume 2, New Jersey, Prentice Hall PTR

Luigi Parmeggiani, (1983), *Encyclopaedia of Occupational Health & Safety*. Third (revised) edition, Vol. 2, ILO Geneva

Meei-shia Chen and Anita Chan, (1999), *International Journal of Health Services*, Volume 29, Number 4, Pages 793-811, Baywood Publishing Co., Inc.

Mahawati, Eni, Suhartono, Nurjazuli, (2006), Hubungan antara Kadar Fenol dalam Urin dengan Kadar Hb, Eritrosit, Trombosit dan Leukosit (Studi pada Tenaga Kerja di Industri Karoseri CV Laksana Semarang), *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, Vol. 5, No. 1, April 2006

Mansyur, M., (2007), *Manajemen Risiko Kesehatan dalam Majalah Kedokteran Indonesia*, Vol. 57, No. 9, Jakarta

Moeljoedarmo S., (2002), *Hygiene Industri (Faktor Kimia)*, Jakarta

NIOSH 1501, (2003), *NIOSH Manual of Analysis Methods (NMAM)*, Fourth Edition, p. dalam <http://www.cdc.gov/niosh/pgms/worknotify/xylene>

NIOSH, (1984), *NIOSH Manual of Analytical Methods*, 3rd edition, Cincinnati, OH: U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, Centers for Disease Control

National Occupational Health and Safety Commission, (1990), *Industrial Organic Solvents*. Australian Government Publishing Service Canberra

NRC (National Research Council), (1983), *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. Washington, DC: National Academic of Science Press

Proctor NH, Hughes JP, Fischman ML, (1988). *Chemical Hazards of the Workplace*. Philadelphia, PA: J.B. Lippincott Company.

Rahman A. (2009). *Prinsip-prinsip Dasar Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan*, Modul Kuliah Kesehatan Lingkungan, FKM UI, Depok

Rahman A, (2010), *Prinsip-Prinsip Dasar dan Metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan* dalam Bahan Ajar Pelatihan Teknik dan Manajemen Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan Bagi Petugas Kesehatan, Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pemberantasan Penyakit Menular Yogyakarta

RTECS. (1989). *Xylene*. Bethesda, MD: Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, National Library of Medicine

SNI 19-0232-2005, (2005), *Nilai Ambang Batas (NAB) Zat Kimia di Udara Tempat Kerja*, ICS 13.040.30, Badan Standar Nasional (BSN)

U.S. EPA. (2003), *Toxicological Review of Xylenes* (CAS No. 1330-20-7), National Center for Environmental Assessment, Washington, DC. Available online at: <http://www.epa.gov/ncea/iris>

U.S. EPA. (2002) *Toxicological Review of Xylenes* (CAS No. 1330-20-7), National Center for Environmental Assessment, Washington DC, Available online at: <http://www.epa.gov/ncea/iris>

WHO, (1999), *Environmental Health Criteria 210: Principles for The Assessment of Risks to Human Health from Exposure to Chemicals*

WHO, (1983), *Environmental Health Criteria 27: Guidelines on Studies in Environmental Epidemiology*. Geneva: World Health Organization

Individu Pekerja Realtime dan Lifetime berdasarkan Proyeksi Paparan pada Durasi Tahun Ke-n

No	Wb (kg)	default (m3/jam)	tE (jam/hr)	fe (hr/th)	Dt (th)	(hari), 30 th x 365 hr	C (mg/m3)	I (mg/kg.hari) tahun ke-n						RfC (mg/kg.hr)	RQ tahun ke-n							
								Real time	5	10	15	20	25		30	Real time	5	10	15	20	25	30
1	55	0,83	14	304	4	10950	0,08	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,14	0,22	0,30	0,37	0,45	0,53
2	80	0,83	15	283	5	10950	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05	0,11	0,16	0,21	0,27	0,32	0,37
3	66	0,83	15	283	11	10950	0,08	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,14	0,21	0,27	0,34	0,40	0,47	0,53
4	80	0,83	13	305	0,00	10950	0,16	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,00	0,10	0,20	0,31	0,41	0,51	0,61
5	50	0,83	17	305	0,00	10950	0,16	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,00	0,21	0,43	0,64	0,86	1,07	1,28
6	50	0,83	17	305	1	10950	0,16	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,26	0,47	0,68	0,90	1,11	1,33
7	62	0,83	17	305	0,00	10950	0,16	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,00	0,17	0,35	0,52	0,69	0,86	1,04
8	50	0,83	15	304	1,50	10950	0,16	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,06	0,24	0,43	0,62	0,81	1,00	1,19
9	52	0,83	13	305	2	10950	0,16	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,06	0,22	0,38	0,53	0,69	0,85	1,01
10	59	0,83	16	305	3	10950	0,16	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,10	0,27	0,44	0,61	0,79	0,96	1,13
11	57	0,83	14	305	4	10950	0,16	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,12	0,28	0,43	0,59	0,74	0,90	1,05
12	45	0,83	14	305	4	10950	0,16	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,16	0,35	0,55	0,74	0,94	1,14	1,33
13	54	0,83	9	305	0,00	10950	0,16	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,00	0,10	0,21	0,31	0,42	0,52	0,63
14	50	0,83	16	305	0,25	10950	0,16	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0,21	0,41	0,61	0,82	1,02	1,22
15	60	0,83	13	303	1	10950	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,03	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16
16	55	0,83	14	304	5	10950	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21
17	65	0,83	14	299	2	10950	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,04	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16
18	55	0,83	17	305	1	10950	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,04	0,08	0,12	0,16	0,19	0,23
19	57	0,83	14	306	1	10950	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,04	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18
20	45	0,83	17	292	1,50	10950	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,04	0,06	0,09	0,12	0,15	0,17
21	45	0,83	17	292	15	10950	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,08	0,11	0,14	0,16	0,19	0,22	0,25
22	50	0,83	15	304	0,33	10950	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,05	0,07	0,09	0,12	0,14
23	55	0,83	17	305	0,50	10950	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	0,05	0,07	0,10	0,12	0,14
24	71	0,83	14	298	15	10950	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,10	0,12	0,13
25	56	0,83	10	304	2,50	10950	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,05	0,08	0,12	0,15	0,18	0,22
26	65	0,83	12	292	10	10950	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27

Realtime dan Lifetime pada Bagian Upper/Mukaan berdasarkan Proyeksi Pajanan pada Durasi Tahun Ke-n

No	Wb (kg)	R, default (m3/jam)	tE (jam/hr)	fe (hr/th)	Dt (th)	tavg (hari), 30 th x 365 hr	Lokasi Kerja	C (mg/m3)	I (mg/kg.hari) tahun ke-n						RfC (mg/kg.hr)	RQ tahun ke-n									
									Real time	5	10	15	20	25		30	Real time	5	10	15	20	25	30		
1	80	0,83	13	305	0,00	10950	Bag. Upper	0,16																	
2	50	0,83	17	305	0,00	10950	Bag. Upper	0,16																	
3	50	0,83	17	305	1	10950	Bag. Upper	0,16																	
4	62	0,83	17	305	0,00	10950	Bag. Upper	0,16																	
5	50	0,83	15	304	1,50	10950	Bag. Upper	0,16																	
6	52	0,83	13	305	2	10950	Bag. Upper	0,16	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,19	0,35	0,51	0,67	0,82	0,98	1,14	
7	59	0,83	16	305	3	10950	Bag. Upper	0,16																	
8	57	0,83	14	305	4	10950	Bag. Upper	0,16																	
9	45	0,83	14	305	4	10950	Bag. Upper	0,16																	
10	54	0,83	9	305	0,00	10950	Bag. Upper	0,16																	
11	50	0,83	16	305	0,25	10950	Bag. Upper	0,16																	

Lampiran 5. Tingkat Risiko Individu Pekerja Realtime dan Lifetime pada Bagian Finishing berdasarkan Proyeksi Pajanan pada Durasi Tahun Ke-n

No	Wb (kg)	R, default (m3/jam)	tE (jam/hr)	fe (hr/th)	Dt (th)	tavg (hari), 30 th x 365 hr	Lokasi Kerja	C (mg/m3)	I (mg/kg.hari) tahun ke-n						RfC (mg/kg.hr)	RQ tahun ke-n									
									Real time	5	10	15	20	25		30	Real time	5	10	15	20	25	30		
1	45	0,83	17	292	0	10950	Bag. Finishing	0,02																	
2	45	0,83	17	292	15	10950	Bag. Finishing	0,02																	
3	50	0,83	15	304	0,3	10950	Bag. Finishing	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,03	0,06	0,10	0,10	0,13	0,16	0,19	
4	55	0,83	17	305	0,5	10950	Bag. Finishing	0,02																	
5	71	0,83	14	298	15	10950	Bag. Finishing	0,02																	

ja Realtime dan Lifetime pada Bagian Administrasi berdasarkan Proyeksi Pajanan pada Durasi Tahun Ke-n

No	Wb (kg)	R, default (m ³ /jam)	tE (jam/hr)	fe (hr/th)	Dt (th)	tavg (hari), 30 th x 365 hr	Lokasi Kerja	C (mg/m ³)	I (mg/kg.hari) tahun ke-n						RfC (mg/kg.hr)	RQ tahun ke-n							
									Real time	5	10	15	20	25		30	Real time	5	10	15	20	25	30
1	56	0,83	10	304	2,50	10950	Bag. Adm	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,07	0,10	0,14	0,20	0,20	0,20
2	65	0,83	12	292	10	10950	Bag. Adm	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,07	0,10	0,14	0,20	0,20	0,20

