



UNIVERSITAS INDONESIA

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

TESIS

**NANIK PRIHARTINI
0806443282**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

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

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Kesehatan Masyarakat

**NANIK PRIHARTINI
0806443282**

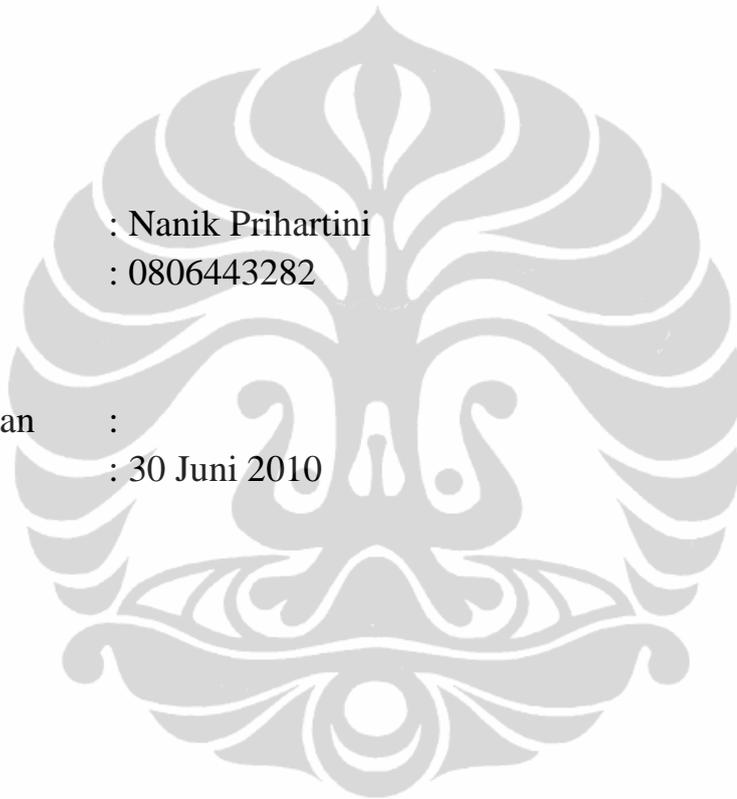
**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
MANAJEMEN PELAYANAN KESEHATAN
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Nanik Prihartini
NPM : 0806443282

Tanda Tangan :
Tanggal : 30 Juni 2010



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nanik Prihartini

NPM : 0806443282

Mahasiswa Program : Ilmu Kesehatan Masyarakat

Tahun Akademik : 2008

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

ANALISIS RISIKO KESEHATAN PAJANAN TOLUEN PADA PEKERJA BENGKEL SEPATU 'X' DI KAWASAN PERKAMPUNGAN INDUSTRI KECIL (PIK) PULOGADUNG JAKARTA TIMUR TAHUN 2010

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

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 30 Juni 2010

Nanik Prihartini

RIWAYAT HIDUP

Nama : Nanik Prihartini
Tempat/Tanggal Lahir : Brebes, 23 April 1972
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Jl. Sadar IV no. 6A, Rt.002, Rw. 03
Kel. Cuganjur Kec. Jagakarsa Jakarta Selatan
Email : niekprasetya@yahoo.co.id

Riwayat Pendidikan

1. SD Negeri II Brebes, Jawa Tengah Tahun 1984
2. SMP Negeri I Brebes, Jawa Tengah Tahun 1987
3. SMA Negeri I Brebes, Jawa Tengah Tahun 1990
4. Akademi Penilik Kesehatan (APK) Purwokerto, Jawa Tengah Tahun 1993
5. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia Tahun 2004
6. Program Pascasarjana Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia Tahun 2010

Riwayat Pekerjaan

Dinas Kesehatan Kabupaten Pemalang Jawa Tengah 1995 - 1999

Puskesmas Kecamatan Pancoran Jakarta Selatan 1999 - sekarang

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Nanik Prihartini
NPM : 0806443282
Program Studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Judul Tesis : Analisis Risiko Kesehatan Paparan Toluena pada Pekerja Bengkel Sepatu 'X' di Kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur Tahun 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 : drs. Bambang Wispriyono, Apt.,PHD ()
Penguji 1 : Prof. Dr. dr. Rachmadi Purwana, SKM. ()
Penguji 2 : Abdur Rahman, M.Env. ()
Penguji 3 : Ricki M. Mulia, ST.,MSc. ()
Penguji 4 : Evi Nuryana, MSi. ()

Ditetapkan di Depok
Tanggal Juni 2010

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

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

Nama : Nanik Prihartini
NPM : 0806443282
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 saya yang berjudul **Analisis Risiko Kesehatan Paparan Toluena Pada Pekerja Bengkel Sepatu 'X' di Kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur Tahun 2010** beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, 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 Depok
Pada Tanggal 30 Juni 2010
Yang Menyatakan

(Nanik Prihartini)

PROGRAM PASCASARJANA ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT UNIVERSITAS INDONESIA

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrobbil'alamiin, Segala puji dan ucapan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karunia sehingga penulis bisa merampungkan penulisan tesis ini.

Pada kesempatan ini penulis juga memberikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak drs. Bambang Wispriyono, Apt., PHD., selaku pembimbing dalam penulisan tesis ini.
2. Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, seluruh dosen yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis, serta seluruh karyawan di lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
3. Kepala Perpustakaan FKM-UI beserta staf, yang telah banyak membantu kelancaran penulisan tesis ini.
4. Kepala Badan Layanan Umum Daerah (BLUD) Pengelola Kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung beserta staf, yang telah memberikan izin penelitian.
5. Pemilik dan pekerja bengkel sepatu 'X' di Kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung yang telah banyak membantu kelancaran proses penelitian .
6. Bapak Ricki M., Mulia ST.,MSc., selaku Kepala Analisis Hiperkes dan keselamatan Kerja dan staf yang banyak membantu penulis dalam pengukuran data di lapangan dan laboratorium.
7. Teman-teman seperjuangan pada Program Pasca Sarjana Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Yana, Fira, Hana, Handini, Yuni, Admiral, Ali, Mimi, Linda, Febri, Yudith, Cipto dan Niken. Terima kasih atas persahabatannya.
8. Kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan studi ini.

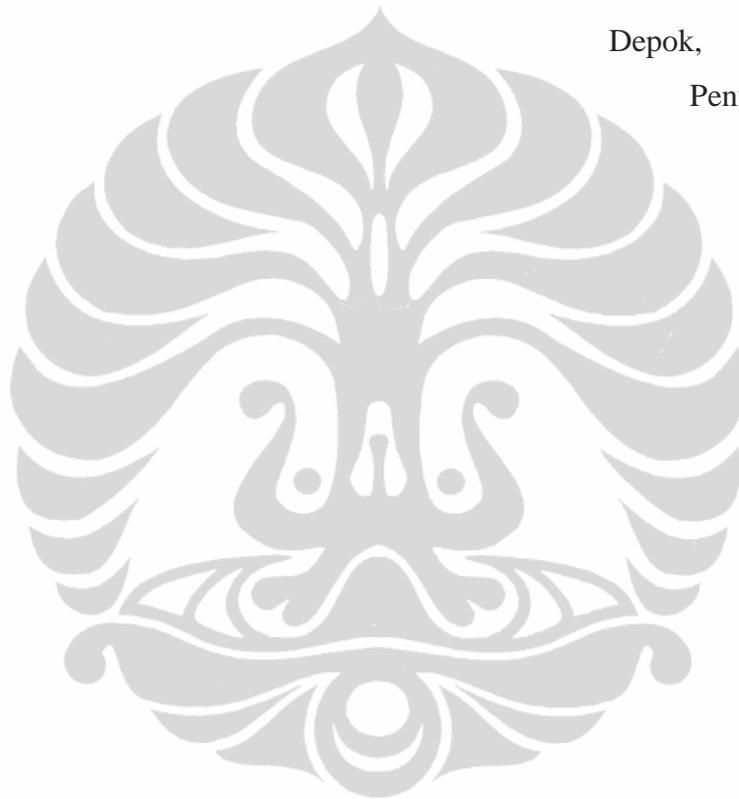
Terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga, kepada suamiku tercinta Prasetya CS yang tidak pernah bosan memberikan doa dan dukungannya. Anak-anakku tersayang, Fawwaz, Nawwaf dan Naura yang selalu pengertian

sehingga Bunda dapat menyelesaikan penelitian ini tepat waktu. Kepada yang terkasih orang tua, kakak dan adik-adikku, terima kasih atas doa dan dukungannya.

Seperti kata pepatah “Tak ada gading yang tak retak” demikian juga dengan kalimat yang terangkai dalam penulisan tesis ini. Semoga ada berkahnya, Amin.

Depok, Juni 2010

Penulis



Tesis, Juni 2010

Nanik Prihartini

Analisis Risiko Kesehatan Paparan Toluena Pada Pekerja Bengkel Sepatu 'X' di Kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur Tahun 2010

v + 76 hal + 13 tabel + 5 gambar

ABSTRAK

Perkembangan industri di Indonesia maju berkembang dengan pesat untuk memenuhi berbagai macam kebutuhan manusia yang tidak bisa dipungkiri membutuhkan bahan kimia sebagai bahan baku maupun bahan campuran. Meskipun bahan kimia dibutuhkan keberadaannya tetapi di lain pihak bahan kimia tersebut dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungannya jika tidak ditangani secara baik dan benar. Salah satunya adalah industri sepatu yang dalam proses pembuatannya memerlukan bahan perekat yang mengandung toluena. Toluena merupakan salah satu senyawa *volatile organic compound (voc)* yang pada umumnya mengakibatkan gangguan kesehatan seperti pusing, vertigo, iritasi pada mata, iritasi pada kulit, gangguan pernafasan, gangguan hepar, gangguan ginjal serta gangguan susunan syaraf pusat.

Penelitian ini menggunakan desain *cross sectional* dengan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) bertujuan untuk mengestimasi tingkat risiko kesehatan pada pekerja di bengkel sepatu X akibat paparan toluena di kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur dan dilakukan pada bulan Maret – Mei 2010 dengan subyek penelitian pekerja sepatu di bengkel sepatu X di kawasan PIK Pulogadung Jaktim dan sebagai pembandingan adalah pegawai BLUD Pengelola Kawasan PIK Pulogadung.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata konsentrasi toluena di bengkel sepatu X sudah melebihi dosis respon ($11,28\text{mg}/\text{m}^3$) dengan konsentrasi tertinggi di bagian finishing ($27,2\text{ mg}/\text{m}^3$) sedangkan pada pembandingan masih di bawah dosis respon ($0,0006\text{mg}/\text{m}^3$). Jika dibandingkan dengan NAB, konsentrasi toluena masih di bawah batas normal. Konsentrasi asam hipurat urin pada pekerja dan pembandingan masih di bawah batas normal yaitu masing-masing $0,73\text{gr}/\text{gr}$ kreatinin dan $0,25\text{gr}/\text{gr}$ kreatinin Hasil uji t menunjukkan adanya perbedaan bermakna antara rata-rata konsentrasi toluena dan asam hipurat urin pada pekerja bengkel sepatu X dan pembandingan ($p < 0,05$). Tingkat risiko individu *realtime* dengan $\text{RQ} > 1$ sebesar 8% (2 orang), perhitungan RQ pada tiap bagian, proyeksi 10 tahun ke depan bagian finishing berisiko terhadap toluena. Tingkat risiko populasi sebesar 0,08 yang berarti belum berisiko terhadap paparan toluena. RQ populasi proyeksi menunjukkan pada 20 tahun mendatang pekerja bengkel sepatu berisiko terhadap paparan toluena.

Kata kunci: Analisis Risiko, Toluena, Bengkel Sepatu

Thesis, June 2010

Nanik Prihartini

Health Risk Assessment of Toluene's Exposure on Footware Workers 'X' at Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung in East Jakarta 2010

v + 76 page + 13 table + 5 picture

Industrial development in Indonesia is going very fast to meet any human needs. Chemical application in many activity is only one example to describe how big is industry influence the human life.

The aim of this study is to determine the risk quotient of toluene exposure that exposed the workers using cross sectional design compile with health risk assessment with its four important steps: hazard identification, dose-response management, exposure assessment and risk characterization. Study is held in March to May 2010 with shoe workers and BLUD staff as samples.

Result of the study showed the average mean concentration which exceed the reference dose ($11,28\text{mg}/\text{m}^3$). The highest concentration is found in the finishing area ($27,2\text{mg}/\text{m}^3$) but the control is below the reference dose ($0,0006\text{mg}/\text{m}^3$). Comparing with the standart (NAB) in Indonesia, the toluene concentration is still below the standard. The concentration of hipurric acid in the worker's urine and in the control is also below the normal limit with each concentration are $0,73\text{ gr}/\text{gr creatinin}$ dan $0,25\text{ gr}/\text{gr creatinin}$. The result of 't' test showed there is a significant different between the average toluene concentration and urine hipurric acid in footware workers and the control ($p < 0,05$). The realtime risk quotient is found in 2 respondent with $\text{RQ} > 1$ (8%). The prediction of risk quotient in the work area ten years ahead found that finishing workers area is has a risk to get adverse effect. The risk quotient of population showed the same condition which $\text{RQ} < 1$ (0,08), but in the next 20 years prediction, we found that the workers have a risk to exposed by toluen.

Keyword: risk assessment, toluene, footware

ABSTRAK	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	v
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Pertanyaan Penelitian	5
1.4. Tujuan Penelitian	
Tujuan Umum`	5
Tujuan Khusus	5
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.6. Ruang Lingkup Penelitian	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tinjauan Tentang Toluene	
2.1.1. Karakteristik Toluene	8
2.1.2. Sumber dan Kegunaan Toluene	9
2.2. Toksikinetik Toluene	9
2.2.1. Absorpsi Toluene	
Melalui Inhalasi	10
Melalui Gastrotestinal	10
Melalui Kulit	10
2.2.2. Distribusi Toluene	10
2.2.3. Metabolisme Toluene	11
2.2.4. Ekskresi Toluene	13
2.3. Biomarker Toluene	14
2.4. Dampak Toluene Terhadap Kesehatan	15
2.3.1. Efek Akut`	15
2.3.2. Efek Kronis	17
2.4. Pengukuran Toluene di Udara	20
2.5. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan	21
2.5.1. Langkah-Langkah Analisis Risiko Lingkungan	
Identifikasi Bahaya	25
Analisis Paparan	25
Analisis Dosis Reson	27
Karakteristik Risiko	28
2.6. Manajemen Risiko	29
2.6.1. Surveilans Medis	30
2.6.2. Pemantauan Biologis	31
2.6.3. Pendidikan dan Pelatihan	31

BAB 3. KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1. Kerangka Teori	33
3.2. Kerangka Konsep	34
3.3. Definisi Operasional	35

BAB 4. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Rancangan Studi	37
4.2. Waktu dan Lokasi Penelitian	37
4.3. Populasi dan Sampel	
4.3.1. Populasi	37
4.3.2. Sampel	37
4.3.3. Sampel Udara di Lingkungan Kerja	39
4.4. Metode Pengukuran	
4.4.1. Cara Pengukuran Toluene di Udara	40
4.4.2. Cara Pengukuran Kadar Asam Hipurat Urin	41
4.4.3. Cara Pengukuran Kreatinin.....	42
4.4. Pengumpulan Data.....	42
4.5 Analisis Data	
4.5.1. Pengolahan Data	43
4.5.2. Analisis Data	44

BAB 5. HASIL PENELITIAN

5.1. Gambaran Umum Bengkel Sepatu X	49
5.2. Karakteristik Responden	52
5.2.1. Karakteristik Antropometri dan Pola Aktifitas.....	53
5.3. Distribusi Konsentrasi Toluene Udara dan Asam Hipurat Urin	55
5.3.1. Distribusi Konsentrasi Toluene Udara	55
5.3.2. Distribusi Konsentrasi Asam Hipurat Urin	57
5.3.3. Perbedaan Rata-Rata Konsentrasi Toluene dan Asam Hipurat Urin	58
5.4. Perkiraan Tingkat Risiko Non Kanker	59
5.4.1. Tingkat Risiko Realtime dan Proyeksi Pada Individu	59
5.4.2. Tingkat Risiko Realtime dan Proyeksi pada Tiap Bagian	61
5.4.3. Tingkat Risiko Realtime dan Proyeksi pada Seluruh Pekerja	62
5.5. Manajemen Risiko	63

BAB 6. PEMBAHASAN

6.1. Kelebihan dan Keterbatasan Penelitian.....	65
6.2. Konsentrasi Toluene Udara.....	65
6.3. Antropometri dan Pola Aktifitas	68
6.4. Konsentrasi Asam Hipurat Urin.....	70
6.3. Tingkat Risiko (RQ).....	71
6.4. Manajemen Risiko	73

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan	74
7.2. Saran	75

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

2.1.	Hubungan Dosis-Respon Akut Paparan Toluena	17
5.1.	Karakteristik Responden.....	52
5.2.	Distribusi Antropometri dan Pola Aktifitas.....	53
5.3.	Distribusi Antropometri dan Pola Aktifitas Gabungan.....	54
5.4.	Konsentras dan Distribusi Toluena	56
5.5.	Konsentrasi Toluena dalam Dosis Respon	56
5.6.	Distribusi Konsentrasi Asam Hipurat Urin	57
5.7.	Hubungan Konsentrasi Asam Hipurat Urin dengan Status Paparan	58
5.8.	Hubungan Konsentrasi Asam Hipurat Urin dengan Status Merokok.....	58
5.9.	Hasil Uji Beda Rata-Rata Toluena dan Asam Hipurat.....	59
5.10.	Tingkat Risiko Realtime Individu	60
5.11.	Tingkat Risiko Proyeksi Individu dengan Penambahan Lama Kerja	61
5.12.	Tingkat Risiko Realtime dan Proyeksi pada Tiap Bagian Bengkel Sepatu.....	62
5.13.	Tingkat Risiko Realtime Seluruh Pekerja	62
5.14.	Tingkat Risiko Proyeksi Seluruh Pekerja	63

DAFTAR GAMBAR

2.1.	Metabolisme Toluena dalam Tubuh.....	12
2.2.	Analisis Risiko, Evaluasi dan Pengelolaan Risiko.....	23
2.3.	Langkah dalam Analisis Risiko Kesehatan.....	24
3.1.	Kerangka Teori	33
3.2.	Kerangka Konsep	34



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia dewasa ini maju dengan pesat sejalan dengan tuntutan akan berbagai kebutuhan macam produk. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka banyak didirikan industri-industri baik yang berskala besar hingga yang berskala rumah tangga (*home industri*). Dengan tumbuhnya industri tersebut tidak dapat dipungkiri akan penggunaan bahan kimia, baik sebagai bahan campuran maupun sebagai bahan baku.

Sebagai salah satu produk teknologi, bahan kimia dibutuhkan keberadaannya tetapi di lain pihak bahan kimia tersebut dapat membahayakan manusia dan lingkungannya jika tidak ditangani secara baik dan benar.

Di awal tahun 1990-an, industri sepatu menjadi penyumbang utama untuk Produk Nasional Bruto Indonesia sebagai pendapatan nasional ketiga terbesar setelah industri kayu dan tekstil. Sekitar 40 persen dari ekspor sepatu Indonesia dikirim ke pasar Amerika Serikat, sedangkan 33 persen dikirim ke Eropa dan sisanya diekspor ke negara-negara Afrika, Timur Tengah dan Amerika Selatan. Di masa puncaknya pada tahun 1996, Indonesia mengekspor 250 juta pasang sepatu senilai hampir US\$2.19 milyar. Sejak saat itu, volume ekspor industri sepatu mengalami penurunan hingga pada tahun 2002 ekspor industri sepatu hanya sebesar US\$1.4 milyar (ILO, 2004).

Walaupun cenderung menurun, industri sepatu masih memainkan peran penting dalam perekonomian Indonesia. Industri ini tetap menjadi salah satu tulang punggung industri yang utama, di samping minyak dan gas bumi, tekstil dan pakaian, pertambangan, semen, pupuk kimia, plywood, karet, makanan dan pariwisata.

Menurut ILO 2004, di Indonesia produsen sepatu digolongkan menjadi dua kelompok yaitu produsen sepatu yang berskala besar yang berorientasi ekspor untuk merek-merek sepatu asing seperti Nike, Adidas, Reebok, dll dan mempunyai tenaga kerja lebih dari 99 pekerja. Yang kedua adalah produsen yang berskala kecil sampai menengah biasanya tanpa merek sendiri yang sebagian besar mensuplai pasar lokal.

Jumlah pekerja pada produsen berskala kecil antara 5 – 19 pekerja sedangkan produsen menengah mempunyai pekerja sebanyak 20 – 99 pekerja.

Proses produksi di industri sepatu membutuhkan beberapa tahap dimulai dari penyimpanan bahan mentah, pembuatan desain/pola sepatu, mempersiapkan bagian atas sepatu (menggaris, mendekorasi, menjahit dll), mempersiapkan bagian bawah sepatu (mengelem, menjahit dll.) memasang bagian atas dan bawah (mengelem, menjahit, memaku), penyelesaian/*finishing* (membersihkan, menghaluskan), mengepak untuk selanjutnya dikirim ke konsumen/pasar.

Proses produksi di lingkungan kerja industri sepatu mengancam keselamatan, kesehatan dan kesejahteraan para pekerja. Mereka sangat rentan terhadap bahaya unsur biologis, bahan kimia, psikologis dan fisik (ILO, 2004).

Penggunaan bahan kimia yang dapat mengganggu kesehatan para pekerja adalah antara lain penggunaan lem dan primer. Para pekerja dapat terkena lem primer, bahan pembersih dan cat, menghirup uap kimiawi, terserap kulit karena lem sering disapukan dengan tangan kosong. Selain itu bisa juga tertelan bahan kimia ketika makan, merokok atau minum di tempat kerja yang mengandung bahan kimia. Penggunaan lem berbasis cairan pelarut organik dapat mempengaruhi sistem saraf, paru-paru, hati, ginjal, darah, mata, sistem pencernaan, sistem kekebalan tubuh, jaringan mukosa, keguguran serta dapat menyebabkan kecanduan lem. Bahan perekat atau lem dan pelarut yang sering digunakan pada industri sepatu mengandung bahan berbahaya, seperti *toluen*, *methyl ethyl ketone*, dan *acetone* (ILO,2004).

Toluen (hidrokarbon yang diisolasi dari getah tolu) merupakan bahan kimia yang disebut juga *Toluol* atau *Methyl benzene*. Bahan kimia ini bebas dijual dipasaran karena banyak digunakan sebagai pelarut pada cat maupun pada bahan perekat. Toluen memiliki sifat sedikit mudah terbakar. Toluen (C₆H₅CH₃) adalah senyawa hidrokarbon aromatik yang tidak berwarna. Karakteristik spesifik lainnya dari senyawa ini di antaranya adalah mudah terbakar, mudah terurai, sedikit larut dalam air, beraroma manis dan tajam dan memiliki tekanan uap 28.4 mm Hg pada suhu 25 °C. Meskipun senyawa toluen kurang berbahaya, namun pemajanan yang terus

Universitas Indonesia

menerus bisa berakibat buruk bagi kesehatan tenaga kerja. Tenaga kerja yang mempergunakan toluen sebagai pelarut pada umumnya mengakibatkan gangguan kesehatan seperti pusing, vertigo, iritasi pada mata, iritasi pada kulit, gangguan pernafasan, gangguan hepar, gangguan ginjal serta gangguan susunan syaraf pusat (SSP) (ATSDR, 2000).

Toluen bisa memasuki tubuh manusia lewat 3 pintu masuk, yaitu lewat inhalasi, ingesti, dan kontak kulit. Sebagai senyawa yang mudah menguap, pajanan inhalasi toluen adalah jalur pajanan yang paling penting untuk diperhatikan. Hal ini terjadi karena banyak toluen yang dilepaskan udara seiring bertambahnya suhu di sekitarnya. Selain itu, pajanan toluen lebih mudah terdeposit dan terakumulasi dalam organ-organ penting manusia seperti otak, hati, paru-paru, ginjal, dan organ lainnya (ATSDR, 2000)

Target organ utama senyawa ini adalah sistem syaraf pusat (SSP). Kerusakan yang banyak ditemui pada manusia dan hewan yang terpajan senyawa ini adalah disfungsi SSP permanen dan *narkosis*. Gejala lain yang ditimbulkan di antaranya adalah kelelahan, mudah mengantuk, sakit kepala, dan nausea. Pajanan yang lebih tinggi mampu memberikan efek tekanan pada SSP atau bahkan kematian. Efek lainnya adalah kelainan detak jantung.

Pajanan ingesti akut dapat menyebabkan kematian setelah adanya Sistem Syaraf Pusat yang tertekan. Selain itu juga terjadi konstriksi dan nekrosis pada jaringan otot jantung, edema hati, hemorrhage, dan nekrosis tubulus ginjal. Pajanan toluen melalui inhalasi secara kronis juga dapat menimbulkan tekanan pada SSP. Gejala yang ditimbulkan di antaranya adalah mengantuk, ataxia (kehilangan kemampuan mengontrol gerak tubuh), tremor (bergetarnya bagian tubuh), atrofi cerebral, nystagmus (pergerakan bola mata tanpa sadar), serta gangguan dalam berbicara, mendengar, dan melihat. Selain itu, iritasi traktus respiratori dan mata, nyeri tenggorokan, sakit kepala, dan kesulitan tidur juga ditemukan dalam beberapa penelitian (ATSDR, 2000).

Menurut ILO (2004), hampir 70 persen gangguan pernapasan dialami oleh pekerja industri sepatu di Tasikmalaya. Mereka juga sering merasa pusing dan pegal pinggang dikarenakan menghirup uap lem dan debu dalam waktu yang lama.

Ada lima gangguan kesehatan yang sering dialami para pekerja di industri sepatu Tasikmalaya dan Ciomas, yaitu kejang lengan sebesar 26%, sering pusing sebesar 20%, batuk dan mudah lelah masing-masing 19% , iritasi kulit 9% dan masalah pernafasan 7%.

Gambaran MRI (*Magnetic Resonance Imaging*) terlihat adanya kelainan/abnormali pada batang otak dan otak kecil pada pria berusia 29 tahun yang menyalahgunakan toluen dengan sering menghirup lem sejak umur 16 tahun. (CCOHS 2001 dalam Darwati, 2004).

Dalam penelitian Darwati tahun 2004, diketahui bahwa pekerja yang terpajan toluen mempunyai risiko sebesar 7.188 kali gejala neuropsikologis tinggi dibandingkan dengan pekerja yang tidak terpajan toluen.

Menurut *Integrated Risk Information System (IRIS, 2005)* dosis asupan inhalasi atau *RfC (Reference Concentration)* toluen sebesar 5 mg/m^3 . Angka ini diambil berdasarkan efek neurologis yang muncul pada manusia. Sedangkan dosis asupan melalui oral atau *RfD (The Reference of Dose)* toluen sebesar 0,08 mg/kg/hari.

Proses metabolisme pajanan toluen dalam tubuh manusia dapat diekskresikan antara lain dalam bentuk asam hipurat urin. Biomarker ini dapat digunakan sebagai indikator pemajanan toluen dan dapat mewakili 60%-70% dari metabolisme toluen (EPA, 1985 dalam ACGIH, 1995)

1.1. Rumusan Masalah

Perkampungan Industri Kecil yang disingkat PIK merupakan kawasan yang menampung berbagai macam industri dari tingkat kecil hingga menengah yang salah satu hasil produksinya adalah sepatu. Pemantauan kesehatan dan keselamatan para pekerja dan lingkungannya biasanya secara rutin hanya dilakukan pada industri yang berskala besar saja. Sedangkan industri tingkat kecil hingga menengah biasanya kurang memperhatikan kesehatan dan keselamatan pekerjanya dari unsur-unsur

Universitas Indonesia

berbahaya yang terdapat di lingkungan kerja antara lain bahaya dari bahan kimia yang digunakan sehingga pekerja di industri tersebut mempunyai risiko terhadap kesehatannya selama bekerja. Salah satu diantaranya adalah penggunaan bahan kimia berbahaya toluen yang terdapat dalam bahan perekat dan pelarut.

1.2. Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian berdasarkan rumusan masalah tersebut di atas adalah seberapa besar perkiraan risiko kesehatan akibat pajanan toluen dan seberapa besar konsentrasi asam hipurat urin sebagai hasil metabolisme pajanan toluen pada pekerja di bengkel sepatu X di kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur.

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat besaran risiko kesehatan akibat pajanan toluen dan mengetahui besaran konsentrasi asam hipurat urin pada pekerja bengkel sepatu X di Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur serta merumuskan upaya-upaya pengendalian risiko kesehatan.

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui konsentrasi toluen pada lingkungan pekerja bengkel sepatu X di Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur.
2. Mengetahui karakteristik antropometri dan pola aktifitas pekerja bengkel sepatu X di Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur.
3. Mengetahui estimasi tingkat risiko kesehatan akibat pajanan toluen pada bengkel sepatu X di Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur.
4. Mengestimasi konsentrasi asam hipurat pada urin sebagai biomarker pada pekerja di bengkel sepatu X Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur

5. Mengetahui perbedaan antara konsentrasi toluen udara di bengkel sepatu X di Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur dengan pembanding

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Bagi Keilmuan

1. Dapat digunakan sebagai referensi untuk studi atau penelitian yang sejenis.
2. Dapat menjadi acuan untuk dilakukan penelitian yang sejenis dengan karakteristik yang berbeda .

1.4.2. Bagi Pengambil Kebijakan

Dapat menentukan kebijakan dalam melakukan manajemen risiko gangguan kesehatan yang disebabkan akibat pajanan toluen pada pekerja di industri sepatu.

1.4.3.. Bagi Tenaga Kerja dan Masyarakat

Dapat meningkatkan pengetahuan tenaga kerja dan masyarakat tentang besaran risiko kesehatan akibat pajanan toluen sehingga dapat berperan aktif dalam meningkatkan kesehatan dan mencegah gangguan kesehatan yang ditimbulkan.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini menganalisis perkiraan besaran risiko akibat pajanan toluen udara pada pekerja bengkel sepatu di Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur. Subyek dari penelitian ini adalah pekerja di bengkel sepatu X di Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur dan sebagai pembanding adalah pegawai kantor Badan Layanan Umum Daerah (BLUD) Pengelola Kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur.

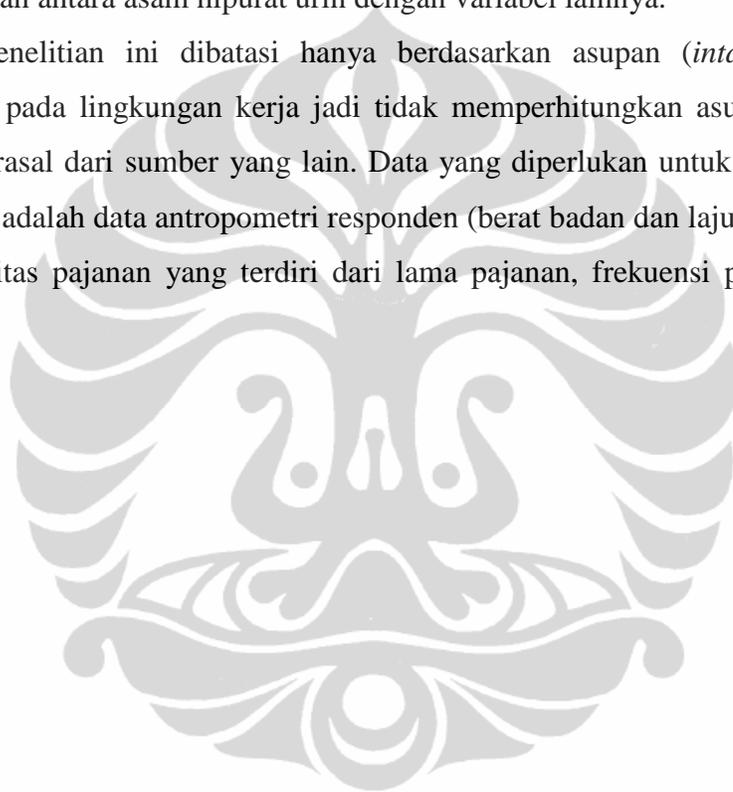
Konsentrasi toluen di lingkungan kerja pada bengkel sepatu X dan pembanding dianalisis untuk menentukan jumlah asupan (*intake*) sehingga dapat dilakukan analisis risiko kesehatan yang dapat memprediksi besarnya risiko pekerja yang terpapar toluen di lingkungan kerja bengkel sepatu X di Pusat Industri Kecil

Universitas Indonesia

(PIK) Pulogadung Jakarta Timur. Paparan toluen di lingkungan kerja diukur dengan alat Gas Cromatografi (GC) dengan metode NIOSH 1501.

Pengukuran konsentrasi asam hipurat dalam urin semua responden juga di analisa sebagai data pendukung untuk mengetahui adanya paparan toluen dalam tubuh (biomarker) responden. Pengukuran konsentrasi asam hipurat urin dilakukan dengan alat HPLC dengan metode NIOSH 8301. Dalam penelitian tidak dilakukan analisis hubungan antara asam hipurat urin dengan variabel lainnya.

Pada penelitian ini dibatasi hanya berdasarkan asupan (*intake*) melalui paparan toluen pada lingkungan kerja jadi tidak memperhitungkan asupan (*intake*) toluen yang berasal dari sumber yang lain. Data yang diperlukan untuk menentukan jumlah asupan, adalah data antropometri responden (berat badan dan laju asupan) dan data pola aktifitas paparan yang terdiri dari lama paparan, frekuensi paparan serta durasi paparan.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan tentang Toluena

2.1.1. Karakteristik Toluena

Toluena merupakan salah satu senyawa hidrokarbon aromatik, zat yang tidak berwarna, cairannya mudah terbakar dengan aroma yang khas, tidak korosif, uapnya mudah meledak, tidak larut dalam air tetapi larut dalam keton, alkohol, ester dan senyawa hidrokarbon aromatic lainnya (IPCS, 1985).

Struktur kimia dari toluena adalah sebagai berikut :

Formula kimia	: C ₆ H ₅ CH ₃
Berat molekul	: 92,14 g/mol
Sinonim	: methylbenzene, toluol , methylbenzol
Nama terdaftar	: methacide
No CAS	: 108-88-3

Adapun sifat fisik dan kimia dari toluena adalah (ATSDR, 2000)

Titik didih	: 110.6 °C
Titik lebur	: -95 °C
Tekanan uap	: 3.73 kPa
Berat jenis	: 0.876 g/ml
Densitas uap	: 3.2
Bau	: menyengat seperti benzene
Batas mudah terbakar	: 1.2 – 7.10 (% vo udara)
Titik bakar	: 4.4 °C
Nilai ambang bau	: - di udara = 8 ppm - di air = 0.04 – 1ppm
Faktor konversi	: 1 mg/m ³ = 0.267 ppm 1 ppm = 3.75 mg/m ³

2.1.2. Sumber dan Kegunaan Toluena

Sumber dari toluena terbagi menjadi dua sumber yaitu sumber alamiah dan aktifitas manusia. Secara alamiah, toluena berasal dari pohon tolu, aktifitas vulkanik, kebakaran hutan dan komponennya terdapat dalam minyak mentah. Minyak mentah mengandung metilsikloheksana yang melalui proses dehidrogenasi katalitik menghasilkan toluena. Adapun sumber yang berasal dari aktifitas manusia adalah berasal dari industri dan limbahnya. Cat dan bahan pelarut serta asap rokok adalah penyumbang utama dari toluena di dalam ruangan. Dalam sebuah penelitian diketahui bahwa perokok aktif mempunyai kadar asam hipurat empat kali lebih tinggi dibandingkan dengan yang perokok pasif (IPCS, 2000).

Kegunaan toluena selain sebagai proses antara dalam industri kimia, umumnya toluena digunakan juga sebagai bahan baku dalam sintesa organik untuk produk kimia lainnya seperti benzaldehid, fenol, xylene, asam benzoate dan resin dalam konsentrasi yang berbeda. Toluena juga digunakan dalam sintesa bahan peledak (TNT), vinyl toluena dan cresol.

Selain itu, produk toluena digunakan sebagai pelarut pada pabrik cat, percetakan (tinta), pabrik ban, coating dan bahan perekat. Sebagian besar produk toluena digunakan untuk meningkatkan nilai oktan pada gasoline.

Persentase sumber toluena yang dilepaskan ke lingkungan berdasarkan aktifitas adalah sebagai berikut (IPCS, 1985).

- *Inadvertent sources* (65%) yaitu emisi kendaraan bermotor, pesawat terbang, kehilangan sejumlah toluena selama proses transportasi bahan bakar minyak dan asap rokok
- Proses produksi yang menggunakan toluena sebanyak 33%
- Dalam memproduksi toluena sebanyak 2%

2.2. Toksikokinetik Toluena

Toksikokinetik adalah pergerakan toluena di dalam tubuh manusia yang akan mengalami empat fase yaitu absorpsi, distribusi, metabolisme dan ekskresi (ATSDR,2000)

2.2.1. Absorpsi

Kecepatan absorpsi toluen tergantung terhadap konsentrasi dan daya larut dari toluen. Toluenn sendiri adalah zat yang larut dalam lemak sehingga penyerapan lebih cepat daripada zat toksis yang larut dalam air. Penyerapan meningkat pada tempat yang banyak pembuluh darah atau pada permukaan yang luas (seperti paru-paru dan saluran cerna) (La Dou J,2004).

Toluen dapat diabsorpsi melalui inhalasi, gastrointestinal dan kulit.

1. Absorpsi Melalui Inhalasi

Sesuai dengan sifat kimia toluen yang mudah menguap maka tenaga kerja yang menggunakan toluen absorpsi yang paling sering terjadi adalah melalui inhalasi. Toluenn yang terhirup melalui system pernafasan manusia akan diserap oleh tubuh manusia yang dipengaruhi oleh daya larut dan kecepatan sirkulasinya serta dipengaruhi juga oleh luasnya permukaan paru-paru dan kecepatan aliran darah dalam tubuh manusia. Toluenn yang larut dalam lemak akan diabsorpsi kemudian didistribusikan ke dalam jaringan tubuh manusia terutama sekali dalam jaringan tubuh yang banyak mengandung lemak (*high lipid content*) (La Dou J, 2004).

2. Absorpsi melalui gastrointestinal

Absorpsi toluen melalui saluran pencernaan tergantung dari luas permukaan gastrointestinal dan pembuluh darah. Absorpsi melalui system pencernaan ini lebih lambat dibandingkan dengan absorpsi melalui inhalasi.

Toluen yang terabsorpsi akan dimetabolisme secara cepat menjadi asam benzoate dan dikeluarkan sebagai asam hipurat dan orto kresol di dalam urin (ATSDR, 2000).

3. Absorpsi melalui kulit

Absorpsi melalui kulit berjalan sangat lambat yaitu antara 14 hingga 23 mg/cm²-jam (IRIS, 2005). Absorpsi toluen melalui kulit terjadi ketika adanya kontak antara toluen dengan kulit. Absorpsi toluen melalui kulit sangat kecil. Kalaupun

terjadi, membutuhkan pajanan toluen dengan konsentrasi yang tinggi sehingga diperoleh kadar yang cukup signifikan di dalam jaringan yang kaya akan lemak, seperti jaringan adipose dan system syaraf pusat. Absorpsi melalui kulit, dibuktikan dalam penelitian Monster dkk tahun 1993, sebanyak 6 pekerja mencuci tangannya dengan toluen. Setelah 24 jam , dilakukan pengukuran pada hembusan pernafasan mereka, ternyata mengandung toluen dengan konsentrasi sebesar $0,5 \text{ mg/m}^3$ sampai 10 mg/m^3 (ATSDR, 2000).

2.2.2. Distribusi Toluena dalam Tubuh Manusia

Toluena yang terabsorpsi melalui tiga jalur masuk ke dalam tubuh manusia, akan didistribusikan ke seluruh tubuh manusia melalui system peredaran darah. Distribusi toluena dalam tubuh manusia tergantung kelarutan toluena dalam cairan jaringan tubuh. Sesuai dengan kelarutannya di dalam lemak, distribusi toluena dapat menembus ke otak dan testis. Selain itu, toluena akan lebih banyak diakumulasi pada orang gemuk dibandingkan orang yang kurus dengan penumpukan di jaringan adiposa. Waktu paruh dalam jaringan adiposa subkutan antara 0,5 – 2,7 hari dan akan meningkat pada tubuh yang lebih gemuk (IPCS, 1985).

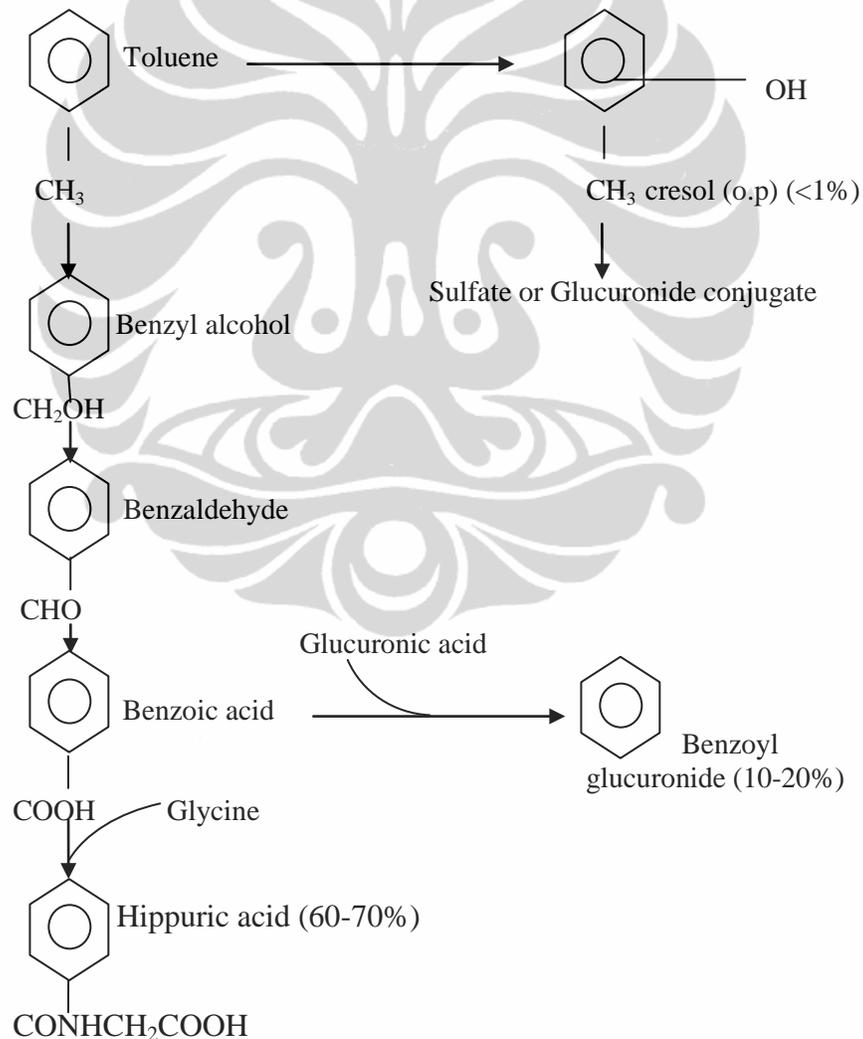
Menurut ATSDR 2000, toluena didistribusikan melalui plasma dan sel darah merah dimana pada sel darah merah, toluena berikatan dengan haemoglobin sehingga dapat meningkatkan toluena dalam darah untuk kemudian diangkut atau diedarkan ke seluruh area tubuh (termasuk otak) . Dalam otak manusia, toluena memiliki afinitas yang lebih besar di otak yang berisi kaya lipid putih seperti batang otak. Sedangkan batang otak mengendalikan banyak aspek yaitu jantung, pernafasan, dan fungsi vasomotor.

2.2.3. Metabolisme Toluena dalam Tubuh Manusia

Saat masuk ke dalam tubuh, 95% toluena mengalami metabolisme. Metabolit dari toluena diantaranya adalah asam hipurat sebanyak 60-70%. Toluena yang terserap dan didistribusi ke dalam tubuh manusia akan mengalami metabolisme. Jalur utama dari metabolisme toluena dalam manusia dan hewan mengalami oksidasi yang dibantu

Universitas Indonesia

oleh enzim cytochrome P-450, alkohol dehidrogenase dan aldehida dehidrogenase yang diubah menjadi asam benzoat . Asam benzoate setelah konjugasi dengan glisin, akan menghasilkan asam hippuric, yang merupakan metabolit utama dalam urin. Sedangkan yang termasuk minor metabolit adalah ortho dan para-kresol. Minor metabolit yang spesifik untuk eksposur toluen adalah S-benzyl-N-asetil-L-sistein. Sekitar 70-80% dari dosis terserap pada manusia diubah menjadi asam benzoat, sedangkan 7-20% dikeluarkan lagi melalui pernafasan di udara . Rata-rata waktu paruh eliminasi dalam pernafasan adalah 25 menit . (IPCS, 2000). Gambaran metabolisme toluen sebagai berikut :



Gambar 2.1. Metabolisme Toluene dalam Tubuh Manusia

Gambar : Metabolisme Toluena dalam Tubuh Manusia dan Binatang. (sumber : EPA,1985 dalam ACGI,1995)

2.2.2.4. Ekskresi

Toluena yang terserap dan mengalami metabolisme dalam tubuh manusia, akan diekskresikan dalam urin sebagai metabolit yang paling dominan yaitu asam hipurat (*hippuric acid*). Paparan toluena dengan konsentrasi antara 200 – 550 mg/m³ selama 3 – 4 jam, sebanyak 60 – 70% toluena akan diserap dan dikeluarkan dari dalam tubuh melalui urin yang mengandung asam hipurat (IPCS, 1985).

Menurut ATSDR 2000, dijelaskan bahwa biomarker akibat paparan toluena dianggap cukup sensitive. Meskipun tingkat metabolit ini dapat dipengaruhi oleh variabilitas individual antara lain perbedaan-perbedaan etnis atau faktor-faktor lain seperti konsumsi alkohol dan merokok namun sejumlah penulis telah menunjukkan korelasi antara tingkat metabolit ini dalam urin dan paparan toluena.

Dalam penelitian Rahmah F,(2009), tentang Studi Deteksi Asam Hipurat dalam Urin Akibat Paparan Toluena pada Perokok diketahui kadar asam hipurat pada perokok lebih tinggi dibanding yang tidak merokok yaitu kadar asam hipurat pada perokok rata-rata sebesar $0,23359 \pm 0,03074$ g/g kreatinin. Sedangkan rata-rata kadar asam hipurat pada control sebesar $0,05242 \pm 0,01517$. Diperoleh perbedaan rata-rata yang bermakna antara asam hipurat urin pada perokok dan bukan perokok.

Sedangkan pada penelitian Budiyono H ,(2000), dijelaskan bahwa koefisien relasi antara kadar uap toluena di udara lingkungan kerja dengan kadar asam hipurat pada urin di industri tinta cetak sebesar +0.97 dan pada industri cat sebesar +0.91, yang berarti bahwa ada korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi toluena di udara dengan metabolit asam hipurat dalam urin.

Selain itu, ditemukan pula peningkatan kadar asam hipurat dalam urin karena paparan toluena pada pekerja di percetakan setelah 8 jam kerja yaitu rata-rata sebesar $0,38 \text{ gr/L} \pm 0,16 \text{ gr/L}$ (Sophianita, 2003).

2.3. Biomarker Toluena

Biomarker merupakan senyawa spesifik yang digunakan sebagai penanda terjadinya paparan bahan-bahan toksik baik pada tingkat individu maupun pada populasi masyarakat. Senyawa spesifik tersebut mampu menggambarkan jenis paparan bahan kimia, status paparan, mekanisme aksi suatu paparan dan perubahan biokimia (biomolekuler) atau fisiologis atau perubahan lainnya yang dapat diukur atau ditentukan serta memprediksi risiko penyakit yang muncul. Biomarker toluena antara lain adalah o-, m-, p-kresol dalam urin, asam hipurat dalam urin, asam benzilmerkapturat dalam urin, serta toluena dalam darah (ACGIH, 2007).

Biomarker o-kresol dalam urin jarang digunakan untuk pengukuran adanya paparan toluena, meskipun sangat sensitif karena seseorang yang tidak terpapar dengan toluena maka tidak mempunyai kadar o-kresol dalam urinya (ACGIH, 2007). Hal ini disebabkan karena analisis o-kresol memerlukan metode yang sangat sensitif sebab o-kresol hanya 1% terkandung dalam total ekskresi toluena. Sedangkan asam benzilmerkapturat merupakan hasil metabolit paling sedikit dibandingkan dengan o-kresol dan asam hipurat. Namun demikian, banyak penelitian yang merekomendasikan pengukuran asam benzilmerkapturat sebagai biomarker paparan toluena, karena tidak ditemukan pada orang yang tidak terpapar toluena, lebih sensitif pada konsentrasi rendah, tidak dipengaruhi oleh makanan dan minuman, dapat mendeteksi keberadaan toluena hingga 15ppm dan menunjukkan kuantisasi hubungan yang lebih baik terhadap toluena daripada asam hipurat atau o-kresol (IPCS, 2000).

Kelebihan pengukuran asam hipurat sebagai biomarker adalah karena telah memiliki metode yang dapat digunakan dengan baik dan cukup menggambarkan berapa banyak paparan toluena dengan meminimalisir faktor lain yang juga menghasilkan metabolit yang sama (asam hipurat) seperti makanan yang mengandung benzoate dan polusi udara. Menurut ACGIH, 2007 untuk pengukuran biomarker paparan toluena yang direkomendasikan adalah asam hipurat dan o-kresol.

2.4. Dampak Toluena Terhadap Kesehatan

Dampak toluena terhadap kesehatan manusia terbagi menjadi dua yaitu bersifat akut dan kronis.

2.3.1. Efek Akut

1. Efek terhadap penghirupan

Menurut IPCS tahun 1985, sebanyak 40% - 60% paparan toluena diserap oleh manusia melalui pernafasan. Gejala – gejala yang ditimbulkan akibat menghirup toluena sesuai dengan konsentrasi pajanan. Pada paparan mendekati 50 ppm akan timbul gejala perasaan mengantuk dan sakit kepala. Pada konsentrasi 50 – 100 ppm akan terjadi iritasi pada hidung, tenggorokan dan saluran pernafasan. Pada paparan dengan konsentrasi sekitar 100 ppm dapat menyebabkan fatigue dan pusing, paparan toluena lebih dari 200 ppm dapat menyebabkan gejala-gejala mabuk (pusing berat), mati rasa dan mual. Dan paparan toluena lebih dari 500 ppm dapat menyebabkan kelainan mental serta adanya gangguan koordinasi .

Sedangkan paparan jangka pendek toluena dengan konsentrasi tinggi (misalnya, 600 ppm) dapat menghasilkan kelelahan, pusing, sakit kepala, kehilangan koordinasi, mual, dan pingsan sedangkan paparan 10.000 ppm dapat menyebabkan kematian akibat kegagalan pernafasan (ATSDR, 2001).

2. Efek pada mata

Uap toluena pada konsentrasi lebih dari 750 mg/m³ dengan waktu paparan yang singkat akan mengakibatkan iritasi ringan pada mata (IPCS, 1985) . Gejala yang terutama ditemukan pada mata adalah iritasi konjungtiva dan gangguan penglihatan warna biru-kuning. Gangguan penglihatan warna sudah terjadi pada pajanan kurang dari 8 jam (akut) dengan dosis aman menurut OSHA seperti yang dilaporkan oleh Baelum (1985) yang dikutip oleh Nusanti S (2007)

Pada penelitian Christianti AP tahun 2007 tentang Hubungan Pajanan Uap Pelarut Organik dengan Timbulnya Konjungtivitis/keluhan Iritasi Mata (Penelitian Pada Pekerja Laki-laki Sektor Informal di Industri Alas Kaki, Kecamatan Ciomas,

Universitas Indonesia

Bogor) dapat diketahui bahwa kelompok responden yang terpajan toluen tinggi mempunyai risiko 4,6 kali lebih besar untuk terjadinya keluhan iritasi mata dibandingkan kelompok dengan pajanan rendah (OR=4,6; p=0,004; CI=1,65-12,84)

3. Efek pada kulit

Paparan toluen melalui kulit akan diabsorpsi secara perlahan dengan gejala awal yang timbul adalah iritasi ringan. Tetapi bila terjadi kontak secara terus menerus dalam waktu yang lama maka iritasi akan semakin bertambah yang dapat menyebabkan dermatitis pada kulit (IPCS, 1985). Penelitian ILO-IPEC, 2004 menjelaskan bahwa terdapat lima gangguan kesehatan yang sering dialami para pekerja di industri sepatu Tasikmalaya dan Ciomas salah satunya adalah iritasi kulit yaitu sebesar 9% .

4. Efek tertelan

Toluen yang tertelan dapat diabsorpsi secara cepat yang akan mengakibatkan depresi system syaraf pusat (SSP). Gejala-gejala yang ditimbulkan adanya depresi pada SSP adalah antara lain iritasi pada membrane mukosa mulut, tenggorokan, esophagus dan lambung. Selain itu toluen yang tertelan dapat menyebabkan aspirasi yaitu masuknya benda asing ke dalam paru-paru saat muntah karena menelan toluen yang akan mengakibatkan iritasi pada paru-paru yang cukup parah, dapat terjadi kerusakan jaringan paru-paru dan bahkan akan timbul kematian (IPCS, 1985).

Adapun secara keseluruhan tingkat efek akut dari hubungan antara dosis toluen dan respon terhadap manusia dapat dilihat pada tabel 2.1. berikut ini

Tabel 2.1.

Tabel Hubungan Dosis – Respon Akut Paparan Toluena

Dosis	Respon
9.4 mg/m ³ (2,5 ppm)	Ambang bau menyengat
138.8 mg/m ³ (37 ppm)	Dapat diterima oleh manusia
188-375 mg/m ³ (50-100 ppm)	Keluhan-keluhan subyektif (fatigue, perasaan mengantuk dan sakit kepala)
750 mg/m ³ (200 ppm)	Iritasi mata dan saluran pernafasan, kerusakan pada kognitif, sakit kepala, pusing, perasaan mabuk, fatigue, bingung, insomnia
1125 mg/m ³ (300 ppm)	Kerusakan koordinasi bila waktu paparan sampai 8 jam
1500 mg/m ³ (400 ppm)	Iritasi mata, alunan pernafasan dan kelenjar air mata, kulit paraesthesia, tanda-tanda tidak adanya koordinasi dan kelainan mental bila paran lebih dari 8 jam
1875-2250 mg/m ³ (500-600 ppm)	Anorexia, jalan sempoyongan, mual, cemas, berkurang ingatan, berkurangnya waktu untuk bereaksi
3000 mg/m ³ (800 ppm)	Sangat mual (setelah 3 jam paparan), bingung, control diri rendah, sangat cemas, fatigue otot, hilang ingatan (insomnia) untuk beberapa hari.
5625 mg/m ³ (1500 ppm)	Tidak terkoordinasi, kelelahan yang sangat
15000 mg/m ³ (4000 ppm)	Dapat menyebabkan kerusakan respon, narcosis dan kematian
37500-112500 mg/m ³ (10000-30000 ppm)	Narkosis, kematian

Sumber : IPCS, *Environmental Health Criteria 52 Toluena*, WHO, Geneva 1985

2.3.2. Efek Kronis

1. Efek pada kulit

Pajanan toluena melalui kontak dengan kulit dalam jangka waktu yang lama akan mengurangi lemak alami dari kulit sehingga akan menyebabkan kulit menjadi kering, kulit mengalami pecah-pecah (*fissures*) dan terjadi dermatitis kontak atau kerusakan korneum kulit (Greenberg M, 1997 yang dikutip Shopianti 2003).

2. Efek pada System Syaraf Pusat (SSP)

Efek kronis pada system syaraf pusat manusia secara umum hampir sama dengan intoksikasi akut yaitu dapat berupa depresi atau aksitasi, ensefalopati dengan manifestasi klinis seperti euphoria yang didahului disorientasi, gangguan psikomotor, deficit memori jangka pendek, gemetar, halusinasi, ataksia dan koma. Paparan toluen dalam jangka waktu yang lama dan rutin pada konsentrasi 3750 mg/m³ (didapatkan deficit neurologi yang permanen). Gangguan neurologis yang diperlihatkan berupa *encephalopathy*, *optic atrophy*, *cerebellar ataxia* yang banyak ditemukan pada orang tua dan anak-anak (IPCS, 1985).

Dalam CCOHS 2008 disebutkan bahwa penelitian terhadap pekerja bagian pengecatan, percetakan dan pelapis karet yang terpajan toluen dalam jangka panjang menunjukkan gejala-gejala kerusakan system syaraf pusat (SSP). Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan adanya perubahan-perubahan seperti kehilangan memori, gangguan tidur, hilangnya kemampuan berkonsentrasi atau tidak terkoordinasi.

3. Efek pada ginjal

Menurut IPCS 2000, distal renal tubular asidosis adalah umum ditemukan pada pekerja yang terpapar toluen dan bahkan telah ditemukan pada bayi lahir dari ibu yang mengalami paparan toluen. Gejala yang dialami antara lain kelemahan otot, mual dan muntah-muntah dan diyakini sebagai hasil dari ketidakseimbangan elektrolit yang dipercepat oleh adanya asidosis pada ginjal. Baru-baru ini, penyalahgunaan toluen pada seorang wanita setelah diamati, mengakibatkan kelemahan otot ekstremitas bawah dan komplikasi cedera tubulus ginjal dengan metabolic asidosis. Kerusakan itu dinilai telah terjadi baik di proksimal dan di daerah distal.

Menurut penelitian, pada pekerja percetakan yang mengalami paparan toluen dengan konsentrasi rata-rata 85 ppm menunjukkan perubahan interval R-R. Keracunan ginjal akibat toluen ditandai dengan perubahan awal dari *renal*

dysfunction. Konsentrasi asam hipurat dalam urin dari sub kelompok pekerja percetakan dimonitor selama beberapa tahun ternyata mempunyai korelasi positif dengan adanya peningkatan umur dan hal ini berhubungan dengan penurunan *creatinin clearance* (IPCS, 1985).

4. Efek pada pendengaran dan penglihatan

Efek kronis akibat pajanan toluen pada penglihatan antara lain berkurangnya kemampuan untuk membedakan warna. Gangguan penglihatan warna tersebut diduga bersifat reversibel dan tergantung dosis. Megler dkk (1996) dikutip dari Nusanti S (2007), melaporkan adanya perbaikan colour confusion index (CCI) yang signifikan saat pajanan dikurangi dan menghilang setelah pajanan dihentikan dalam periode 1 bulan sampai 2 tahun tergantung pada dosis pajanan. Patogenesis gangguan penglihatan warna akibat pajanan toluen sampai saat ini belum diketahui.

Pada penelitian Salomo B (2007), dapat diketahui bahwa kelompok subyek penelitian dengan masa kerja diatas 72 bulan mempunyai risiko lebih tinggi dari 1,5 kali untuk terjadinya diskromatopsia dibandingkan dengan kelompok dengan masa kerja dibawah atau sama dengan 72 bulan (OR=1,53; p=0,04; CI=1,02-2,29).

Sedangkan efek kronis dari pajanan toluen terhadap pendengaran adalah adanya gangguan pendengaran sensorineural (SNHL). Menurut penelitian Suraningsih I, 2008, intensitas bising tempat kerja dibawah 85 dB, tidak mempunyai hubungan bermakna dengan terjadinya SNHL. Pada analisis bivariat terdapat empat faktor yang dapat dilakukan analisis multivariat yaitu: Umur, kadar toluen, mobilitas dan kegiatan lain. Dari faktor-faktor tersebut, faktor yang dominan mempunyai hubungan dengan kejadian SNHL adalah kadar toluen (OR=5.87 dan CI=1.739-19.834) hal ini menunjukkan bahwa responden yang terpajan toluen dengan kadar lebih besar dari 0.22 ppm (walaupun di bawah NAB) mempunyai risiko menderita SNHL hampir enam kali lebih besar dibandingkan responden dengan pajanan toluen dibawah 0.22 ppm.

Pada penelitian Chang SJ, dkk, tahun 2006 di Taiwan diketahui bahwa terjadi gangguan pendengaran pada kelompok yang terpapar toluen. Pada kelompok yang

Universitas Indonesia

terpapar toluen diperkirakan memiliki resiko untuk gangguan pendengaran ≥ 25 dB, 10,9 kali lebih tinggi daripada kelompok kontrol.

2.5. Pengukuran Toluena dengan Gas Chromatografi

Pengukuran konsentrasi toluen di udara menggunakan metode Gas Chromatografi atau bisa disingkat dengan GC. Menurut Wikipedia, kromatografi gas-cair (GLC), atau hanya kromatografi gas (GC), adalah jenis yang umum digunakan dalam analisis kromatografi kimia untuk memisahkan dan menganalisis senyawa yang dapat menguap tanpa dekomposisi. Khas penggunaan GC termasuk pengujian kemurnian zat tertentu, atau memisahkan komponen yang berbeda dari campuran (jumlah relatif komponen tersebut juga dapat ditentukan). Dalam beberapa situasi, GC dapat membantu dalam mengidentifikasi suatu senyawa. Dalam persiapan kromatografi, GC dapat digunakan untuk mempersiapkan senyawa murni dari campuran.

Dalam kromatografi gas, fase bergerak (atau "mobile phase") adalah pembawa gas, biasanya gas inert seperti helium atau gas yang tidak reaktif seperti nitrogen. Fase stasioner mikroskopis cairan atau lapisan polimer pada dukungan solid inert, dalam sepotong tabung kaca atau logam yang disebut kolom (sebuah penghormatan pada kolom fractionating digunakan dalam penyulingan). Alat yang digunakan untuk melakukan kromatografi gas disebut gas kromatograf (atau "aerograph", "gas pemisah").

Senyawa gas yang dianalisis berinteraksi dengan dinding kolom, yang dilapisi dengan berbagai fase stasioner. Hal ini menyebabkan setiap senyawa elute pada waktu yang berbeda, dikenal sebagai waktu retensi dari senyawa. Perbandingan retensi adalah apa yang memberikan kegunaan GC yang analitis.

Kromatografi gas pada prinsipnya mirip dengan kromatografi kolom (dan juga bentuk kromatografi yang lain, seperti HPLC, TLC), namun memiliki beberapa perbedaan. Pertama, proses memisahkan senyawa dalam campuran dilakukan antara fase diam cair dan gas fase bergerak, sedangkan pada kromatografi kolom fase stasioner yang solid dan bergerak fase cair. (Demikian nama lengkap dari prosedur adalah

Universitas Indonesia

"kromatografi gas cair", mengacu pada mobile dan fase stasioner masing-masing.) Kedua, kolom yang melaluinya melewati fase gas terletak di oven dimana temperatur gas dapat dikendalikan, sedangkan kromatografi kolom (biasanya) tidak memiliki kontrol suhu tersebut. Ketiga, konsentrasi senyawa dalam fase gas adalah semata-mata fungsi dari tekanan uap gas.

Kromatografi gas juga sama dengan distilasi fraksional, karena kedua proses memisahkan komponen dari suatu campuran terutama didasarkan pada titik didih (atau tekanan uap) perbedaan. Namun, penyulingan fraksional biasanya digunakan untuk memisahkan komponen dari campuran dalam skala besar, sedangkan GC dapat digunakan pada skala yang lebih kecil (yaitu mikro).

Kromatografi gas juga kadang-kadang dikenal sebagai fase uap-kromatografi (VPC), atau gas-cair kromatografi partisi (GLPC). Nama alternatif ini, serta singkatan masing-masing, sering ditemukan dalam literatur ilmiah.

2.5. Analisa Risiko Kesehatan Lingkungan

Risiko kesehatan adalah dampak negative yang hanya bisa dikelola tetapi tidak dapat dihilangkan. Risiko adalah kebolehjadian dampak yang merugikan kesehatan pada suatu organisme, sistem, atau (sub) populasi yang disebabkan oleh pajanan suatu agen dalam jumlah dan dengan jalur pajanan tertentu. Analisis risiko kesehatan (*health risk assessment*) adalah suatu proses memperkiraan masalah kesehatan yang mungkin timbul dan besarnya akibat yang ditimbulkan pada suatu waktu tertentu. Analisis risiko kesehatan (*health risk assessment*) merupakan satu bagian dalam kerangka risk analysis yang meliputi 3 bagian berkesinambungan yaitu analisis risiko (*risk assessment*), manajemen risiko (*risk management*) dan komunikasi risiko (*risk communication*) (IPCS, 2004).

Analisis risiko merupakan suatu alat untuk mengelola risiko, yaitu peluang atau probabilitas terjadinya efek merugikan pada suatu organism, system atau sub populasi yang disebabkan oleh pemajanan suatu agen dan kondisi lingkungannya (IPCS, 2004) sedangkan bahaya (*hazard*) adalah sifat melekat pada suatu *risk agent* atau situasi yang berpotensi menimbulkan efek merugikan pada organism sistem atau sub sistem yang terpajan agen yang bersangkutan.

Tujuan analisis risiko adalah untuk menilai dan memperkirakan risiko kesehatan manusia yang disebabkan oleh pajanan bahaya lingkungan. Analisis dapat dilakukan pada pemajanan lingkungan yang telah terjadi dengan efek merugikan yang sudah atau belum terjadi. Dengan efek merugikan yang sudah atau belum terjadi.

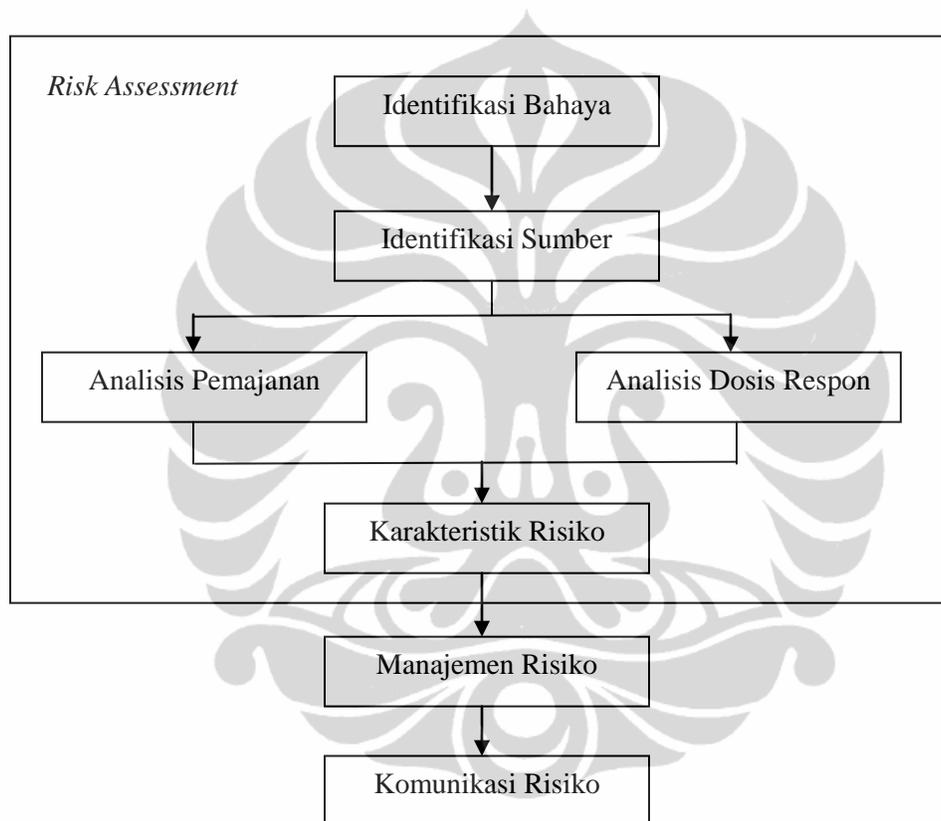
Hasil dari analisis risiko ini sangat bermanfaat terutama bagi para pengambil keputusan untuk melakukan manajemen pengendalian risiko kesehatan yang ada atau mungkin timbul di kemudian hari serta berguna untuk dasar melakukan komunikasi risiko kepada seluruh sector yang terkait.

2.5.1. Langkah-Langkah Analisis Risiko Kesehatan

Langkah-langkah analisis, evaluasi dan pengelolaan risiko digambarkan sebagai berikut (BPOM RI, 2001a) :



Langkah-langkah dalam analisis risiko kesehatan menurut Louvar and Louvar (1998) meliputi 3 (tiga) bagian yaitu pertama Analisis risiko, kedua manajemen risiko dan ketiga adalah komunikasi risiko. Sedangkan analisis risiko (*risk assessment*) terdiri dari identifikasi bahaya, identifikasi sumber, analisis paparan, analisis dosis respon dan karakteristik risiko. Langkah-langkah analisis risiko dapat dilihat pada gambar 2.3. berikut ini.



Gambar 2.3. Langkah-Langkah dalam Analisis Risiko Kesehatan

1. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya adalah upaya untuk mengenali struktur dan komposisi yang melekat dalam *risk agent* serta efek yang merugikan kesehatan (Louvar, 1998) Bahaya diidentifikasi sebagai zat – zat toksik yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan. Dilakukan identifikasi bahan kimia yang dipastikan berperan terjadinya risiko kesehatan oleh karena toksisitasnya. Efek kesehatan yang ditimbulkan dapat berupa efek akut seperti sakit kepala, mual, iritasi mata, kulit, hidung dan tenggorokan atau efek yang bersifat kronis seperti kanker.

Respon tubuh terhadap bahan-bahan kimia beracun tergantung pada lama / panjang dan jumlah pajanannya. Pajanan jangka pendek dengan konsentrasi bahan kimia yang rendah boleh jadi tidak menimbulkan efek nyata tetapi bila jangka waktu pajanannya lama maka bahan kimia tersebut dapat menimbulkan bahaya.

Langkah penting dalam identifikasi bahaya adalah memilih studi penelitian yang menyediakan informasi tentang zat pemaparan yang memberikan dampak risiko pada manusia secara tepat dengan didasari faktor-faktor antara lain pengkajian ulang oleh ilmuwan berkualitas, sudah dibuktikan dengan studi lain dan sudah diujicobakan pada manusia maupun hewan percobaan.

2. Analisis Pajanan (*Exposure Assessment*)

Analisis pajanan dilakukan untuk mengidentifikasi tentang dosis atau jumlah yang diterima seseorang. Jalur *intake* (asupan) agen risiko harus diketahui dahulu melalui analisis pajanan ini antara lain jalur masuk melalui *ingesti* (saluran pencernaan), melalui jalur inhalasi atau pernapasan maupun melalui air. Selain itu juga dibutuhkan data mengenai waktu, frekuensi, lama pemaparan, karakteristik manusia sasaran (antropometri) dan pola aktifitas sasaran.

Intake (asupan) adalah jumlah asupan yang diterima individu per berat badan per hari. Perhitungan mengenai *intake* (asupan) digunakan persamaan (Louvar and Louvar, 1998) sebagai berikut :

$$I = \frac{C \times R \times te \times fe \times Dt}{Wb \times t_{avg}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- I = asupan (*intake*), jumlah *risk agent* (toluen) yang masuk ke dalam tubuh manusia per berat badan per hari (m³/kg/hari)
- C = konsentrasi *risk agent* ,udara (mg/m³), makanan (mg/kg) dan minuman (mg/L)
- R = laju (*rate*) asupan, makanan (kg/hari), udara (m³/hari), minuman (L/hari)
- te = waktu pajanan harian (jam/hari)
- f_e = frekuensi pajanan (hari/tahun)
- D_t = durasi pajanan (tahun), realtime atau proyeksi 30 tahun
- W_b = berat badan manusia / responden (kg)
- t_{avg} = periode waktu rata-rata untuk efek non karsinogenik 30 tahun x 365 hari/tahun atau 70 tahunx365 hari/tahun untuk efek karsinogenik

Dalam analisis risiko kesehatan manusia (*risk health risk assessment*), berbagai jalur pajanan sering diintegrasikan untuk menetapkan Asupan Harian Total (*Total Daily Intake*) yang dinyatakan sebagai (mg/kgBB/hari). Hal-hal yang penting untuk diperhatikan dalam melakukan penilaian terhadap analisis pajanan terdapat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.1
Aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam analisis pajanan
(WHO,2000)

No.	Aspek-aspek	Keterangan
1	Agent	Biologis, kimia, fisika agent tunggal, berganda dan campuran
2	Sumber	Antropogenik/non antropogenik, area/titik, bergerak/diam, indoor/outdoor
3	Media pembawa (carrier medium)	Air, udara, tanah, debu, makanan, produk
4	Jalur pajanan (exposure pathways)	Makan makanan yang terkontaminasi, menghirup udara yang terkontaminasi, menyentuh permukaan benda
5	Konsentrasi pajanan	mg/kg (makanan), mg/liter (air), $\mu\text{m}/\text{cm}^3$ (udara), $\mu\text{m}/\text{cm}^2$ (permukaan terkontaminasi), % berat
6	Rute Pajanan	Inhalasi, kontak kulit, ingesti, rute berganda
7	Durasi	Detik, menit, jam, hari, minggu, bulan, tahun, seumur hidup
8	Frekuensi	Kontinu, intermiten, bersiklus, acak
9	Latar Pajanan	Lingkungan kerja/bukan lingkungan kerja, pemukiman/bukan pemukiman, indoor/outdoor
10	Populasi Terpajan	Populasi umum, sub populasi, individu
11	Lingkup Geografis	Tempat/sumber spesifik, local, regional, nasional, internasional, global
12	Kerangka Waktu	Masa lalu, sekarang, masa depan, trend

Sumber : Human Exposure Assessment, Environmental Health Criteria 214 (WHO, 2000)

3. Analisis Dosis Respon

Tahap analisis risiko ini menyangkut identifikasi jenis efek merugikan yang berhubungan dengan pajanan zat toksik yang telah diidentifikasi juga menyangkut hubungan besar pajanan dengan efek yang merugikan.

Analisis efek adalah perkiraan hubungan antara dosis atau tingkat pajanan dari suatu bahan pada suatu organism, dengan insidensi dan tingkat efek yang diakibatkannya. Termasuk diskripsi hubungan kuantitatif antara derajat pajanan terhadap suatu bahan kimia dengan dengan derjata efek toksik. Pada analisis risiko kesehatan manusia (*Human Health Risk Assessment*), risiko yang dikaji hanya terpusat pada manusia, oleh karena itu ketidakpastian dalam analisis risiko kesehatan manusia hanya terbatas pada variasi jalur pajanan dan perbedaan sensitivitas setiap individu (BPOM RI, 2001a).

Tujuan analisis dosis respon adalah untuk menduga apakah *risk agent* yang terpilih berpotensi menimbulkan efek yang merugikan pada populasi yang berisiko. Tujuan lainnya adalah untuk membuat estimasi hubungan kuantitatif tingkat pajanan dengan peningkatan efek merugikan kesehatan. Analisis dosis respon merupakan satu kesatuan dengan analisis pajanan.

Efek kesehatan dibedakan atas kategorik karsinogenik dan non karsinogenik. Ukuran toksisitas untuk efek non karsinogenik disebut juga efek sistemik dinyatakan sebagai *Reference Concentration (RfC)* untuk jalur inhalasi dan *Reference Dose (RfD)* untuk jalur oral atau disebut juga dosis acuan. Menurut IRIS tahun 2003 RfC atau RfD merupakan estimasi dosis pajanan harian yang diperkirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan meskipun pajanan berlanjut hingga sepanjang hayat. Dengan kata lain RfC / RfD adalah jumlah zat kimia yang memajani manusia setiap hari dalam waktu lama (umumnya *lifetime*) yang tidak menimbulkan efek merugikan. RfD bukan dosis yang *acceptable* melainkan hanya referensi saja, jika dosis yang diterima manusia melebihi RfD maka probabilitas untuk mendapatkan risiko juga bertambah. Sedangkan ukuran toksisitas untuk efek karsinogenik dikenal sebagai *cancer potency slope* atau *Slope Factor (SF)*.

4. Karakteristik Risiko (*Risk Characterization*)

Karakteristik risiko adalah perkiraan suatu risiko yang merugikan yang dapat terjadi pada manusia akibat dari pajanan yang dinyatakan dengan *Risk Quotient (RQ)*. Perkiraan tersebut dapat dilakukan melalui estimasi risiko, yaitu kuantifikasi probabilitas terjadinya risiko berdasarkan identifikasi bahaya, analisis efek dan analisis pajanan. Untuk menganalisis risiko, pajanan pada manusia (*intake*) dibandingkan dengan dosis acuan (*Reference Dose*). Karakteristik risiko didapat dengan perhitungan perkiraan tingkat risiko dengan persamaan perhitungan RQ (Kolluru, 1996) adalah sebagai berikut :

$$\text{Risk Quotients (RQ)} = \frac{\text{Intake (m}^3\text{/kg-hari)}}{\text{RfC/ RfD (m}^3\text{/kg-hari)}} \dots\dots\dots (2)$$

Apabila $RQ < 1$ menunjukkan indikasi tidak adanya kemungkinan terjadinya risiko efek yang merugikan, tetapi segala kondisi tetap dipertahankan sehingga nilai RQ tidak melebihi satu. Sedangkan $RQ \geq 1$ menunjukkan indikasi adanya kemungkinan terjadinya risiko efek yang merugikan yang juga berarti semakin besar pajanan *risk agent* berakibat semakin besar menimbulkan risiko kesehatan sehingga perlu dilakukan pengendalian risiko terhadap efek pajanan tersebut.

6. Manajemen Risiko

Menurut Mansyur M tahun 2007 manajemen risiko kesehatan adalah proses yang bertahap dan berkesinambungan. Tujuan utama manajemen risiko kesehatan adalah menurunkan risiko pada tahap yang tidak bermakna sehingga tidak menimbulkan efek buruk terhadap kesehatan pekerja.¹ Tujuan tersebut hanya akan tercapai melalui kerja sama antara profesional kesehatan dan keselamatan kerja yang membantu manajemen dalam mengembangkan dan mengimplementasikan program kesehatan kerja, dengan pengusaha yang bertanggung jawab dalam menjamin kesehatan dan keselamatan perusahaan pada tingkat yang setinggi tingginya. Terkait dengan pemenuhan legislasi dan peraturan, pencegahan penyakit yang berhubungan dengan pekerjaan, serta peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja merupakan tanggung jawab dari pengusaha. Meskipun demikian keberhasilan kegiatan manajemen risiko kesehatan dengan efektifitas dan efisiensinya sangat tergantung pada kerjasama antara berbagai pihak yang

terlibat dalam program kesehatan dan keselamatan kerja, termasuk pekerja. Dalam hubungan ini, partisipasi pekerja merupakan hal mutlak yang tidak hanya terkait dengan peningkatan pengetahuan melalui pelatihan, tetapi menjamin implementasi program promosi kesehatan dan menjamin tercapainya keberhasilan program. Manajemen risiko kesehatan di tempat kerja mempunyai tujuan: meminimalkan kerugian akibat kecelakaan dan sakit, meningkatkan kesempatan/peluang untuk

meningkatkan produksi melalui suasana kerja yang aman, sehat dan nyaman, memotong mata rantai kejadian kerugian akibat kegagalan produksi yang disebabkan kecelakaan dan sakit, serta pencegahan kerugian akibat kecelakaan dan penyakit akibat kerja.

Komponen utama manajemen risiko kesehatan dalam kesehatan kerja adalah penilaian risiko (*risk assessment*), surveilans kesehatan (*health surveillance*), dan pencatatan (*records*). Di dalam komponen penilaian risiko (*risk assessment*), terdapat unsur tahapan yang meliputi Identifikasi bahaya (*hazard identification*), Penilaian dosis/intensitas efek (*dose-effect assessment*), dan karakterisasi risiko. Untuk dapat melakukan karakterisasi risiko perlu diketahui status kesehatan pekerja dan penilaian pajanan. Di dalam komponen surveilans kesehatan tercakup unsur surveilans medis dan pemantauan biologis.

a. Surveilans Medis

Surveilans medis terdiri atas tiga hal penting yaitu pemeriksaan kesehatan pra-kerja (*pre-employment* atau *preplacement medical examination*), sebelum subjek pemeriksaan bekerja atau ditempatkan, Pemeriksaan kesehatan berkala (*periodic medical examination*) yang terkait dengan pajanan bahaya kesehatan, dan pemeriksaan kesehatan khusus (*specific medical examination*) yang terkait dengan kembali bekerja (*returning to work*) setelah terdapat gangguan kesehatan yang bermakna dan penyakit yang berat. Tujuan pemeriksaan kesehatan pra-kerja adalah menetapkan kemampuan untuk melakukan pekerjaan sesuai dengan penempatan pekerja dan mengidentifikasi kondisi kesehatan yang mungkin diperburuk oleh pajanan bahaya kesehatan, kerentanan calon pekerja terhadap bahaya kesehatan tertentu yang memerlukan eksklusi pada individu dengan pajanan dan tertentu menetapkan data dasar (*baseline data*) evaluasi sebelum pekerja ditempatkan atau melaksanakan pekerjaannya. Yang digunakan sebagai pertimbangan jika adanya gangguan kesehatan yang berkaitan dengan pajanan bahaya kesehatan di tempat kerja.

b. Pemantauan Biologis

Pemantauan biologis (*biological monitoring*) adalah pemeriksaan yang dilakukan terhadap bagian tubuh sebagai media biologis (darah, urin, liur, jaringan lemak, rambut, dll) yang ditujukan untuk mengetahui tingkat pajanan atau efeknya pada pekerja. Dengan melakukan pemantauan biologis memungkinkan kita untuk dapat mengetahui dosis yang masuk ke dalam tubuh dari gabungan berbagai cara masuk. Disamping itu dengan pemantauan biologis dimungkinkan pemeriksaan pajanan untuk jangka lama dan adanya akumulasi di dalam tubuh. Pada kasus pajanan bahan kimia, pemeriksaan dapat berupa bahan aktif atau metabolitnya. Pemantauan biologis juga ditujukan untuk mengetahui pengaruh suatu pajanan bahaya kesehatan terhadap tubuh dan kerentanan tubuh terhadap pajanan bahaya kesehatan tertentu (Lauwerys RR dalam Mansyur M, 2007).

c. Pengendalian Pajanan Bahaya Kesehatan

Pengendalian pajanan ditujukan untuk mencegah terjadinya pajanan bahaya kesehatan, atau menurunkan tingkat pajanan sampai pada tingkat yang dapat diterima (*acceptable level*). Pengendalian dapat dilakukan dengan berbagai cara, tergantung keadaan pada saat tersebut. Hirarki yang disarankan dalam pengendalian secara umum adalah; pengendalian secara teknis, pengendalian secara administratif, dan yang terakhir adalah penggunaan alat pelindung diri (*personal protective quipment*). Pada kasus pajanan kimia maka hirarki yang disarankan adalah: substitusi bahan yang berbahaya dengan yang tidak atau kurang berbahaya, pengendalian teknik seperti penyempurnaan ventilasi, perbaikan prosedur kerja dengan tujuan menurunkan pajanan, dan penggunaan alat pelindung diri.

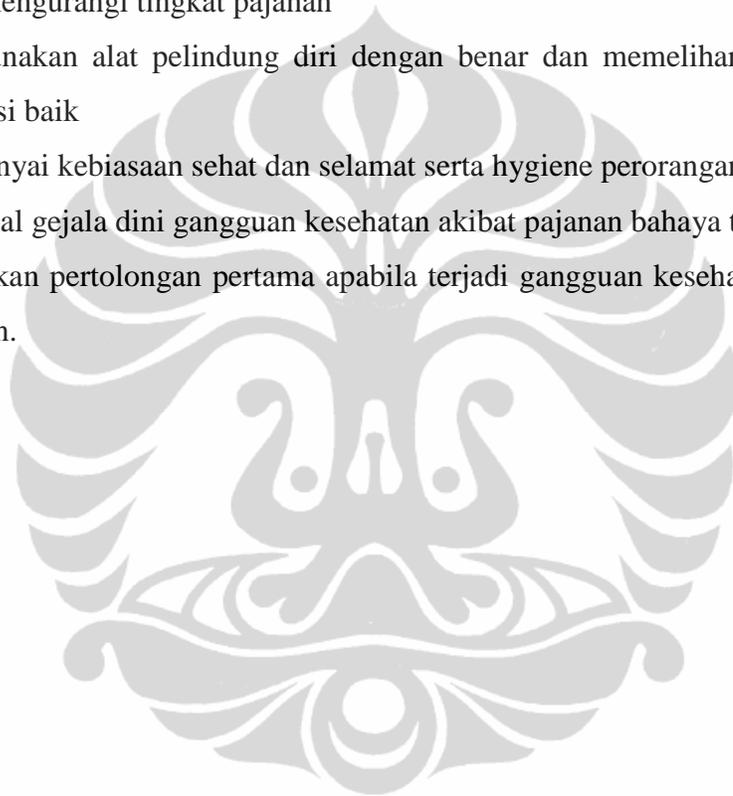
d. Pendidikan dan Pelatihan

Kegiatan komunikasi, informasi dan edukasi termasuk penyampaian instruksi dan pelatihan, perlu dilakukan secara berkesinambungan. Pendidikan dan latihan

merupakan komponen penting dalam perlindungan kesehatan pekerja. (Suyono,dkk 1993)

Tujuan utama pendidikan dan latihan ini adalah agar pekerja

1. Mengerti, paling tidak pada tingkat dasar, bahaya kesehatan yang terdapat di lingkungan kerjanya
2. Terbiasa dengan prosedur kerja dan melakukan pekerjaan sesuai prosedur untuk mengurangi tingkat pajanan
3. Menggunakan alat pelindung diri dengan benar dan memelihara agar tetap berfungsi baik
4. Mempunyai kebiasaan sehat dan selamat serta hygiene perorangan yang baik
5. Mengenal gejala dini gangguan kesehatan akibat pajanan bahaya tertentu
6. Melakukan pertolongan pertama apabila terjadi gangguan kesehatan sesegera mungkin.

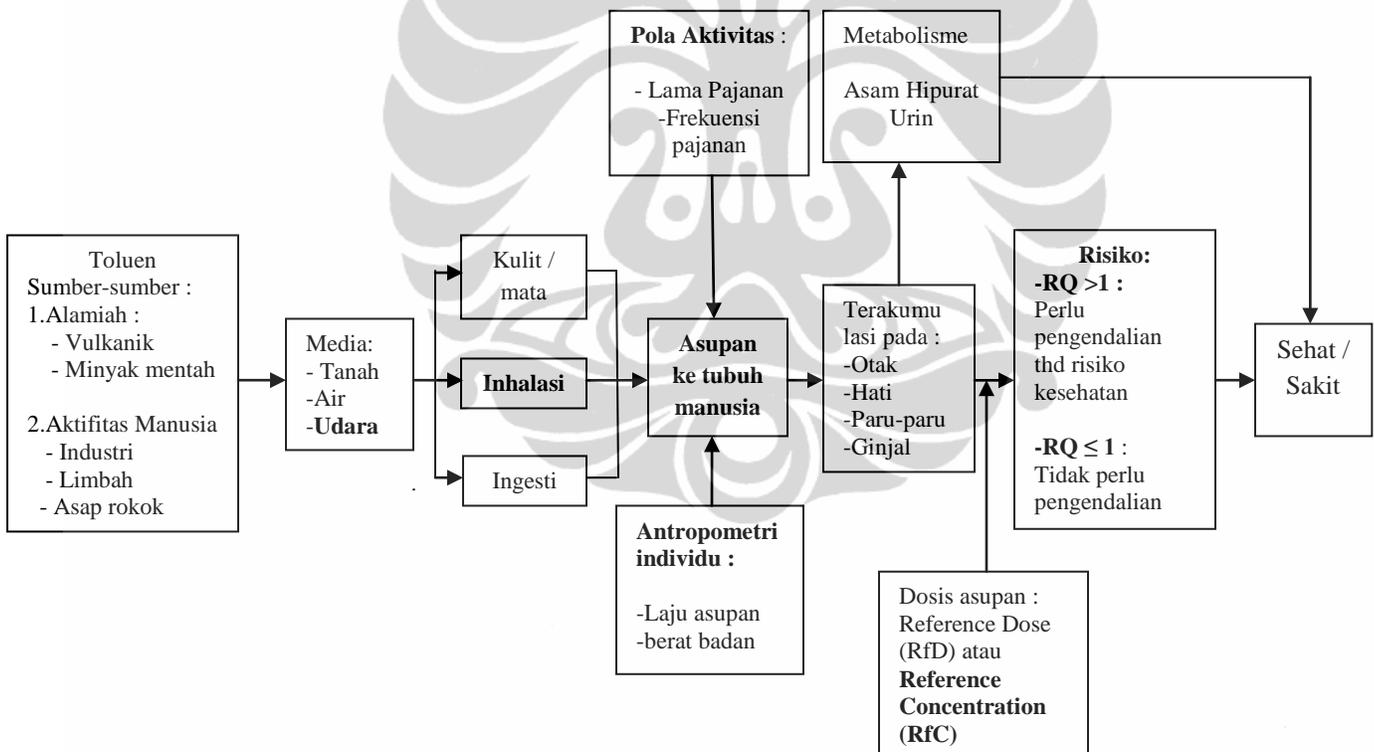


BAB 3

KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1. Kerangka Teori

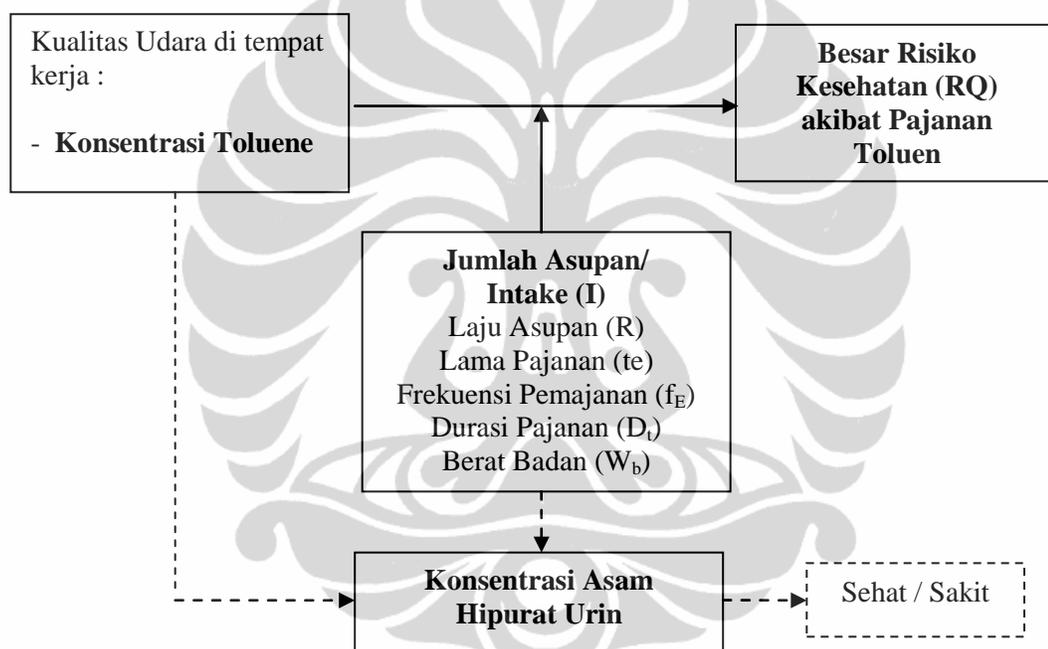
Berdasarkan tinjauan kepustakaan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya maka disusun suatu kerangka teori yang merupakan modifikasi hasil ringkasan dari IPCS 1985, ATSDR 2000 dan Louvar 1998 yang dianalisis mulai dari sumber, mekanisme absorpsi ke dalam tubuh manusia hingga efek terhadap kesehatan.



Gambar 3.1. Kerangka Teori

3.2. Kerangka Konsep

Berdasarkan kerangka teori yang disajikan, maka dibuat kerangka konsep yang akan diteliti adalah untuk mengetahui tingkat risiko kesehatan pekerja akibat paparan dari toluen dengan mengukur konsentrasi toluen udara di tempat kerja dan jumlah asupan. Pengukuran terhadap asam hipurat urin sebagai biomarker paparan toluen dilakukan tetapi dalam penelitian ini tidak dilakukan analisis terhadap faktor yang mempengaruhi konsentrasi asam hipurat urin, seperti yang tersaji pada gambar 3.2 di bawah ini



Gambar 3.2. Kerangka Konsep Analisis Risiko Paparan Toluene

Keterangan :

————— : diteliti

- - - - - : tidak diteliti

3.3. Definisi Operasional

Tabel 3.1. Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala
Konsentrasi Toluena	Besarnya konsentrasi <i>ambient</i> toluena di udara lingkungan kerja.	Metode NIOSH 1501 (lengkap pada metodologi penelitian)	Gas Chromatography (GC)	mg/m ³	Rasio
Besar Risiko (RQ)	Penilaian untuk memperkirakan kemungkinan atau potensi terjadinya gangguan kesehatan pada manusia yang berhubungan dengan toksisitas toluena di udara pada lingkungan kerja.	Perhitungan dengan pendekatan bilangan risiko atau <i>Risk Question</i> (RQ) berdasarkan besarnya asupan atau <i>Intake</i> (I) dan dosis acuan (RfC) Rumus : $RQ = \frac{I}{RfC}$ (Kolluru,1996)	- Komputer - Kalkulator	RQ \geq 1 : Risiko terjadinya toksisitas toluena semakin besar RQ<1 : Risiko terjadinya toksisitas toluena semakin kecil	Rasio
RfC (<i>Reference dose Concentration</i>)	Perkiraan dari paparan inhalasi, untuk jangka waktu tertentu, untuk populasi manusia (termasuk sub-kelompok rentan) yang mungkin tanpa resiko yang cukup efek merugikan kesehatan sepanjang hidup	Mengambil nilai yang telah ditetapkan oleh IRIS, 2005 yaitu sebesar 5 mg/m ³	-	mg/m ³	Rasio
Laju Asupan (R)	Volume udara (m ³) yang terhirup oleh responden per satuan waktu	Berdasarkan sumber kepustakaan dengan nilai default EPA 1991 untuk dewasa 20 m ³ /hari atau 0.83 m ³ /jam. (Kolluru,1996)	-	m ³ /jam	Rasio

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala
Lama Paparan (te)	Lamanya waktu (jam) responden bekerja dalam satu hari	Wawancara	Kuesioner	Jam/hari	Rasio
Frekuensi Pemajanan (f _e)	Kekerapan/keseringan pemajanan toluen yang diterima oleh responden dalam satu tahun	Wawancara	Kuesioner	Hari/tahun	Rasio
Durasi Paparan (D _t)	Lamanya waktu (tahun) responden terpapar toluene	Wawancara	Kuesioner	Tahun	Rasio
Berat Badan (W _b)	Berat badan responden saat dilakukan penelitian	Penimbangan	Timbangan Berat Badan	Kilogram	Rasio
Konsentrasi Asam Hipurat Urin	Kandungan asam hipurat dalam sediaan urin yang dikoreksi dengan kandungan kreatinin urin	Metode NIOSH 8301 (lengkapnya pada metodologi penelitian)	HPLC	gr/gr kreatinin	Rasio

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1. Rancangan Studi

Desain studi yang digunakan adalah *cross sectional* dengan pendekatan Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan yang digunakan untuk menghitung perkiraan tingkat risiko kesehatan dan meramalkan tingkat risiko kesehatan menurut proyeksi waktu pemaparan kedepan dalam penelitian ini sampai 30 tahun ke depan, akibat terpapar bahan-bahan yang berbahaya dalam hal ini adalah toluen.

4.2. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret sampai dengan Mei 2010 dengan lokasi penelitian pada bengkel sepatu 'X' di Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung . Sedangkan untuk analisis konsentrasi toluen udara di lingkungan kerja dilaksanakan di laboratorium Hiperkes Jakarta dan analisis kadar asam hipurat dalam urin dilaksanakan di laboratorium afiliasi Kimia UI.

4.3. Populasi dan Sampel

4.3.1. Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pekerja bengkel sepatu 'X' di kawasan Perkampungan Industri Kerajinan (PIK) Pulogadung Jakarta Timur. Sedangkan sebagai pembanding adalah pegawai kantor Badan Layanan Umum Daerah (BLUD) pengelola kawasan Perkampungan Industri Kerajinan (PIK) Pulogadung Jakarta Timur.

4.3.2. Sampel Subyek

Perhitungan jumlah sampel minimal dihitung berdasarkan rencana analisis uji hipotesis beda rata-rata pada dua kelompok (Lemeshow, 1997) dengan persamaan sebagai berikut :

$$n = \frac{2 \sigma^2 (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2} \dots\dots\dots(3)$$

n : jumlah sampel yang dibutuhkan

$Z_{1-\alpha/2}$: nilai baku distribusi normal pada derajat kepercayaan 95% (1.960)

$Z_{1-\beta/2}$: nilai baku distribusi normal pada tingkat kekuatan 90% (1.282)

μ_1 : nilai rata-rata standar deviasi pada kelompok 1

μ_2 : nilai rata-rata standar deviasi pada kelompok 2

σ^2 : varian gabungan dari 2 kelompok dengan rumus sebagai berikut :

$$Sp^2 = \frac{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan rumus sampel tersebut diatas maka sampel minimal dalam penelitian ini dihitung berdasarkan hasil penelitian Sophianita 2003 yang meneliti tentang biomarker toluen (asam hipurat urin) pada pekerja percetakan sebanyak 165 responden dengan jumlah responden pada kelompok 1 (terpajan) sebanyak 75 responden dan pada kelompok 2 (pembeding) sebesar 60 responden, diketahui bahwa standar deviasi konsentrasi asam hipurat urin pada kelompok 1 (terpajan) adalah 0.13gr/l dengan rata-rata sebesar 1.086gr/l. Sedangkan rata-rata konsentrasi asam hipurat urin pada kelompok 2 (pembeding) adalah sebesar 0.87 gr/l dengan standar deviasi sebesar 0.03gr/l.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka dapat dilakukan perhitungan jumlah sampel minimal sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Sp^2 &= \frac{(75 - 1) 0.13^2 + (60 - 1) 0.03^2}{(75 - 1) + (60 - 1)} \\ &= 0.009802 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{2 \times 0.009802 (1.96 + 1.282)^2}{(0.13 - 0.03)^2} \\
 &= 20.6
 \end{aligned}$$

Jadi jumlah sampel yang harus diambil setelah dilakukan pembulatan adalah sebesar 21 responden pada kelompok pekerja yang terpapar toluen dan 21 responden pada kelompok pembanding yang tidak terpapar toluen. Dengan demikian jumlah total sampel sebanyak 42 responden. Pengambilan sampel dilakukan secara random sampling.

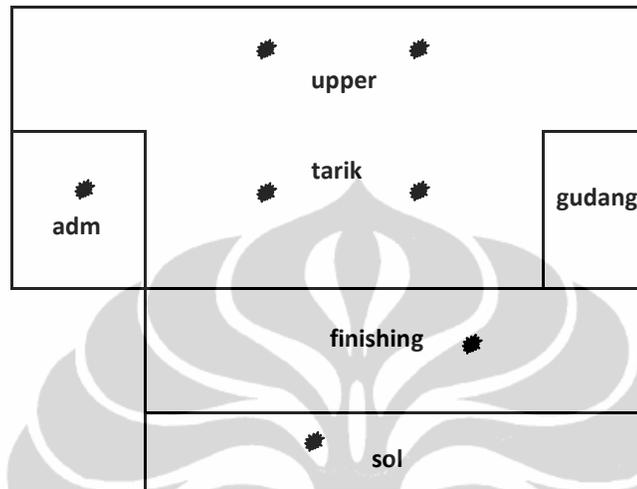
Sampel kelompok yang terpapar toluen adalah pekerja yang bekerja pada bengkel sepatu 'X' di Perkampungan Industri Kecil Pulogadung sedangkan sampel yang tidak terpapar toluen sebagai pembanding adalah pegawai BLUD Pengelola Kawasan Perkampungan Industri Kecil Pulogadung Jakarta Timur. Berdasarkan hasil wawancara dengan bagian administrasi bengkel sepatu X diketahui bahwa jumlah pekerja pada saat penelitian adalah sebesar 26 orang. Pada penelitian ini sampel pekerja bengkel sepatu X diambil semuanya (*total sampling*).

Semua sampel dilakukan pengukuran konsentrasi toluen udara di lingkungan kerja dan pengukuran metabolit paparan toluen di tempat kerja yaitu konsentrasi asam hipurat urin.

4.3.3. Sampel Udara di Lingkungan Kerja

Jumlah sampel udara di lingkungan kerja yang akan diukur kadar atau konsentrasi toluennya. Pada penelitian ini pengukuran konsentrasi toluen dilakukan satu kali pada siang hari yaitu sekitar pukul 14.00 WIB. Pertimbangannya adalah pada waktu tersebut, suhu udara diperkirakan cukup tinggi sehingga toluen dapat cepat menguap sehingga cepat terdeteksi oleh alat penyedot udara (pompa vakum). Selain itu diperkirakan pada waktu tersebut di bengkel sepatu X dalam puncak aktivitas.

Jumlah titik lokasi yang diambil dalam penelitian ini adalah sebanyak 7 titik di bengkel sepatu X dan 4 titik di kantor BLUD kawasan Perkampungan Industri Kecil (PIK). Denah titik pengukuran di bengkel sepatu sebagai berikut :



Gambar 4.1. Titik Pengukuran di Bengkel Sepatu

4.4. Metode Pengukuran

4.4.1. Cara Pengukuran Toluena di Udara Lingkungan Kerja

Pengukuran konsentrasi toluena udara di lingkungan kerja, dilakukan dengan menggunakan metode pengukuran NIOSH 1501 dengan bahan pipa pengabsorpsi karbon aktif (charcoal) yaitu dengan menggunakan tehnik Gas Chromatography (GC) dengan perincian sebagai berikut

- Tehnik : Gas Chromatography Flame Ionisation Detector (FID)
 Desorption : 1 ml CS₂ didiamkan selama 30 menit
 Volume injeksi : 5 µl
 Temperatur injeksi : 255°C
 Temperatur detector : 255 °C
 Temperatur kolom : 50 °C (3 menit) - 200 °C (15 °C/ menit)
 Gas pembawa : N₂ atau Helium dengan kecepatan alir 25 ml/menit
 Kolom : pipa kapiler, 30m x 2mm

Adapun langkah-langkah cara pengambilan sampel udara adalah sebagai berikut :

Universitas Indonesia

1. Udara disampling dengan menggunakan alat pompa vakum sederhana yang dihubungkan dengan tabung kaca yang berisi karbon aktif (*coconut shell charcoal*), yang diletakkan di titik-titik yang ditentukan dengan kecepatan (flowrate) 0.2 liter/menit selama 30 menit sesuai dengan ketentuan pada NIOSH method 1501.
2. Karbon aktif yang sudah mengandung toluen dibawa ke laboratorium untuk dianalisa.
3. Tabung berisi karbon aktif dipecahkan dan karbon aktif dilarutkan ke dalam larutan CS₂ yang akan mengekstraksi toluen yang terdapat dalam karbon aktif tersebut untuk kemudian disuntikkan ke dalam Gas Chromatography.
4. Gas Chromatography yang digunakan dilengkapi dengan *flame ionitation detector*.
5. Larutan injeksi akan didorong oleh gas pembawa (*carrier gas*) melalui pipa kapiler (kolom oven).
6. Toluene akan mencapai detektor pada waktunya dan pada detektor akan terlihat luar puncak dari toluene tersebut kemudian dibandingkan dengan standar sehingga diperoleh konsentrasi dari toluene.

4.4.2. Cara Pengukuran Sediaan Urin (Asam Hipurat Urin)

Pengukuran konsentrasi asam hipurat dilakukan di laboratorium kimia MIPA UI dengan menggunakan alat HPLC dengan menggunakan metode NIOSH 8301 dengan langkah sebagai berikut :

1. Sampel urin dikumpulkan dalam botol sampel penelitian minimal 10ml.
2. Masukkan 1 ml urin ke dalam tabung sentrifuge 15ml.
3. Tambahkan 80 μ L HCL konsentrat, campur dan tambahkan 0.3g sodium klorida (untuk menjenuhkan)
4. Tambahkan 4 ml etil asetat, kocok selama 2 menit
5. Lakukan sentrifuge dgn kecepatan 100xgravitasi slm 5 mnt. Pindahkan 200 μ L organic layer pada satu tabung kultur dan evaporasikan sampai kering dengan menggunakan ait yg dipanaslan dan 1 aliran nitrogen yg lembut.

6. Larutkan kembali residu tsb ke dalam 200 μ L air suling
7. Suntikkan 5 μ L larutan itu ke dalam HPLC
8. Tentukan ketinggian puncak bahan yg dianalisa

4.4.3. Cara Pengukuran Kreatinin

Hasil dari pengukuran asam hipurat urin, dibandingkan dengan hasil pengukuran kadar kreatinin urin. Pada prinsipnya, kreatinin dalam urine bereaksi dengan alkali pikrat membentuk kreatinin pikrat berwarna merah-coklat dan diukur pada panjang gelombang serapannya, dengan langkah pengujian sebagai berikut :

- Dibuat deret larutan standar kreatinin 100, 400, 800, 1000, 1200, 1600 ppm.
- Dipipet masing-masing 1 mL sampel urin dan larutan standar ke dalam labu 25 mL.
- Ditambahkan 1 mL Asam Pikrat dan 1 mL Larutan NaOH. Ditunggu 15 mL hingga terbentuk warna merah .
- Pengujian dilakukan dengan Spektrofotometer UV-vis pada panjang gelombang 510 nm.

4.5. Pengumpulan Data

Data – data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yaitu

1. Data laboratorium berupa hasil analisis konsentrasi toluene udara di lingkungan kerja, yang dilakukan di laboratorium Hiperkes Jakarta dan hasil analisis kadar asam hipurat dalam urin yang dilakukan di laboratorium afiliasi Kimia UI.
2. Data kuesioner yang diperoleh dari hasil wawancara dengan responden dalam hal ini pekerja di bengkel sepatu Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung Jakarta Timur yang digunakan untuk mengetahui data karakteristik responden, lama pajanan, frekuensi pajanan, durasi pajanan, dan lingkungan kerja.

3. Data dosis acuan yaitu *Reference dose Concentration* (RfC) yang diambil dari nilai default yang bersumber dari pustaka yang sudah ada yaitu IRIS (*Integrated Risk Information System*). Berdasarkan IRIS tahun 2005, dosis acuan toluene (RfC) yang diperkenankan adalah sebesar 5 mg/m³.

Data hasil laboratorium dan hasil wawancara tersebut digunakan untuk menghitung jumlah asupan atau *intake* konsentrasi toluen yang masuk ke dalam tubuh responden melalui saluran pernafasan atau inhalasi. Selanjutnya hasil perhitungan jumlah asupan dan RfC digunakan untuk menghitung perkiraan tingkat risiko kesehatan yang dialami oleh responden.

4.6. Analisis Data

4.6.1. Pengolahan Data

Dari semua data-data hasil penelitian dilakukan pengolahan dengan menggunakan komputer, dengan tahapan sebagai berikut :

1. Pemeriksaan Data

Data pada pengisian kuesioner diperiksa ulang apakah sudah terisi dengan benar sehingga tidak terjadi kesalahan dalam pengisian.

2. Pemasukkan Data

Data-data kuesioner yang sudah lengkap terisi, dimasukkan ke dalam program komputer untuk mempermudah serta menghindari adanya kesalahan perhitungan dalam melakukan analisis data.

3. Pembersihan Data

Data-data yang sudah dimasukkan ke dalam komputer dilakukan pengecekan atau pemeriksaan ulang untuk menghindari kemungkinan terjadinya kesalahan dalam pemasukkan data ke dalam program komputer termasuk aplikasi rumus yang akan digunakan.

4.6.2. Analisis Data

1. Analisis Univariat

Dari semua data –data hasil penelitian dilakukan analisis univariat yang bertujuan untuk melihat distribusi frekuensi dari variabel yang diteliti yaitu karakteristik responden, konsentrasi toluen dan asam hipurat urin, lama pajanan dan frekuensi pajanan. Data-data disajikan dalam bentuk tabel frekuensi. Dalam analisis ini digunakan nilai tengah (mean), median, nilai minimal maksimal, standar deviasi dan koefisiensi varian untuk data numerik dan ukuran prosentase atau proporsi untuk data kategorik.

2. Analisis Bivariat

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui adanya perbedaan rata-rata konsentrasi toluen udara dan asam hipurat urin pada pekerja bengkel sepatu X dan pembanding dengan menggunakan uji beda rata-rata (uji t). Selain itu juga untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi asam hipurat urin dengan status pajanan dan status meroko responden.

3. Analisis Tingkat Risiko (RQ)

Analisis risiko terdiri dari 4 langkah menurut Louvar & Louvar (1998) sebagai berikut :

1. Identifikasi Bahaya (*Hazard Potential Identification*)

Identifikasi bahaya dari toluen diperoleh dengan pengukuran besarnya konsentrasi toluen udara pada bengkel sepatu 'X' yang sebelum dilakukan penelitian di bengkel sepatu X tersebut, dilakukan uji petik terlebih dahulu untuk memastikan ada dan tidaknya kandungan toluen. Dari hasil uji petik, diperoleh kepastian bahwa lem yang digunakan pada bengkel sepatu X tersebut mengandung toluen yaitu sebesar 10.49 mg/m^3 dan 6.67 mg/m^3) Selain itu dilakukan juga kajian referensi terkait toluen, apakah bahan kimia

tersebut hanya bersifat non karsinogenik atau karsinogenik juga. Berdasarkan IRIS tahun 2005 dijelaskan bahwa toluen hanya bersifat non karsinogenik.

2. Analisis Paparan (*Exposure Assessment*)

Pengukuran besarnya paparan dilakukan untuk menganalisis besarnya paparan, yaitu dengan menghitung jumlah asupan (*intake*) toluen yang masuk ke dalam tubuh. Perhitungan jumlah asupan (*intake*) diperoleh dengan perhitungan berdasarkan laju asupan (m^3/jam), lama paparan (jam/hari), frekuensi paparan tahunan (hari/tahun), durasi paparan (*real time*) dalam tahun, berat badan (kg), periode waktu rata-rata (30 tahun x 365 hari/tahun untuk non karsinogen) (Kolluru.R.V, 1996).

Perhitungan asupan konsentrasi toluen yang berada di lingkungan kerja diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I = \frac{C \times R \times te \times fe \times Dt}{Wb \times t_{avg}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- I = asupan (*intake*), jumlah *risk agent* (toluen) yang masuk ke dalam tubuh manusia per berat badan per hari ($\text{m}^3/\text{kg}/\text{hari}$)
- C = konsentrasi *risk agent* (toluen udara di lingkungan kerja) (mg/m^3)
- R = laju (*rate*) asupan (untuk orang dewasa $0.83 \text{ m}^3/\text{jam}$)
- te = waktu paparan harian (jam/hari)
- fe = frekuensi paparan (hari/tahun)
- D_t = durasi paparan (tahun)
- W_b = berat badan manusia / responden (kg)
- t_{avg} = periode waktu rata-rata untuk efek non karsinogenik 30 tahun x 365 hari/tahun

Sebagai contoh perhitungan asupan (*intake*) toluen, jika diketahui :

$$\begin{aligned}
 C &= 5 \text{ mg/ m}^3 \\
 R &= 0.83 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 t_e &= 8 \text{ jam/hari} \\
 f_e &= 5 \text{ hari} \times 52 \text{ minggu} = 260 \text{ hari/tahun} \\
 D_t &= 20 \text{ tahun} \\
 W_b &= 60 \text{ kg} \\
 t_{\text{avg}} &= 30 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka perhitungan nilai asupan (intake)} &= \frac{5 \times 0.83 \times 8 \times 260 \times 20}{60 \times 30 \times 365} \\
 &= 0.26 \text{ mg/kg-hari}
 \end{aligned}$$

3. Analisis Dosis Respon (*Respon Dose Assessment*)

Dalam penelitian ini, tidak dilakukan analisis efek atau analisis dosis respon secara langsung, melainkan mengambil dari sumber kepustakaan berdasarkan *Integrated Risk Information System* (IRIS) tahun 2005. Dosis respon inhalasi untuk toluen atau *Refference of Concentratuon* (*RfC*) sebesar 5 mg/ m^3 .

Sebelum dilakukan perhituingan tingkat risiko (RQ), satuan *RfC* di konversikan terlebih dahulu menjadi satuan $\text{m}^3/\text{kg/hari}$. Caranya yaitu dengan mengkalikan nilai *RfC* dengan nilai *default* laju inhalasi orang dewasa yaitu $20 \text{ m}^3/\text{hari}$ dan membaginya dengan nilai *default* berat badan dewasa 70 kg (EPA, 1991), dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{5 \text{ mg/ m}^3 \times 20 \text{ m}^3/\text{hari}}{70 \text{ kg}} = 1.43 \text{ mg/kg/hari}$$

4. Karakteristik Risiko (*Risk Characterization*)

Karakteristik risiko didapat dengan perhitungan perkiraann tingkat risiko dengan persamaan perhitungan RQ (Kolluru, 1996) adalah sebagai berikut :

$$\text{Risk Quotients (RQ)} = \frac{\text{Intake (m}^3/\text{kg/hari)}}{\text{RfC (m}^3/\text{kg/hari)}} \dots\dots\dots(6)$$

Berdasarkan contoh perhitungan di atas maka hasil perhitungan nilai RQ sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tingkat risiko (RQ)} &= \frac{0.26}{1.43} \\ &= \mathbf{0.18} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *Risk Quotients (RQ)* dapat menunjukkan tingkat risiko kesehatan konsumen akibat terpapar toluen di lingkungan kerja. Apabila nilai RQ lebih dari atau sama dengan 1 maka menunjukkan bahwa pekerja yang terpapar toluen tersebut belum mempunyai risiko kesehatan akibat paparan toluen. Sedangkan jika nilai RQ kurang dari 1 maka menunjukkan bahwa pekerja yang terpapar toluen tersebut, masih aman dari risiko kesehatan akibat paparan toluen. (Kolluru, 1996).

5. Manajemen Risiko

Manajemen risiko atau pengelolaan risiko dalam penelitian ini adalah bagaimana merumuskan formula generik untuk kasus-kasus dengan $RQ > 1$ dengan membuat simulasi dengan mengurangi laju asupan, waktu kontak / frekuensi pajanan (f_E) dan menghitung batas aman konsentrasi yang diperbolehkan. Untuk laju asupan dalam penelitian ini tidak bisa dimodifikasi karena laju asupan melalui inhalasi tidak mungkin dikurangi.

Untuk mengurangi frekuensi pajanan, diperoleh dengan memanipulasi variabel perhitungan pada persamaan perhitungan asupan (*intake*) di atas secara matematik untuk memperoleh nilai f_E sehingga menghasilkan persamaan berikut :

$$f_E = \frac{RfC \times W \times t_{avg}}{C \times R \times t_e \times D_t} \dots\dots\dots(7)$$

Formulasi rumus untuk mengetahui batas aman konsentrasi toluen adalah sebagai berikut :

$$C = \frac{RfC \times Wb \times t_{avg}}{R \times te \times fe \times Dt} \dots\dots\dots(8)$$



BAB 6

PEMBAHASAN

6.1. Kelebihan dan Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis risiko yang mengkaji efek dari suatu *risk agent* dalam hal ini toluen terhadap tingkat risiko kesehatan dengan langkah-langkah identifikasi bahaya, analisis dosis respon, analisis pajanan serta karakteristik risiko. Pendekatan analisis risiko ini mampu meramalkan risiko menurut proyeksi pemajanan ke depan sehingga risiko gangguan kesehatan yang akan terjadi di masa yang akan datang akibat *risk agent* pada lingkungan, dapat dicegah.

Keterbatasan dalam penelitian ini adalah :

1. Pengukuran sampel udara diukur hanya satu kali saja, sehingga kurang mewakili kondisi besarnya pajanan selama waktu bekerja.
2. Penelitian ini hanya mengukur konsentrasi toluen udara lingkungan kerja saja, tidak mengukur konsentrasi toluen dari luar lingkungan kerja.
3. Penelitian ini tidak dapat melakukan kausalitas hubungan antara pajanan dengan penyakit.
4. Penelitian ini tidak menganalisis faktor-faktor yang dapat mempengaruhi besarnya konsentrasi asam hipurat urin sebagai biomarker pajanan toluen dalam tubuh.

6.2. Konsentrasi Toluena Udara

Berdasarkan hasil wawancara dengan bagian administrasi bengkel sepatu, lem yang digunakan untuk pembuatan sepatu terdiri dari dua jenis lem yang biasa disebut dengan lem kuning dan lem putih. Lem putih mempunyai daya rekat yang tinggi dibandingkan dengan lem kuning. Dari hasil uji petik sebelum dilakukan pengukuran di bengkel sepatu dapat diketahui bahwa kedua lem tersebut mengandung toluen . Dalam ATSDR tahun 2000 dijelaskan bahwa salah satu industri yang berpotensi terpapar toluen adalah pada industri sepatu. Toluena ini digunakan sebagai pelarut bahan perekat yang digunakan pada lem sepatu.

Hasil pengukuran konsentrasi toluen udara (rata-rata) di bengkel sepatu yaitu sebesar $11,28 \text{ mg/m}^3$ telah lebih dari dosis respon yang ditetapkan yaitu 5 mg/m^3 (IRIS, 2005). Namun jika dibandingkan dengan ketentuan Nilai Ambang Batas (NAB) maka rata-rata konsentrasi toluen pada bengkel di bawah ambang batas. Menurut IPCS 1985, hubungan antara dosis – respon akut pajanan toluen dijelaskan bahwa konsentrasi toluen pada angka $9,4 \text{ mg/m}^3$ mempunyai respon hanya sebatas ambang bau menyengat. Tetapi jika dibandingkan dengan ketentuan Nilai Ambang Batas (NAB) toluen (188 mg/m^3) maka konsentrasi toluen pada bengkel masih dalam batas aman. Konsentrasi toluen di bengkel sepatu yang melebihi dosis respon dapat disebabkan karena ruangan-ruangan yang terdapat pada bengkel sepatu kurang adanya pertukaran udara. Hal ini bisa dilihat dari hasil pengamatan yaitu untuk ruang administrasi karena menggunakan AC sehingga tidak terdapat ventilasi. Ruang administrasi ini digunakan juga sebagai tempat menyimpan sepatu sudah jadi dalam kardus yang siap untuk didistribusikan tetapi bau yang menyengat dari lem tercium juga dalam ruangan ini, meskipun konsentrasi toluen paling kecil yaitu sebesar $0,46 \text{ mg/m}^3$. Konsentrasi toluen yang paling tinggi adalah pada ruang finishing sebesar $27,20 \text{ mg/m}^3$. Kegiatan di bagian finishing, menggunakan lem cukup banyak. Para pekerjanya menggunakan kuas untuk memberi lem pada bagian lapisan alas sepatu. Pada ruangan ini tidak mempunyai ventilasi sama sekali, hanya mempunyai 1 pintu yang terhubung dengan ruang pembuatan bagian atas sepatu dan pintu satunya adalah pintu masuk bengkel. Bau lem di ruang ini sangat tajam / menyengat.

Ventilasi terdapat pada ruang pembuatan upper dan tarik sepatu seluas 7.5 m^2 dan pada ruang pembuatan sol sepatu. Meskipun pada ruang pembuatan sol ini sering menggunakan lem, dan berdasarkan observasi pada saat penelitian, baunya sangat tajam tetapi konsentrasi toluen tidak melebihi dosis respon yaitu sebesar 3.34 mg/m^3 . Hal ini disebabkan adanya ventilasi yang cukup luas sehingga pertukaran udara berlangsung dengan baik.

Ruang yang paling luas adalah ruang pembuatan upper dan bagian tarik sepatu (84 m^2). Dalam ruangan ini terdapat satu ventilasi di bagian depan. Ruang tersebut terdapat kipas angin yang berfungsi sebanyak 10 buah dan tidak ada *exhaust fan*.

Universitas Indonesia

Konsentrasi toluen pada ruangan ini melebihi dosis respon yaitu 11.99 mg/m^3 . Karena kipas angin tidak membantu udara yang ada di dalam ruangan keluar.

Untuk menurunkan konsentrasi toluen dalam ruangan selain dibutuhkan ventilasi dan *exhaust fan*, dapat juga digunakan karbon aktif. Menurut Cal, et.al. (1994) dan Zimmerman (2005) dalam penelitian Wuntu, A.D., tahun 2008, dijelaskan bahwa serat karbon aktif dapat menurunkan senyawa organik volatil.

Selain berasal dari lem, sumber toluen yang lain adalah dari asap rokok (IPCS, 2000). Berdasarkan pengamatan di lapangan para pekerja sebagian besar merokok dalam ruangan sambil bekerja. Hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa 77% pekerja merokok. Merokok dapat menambah risiko kesehatan dari pajanan toluen. Berdasarkan data Susenas 2001 dapat diketahui bahwa gambaran perokok pada masyarakat perkotaan sebesar 58.3% dan di pedesaan sebesar 67%.

Menurut IPCS tahun 1985, sebanyak 40% - 60% paparan toluen diserap oleh manusia melalui pernafasan. Gejala – gejala yang ditimbulkan akibat menghirup toluen sesuai dengan konsentrasi pajanan. Christianti AP tahun 2007 menjelaskan tentang Hubungan Pajanan Uap Pelarut Organik dengan Timbulnya Konjungtivitis/keluhan Iritasi Mata (Penelitian Pada Pekerja Laki-laki Sektor Informal di Industri Alas Kaki, Kecamatan Ciomas, Bogor) dapat diketahui bahwa kelompok responden yang terpajan toluen tinggi mempunyai risiko 4,6 kali lebih besar untuk terjadinya keluhan iritasi mata dibandingkan kelompok dengan pajanan rendah (OR=4,6; p=0,004; CI=1,65-12,84).

Berdasarkan penelitian Salomo B. Tahun 2007 tentang Hubungan Pajanan Toluene Sebagai Pelarut Perekat Dengan Diskromatopsia (Penelitian Pada Pekerja Laki-laki di Sektor Informal Alas Kaki di Kecamatan Ciomas, Bogor) diketahui bahwa ada hubungan antara konsentrasi toluen dengan gangguan penglihatan diskromatopsia (OR=1,53; p=0,04; CI=1,02-2,29).

Menurut penelitian Suraningsih I. tahun 2008, mengenai Hubungan Pajanan Toluene dan Bising Dengan Gangguan Pendengaran Sensorineural Pada Pekerja Alas Kaki Sektor Informal di Ciomas Bogor diperoleh hasil bahwa faktor yang dominan mempunyai hubungan dengan kejadian gangguan pendengaran

Universitas Indonesia

sensorineural (SNHL) adalah kadar toluen ($OR=5.87$ dan $CI=1.739- 19.834$) hal ini menunjukkan bahwa responden yang terpajan toluen dengan kadar lebih besar dari 0.22 ppm (walaupun di bawah NAB) mempunyai risiko menderita gangguan pendengaran sensorineural (SNHL) hampir enam kali lebih besar dibandingkan responden dengan pajanan toluen dibawah 0.22 ppm.

Pada penelitian Chang S.J.,dkk.tahun 2006, menunjukkan bahwa toluen memperburuk kehilangan pendengaran di lingkungan kerja yang bising, dengan menimbulkan dampak utama (penurunan pendengaran) pada frekuensi yang lebih rendah.

Konsentrasi toluen diatas ambang batas yang telah ditetapkan dapat menimbulkan gejala neuropsikologis, seperti hasil penelitian Darwati tahun 2004 menjelaskan bahwa pekerja yang terpapar toluene mempunyai peluang 7,12 kali gejala neuropsikologis tinggi dibandingkan dengan pekerja yang tidak terpajan toluene.

Berdasarkan uji beda rata-rata diperoleh bahwa ada perbedaan yang bermakna antara konsentrasi toluen pada bengkel sepatu dan pembanding. Hal menunjukkan bahwa toluen udara pada bengkel berasal dari lem yang digunakan selama proses pembuatan sepatu. Sedangkan pada pembanding bisa berasal dari tinta atau cat pada ruangan tersebut (ATSDR 2000).

6.3. Antropometri dan Pola Aktifitas

Data antropometri yang diukur dalam penelitian ini adalah yaitu laju inhalasi dan berat badan. Untuk laju inhalasi menggunakan nilai default dari EPA, 1991 ($20m^3/hari$). Untuk hasil rata-rata berat badan pekerja bengkel sepatu X, sebesar 57.27 kg dengan kisaran 45 kg – 80 kg. Berat badan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi jumlah asupan yang masuk ke dalam tubuh pekerja melalui inhalasi. Berat badan yang digunakan dalam ketetapan laju inhalasi adalah rata-rata berat badan orang Amerika sebesar 70 kg (untuk orang dewasa). Hal ini dikarenakan belum adanya penelitian yang dapat menjadi ketetapan untuk berat badan rata-rata orang Asia.

Universitas Indonesia

Data pola aktifitas meliputi lama pajanan (t_e), frekuensi pajanan (f_e) dan durasi pajanan (D_t).

- Lama Pajanan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kerja pekerja bengkel sepatu X cukup panjang dalam satu hari yaitu rata-rata 14,58 jam. Hal ini disebabkan karena system kerja di bengkel sepatu X menggunakan sistem brorongan mingguan. Pesanan pembuatan sepatu diselesaikan dengan jumlah sesuai target pesanan dalam waktu satu minggu. Jam kerja tidak dibatasi oleh pemilik bengkel yang penting memenuhi target pesanan. Hal ini yang membuat para pekerja bekerja keras melebihi ketetapan waktu kerja yaitu 8 jam dalam sehari sesuai dengan SE no.102/Men/2004. Ditambah lagi, sebagian besar jauh dari keluarga dan banyak pekerja tidur di bengkel sepatu X sehingga mereka tidak terikat dengan waktu. Para pekerja di bengkel sepatu X pulang pada saat hari Minggu setelah mereka menerima upah mingguan mereka.

Lama pajanan pada pekerja bengkel sepatu X berkaitan juga dengan lamanya para pekerja terpapar oleh toluen. Meskipun konsentrasi toluen di bawah batas normal, tetapi jika terhirup semakin lama, dapat pula mempengaruhi jumlah asupan dari bahan berbahaya tersebut.

- Frekuensi Pajanan (f_e)

Frekuensi pajanan adalah lamanya bekerja yang dihitung dalam hari. Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa pekerja bengkel sepatu X sebagian besar libur pada hari Minggu saja. Mereka bekerja selama 6 hari dalam satu minggu. Sedangkan pada hari libur nasional, mereka tetap bekerja. Tetapi pada saat Lebaran, mereka libur selama rata-rata satu hingga dua minggu. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata pekerja bengkel sepatu bekerja selama 301 hari dalam satu tahun dengan kisaran minimal 283 hari dan maksimal 306 hari.

Ketetapan libur inipun tidak ditetapkan oleh pemilik bengkel. Jika ada pekerja yang ingin libur pada saat hari libur nasional, pemilik bengkelpun tidak menolak asalkan jumlah sepatu yang sudah ditargetkan selesai.

- Durasi Paparan (Dt)

Durasi paparan dalam penelitian ini merupakan lamanya pekerja bekerja dalam satuan tahun pada bengkel sepatu X. Hasil analisis menunjukkan bahwa rentang durasi paparan ini cukup besar yaitu dari 1 hari hingga 15 tahun bekerja dengan rata-rata selama 3,48 tahun.

Sebagian besar pekerja bengkel sepatu X, sudah mempunyai rata-rata pengalaman kerja di bidang pembuatan sepatu sebelumnya selama 12,5 tahun. Hal ini memungkinkan semakin tingginya risiko pekerja terpapar bahan berbahaya yaitu toluen. Karena berdasarkan keterangan dari mereka, kondisi lingkungan kerja serta bahan baku yang digunakan relatif sama.

6.4. Konsentrasi Asam Hipurat Urin

Asam hipurat urin merupakan hasil metabolisme paparan toluen yang paling banyak ditemui dalam urin (ATSDR, 2005). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata asam hipurat urin pada pekerja bengkel sepatu lebih tinggi ($0,73 \text{ mg/m}^3$) dibandingkan dengan pembanding ($0,25 \text{ mg/m}^3$) keduanya tidak ada yang melebihi batas normal. Dari hasil uji perbedaan rata-rata, juga diperoleh bahwa ada perbedaan yang bermakna antara konsentrasi asam hipurat urin pada pekerja bengkel sepatu dengan pembanding.

Kandungan asam hipurat dalam urin pada pembanding bisa juga disebabkan karena sebagian besar (71%) dari pembanding mempunyai kebiasaan merokok. Asam hipurat urin merupakan metabolit toluen yang tidak saja berasal dari lem. Asap rokok juga mengandung toluen. Dalam sebuah penelitian diketahui bahwa perokok aktif mempunyai kadar asam hipurat urin yang merupakan metabolit dari paparan toluen, 4 kali lebih tinggi dibandingkan dengan perokok pasif (IPCS, 2000).

Dalam penelitian Rahmah F., (2009) tentang Studi Deteksi Asam Hipurat dalam Urin akibat Paparan Toluena pada Perokok diketahui kadar asam hipurat pada perokok lebih tinggi dibanding yang tidak merokok yaitu kadar asam hipurat pada perokok rata-rata sebesar $0,23359 \pm 0,03074 \text{ g/g}$ kreatinin. Sedangkan rata-rata kadar asam hipurat pada kontrol sebesar $0,05242 \pm 0,01517$. Dan dari uji beda rata-rata,

Universitas Indonesia

diketahui bahwa terdapat perbedaan yang bermakna ($p < 0,05$) kadar asam hipurat urin pada perokok dengan yang bukan perokok dengan nilai $p = 1,000$.

Namun dalam uji statistik tidak ada hubungan yang bermakna antara merokok dengan konsentrasi asam hipurat urin. Hal ini bisa disebabkan karena jumlah sampel yang digunakan kurang besar sehingga kurang mewakili.

Kandungan asam hipurat urin bisa juga berasal dari pajanan asap kendaraan bermotor. Hal ini didukung oleh sebuah penelitian di Thailand yang menjelaskan bahwa konsentrasi asam hipurat urin pada polisi yang bekerja di daerah perkotaan (0,70 gr/gr kreatinin) dan memiliki perbedaan yang bermakna ($p < 0,05$) dengan kontrol yang berasal dari pedesaan (Wiwanitkit V., 2007).

Menurut hasil penelitian Sophianita 2003, diketahui adanya peningkatan kadar asam hipurat dalam urin karena paparan toluen pada pekerja di percetakan setelah 8 jam kerja yaitu rata-rata sebesar $0.38 \text{ gr/L} \pm 0.16 \text{ gr/L}$.

Untuk lebih mengetahui tingkat risiko akibat pajanan toluen diperlukan adanya pemantauan biologis (*biological monitoring*) yaitu pemeriksaan yang dilakukan terhadap bagian tubuh sebagai media biologis (darah, urin, liur, jaringan lemak, rambut, dll) yang ditujukan untuk mengetahui tingkat pajanan atau efeknya pada pekerja. Dengan melakukan pemantauan biologis memungkinkan kita untuk dapat mengetahui dosis yang masuk ke dalam tubuh dari gabungan berbagai cara masuk. Disamping itu dengan pemantauan biologis dimungkinkan pemeriksaan pajanan untuk jangka lama dan adanya akumulasi di dalam tubuh. Pada kasus pajanan bahan kimia, pemeriksaan dapat berupa bahan aktif atau metabolitnya. Pemantauan biologis juga ditujukan untuk mengetahui pengaruh suatu pajanan bahaya kesehatan terhadap tubuh dan kerentanan tubuh terhadap pajanan bahaya kesehatan tertentu.

6.5. Tingkat Risiko (RQ)

Tingkat risiko (RQ) individu, diperoleh bahwa nilai RQ yang lebih dari satu terdapat pada bagian *finishing* yaitu sebanyak 2 orang (8%). Hal ini disebabkan karena konsentrasi toluen pada bagian ini paling tinggi kandungannya dibandingkan bagian lain yaitu 27.2 mg/m^3 . Pada bagian *finishing* ini terdapat empat pekerja,

Universitas Indonesia

namun hanya dua yang nilai RQ lebih dari satu, karena kedua pekerja ini sudah bekerja lebih lama yaitu 15 tahun dibanding kedua temannya.

Penggunaan lem pada bagian ini cukup banyak. Pada bagian *finishing* ini, tugasnya menempel lapisan alas kaki pada dasar sepatu. Mereka memerlukan lem yang cukup banyak sehingga menggunakan kuas cat untuk mengelem sedang pada bagian lain, penggunaan lem tidak begitu banyak dan para pekerja hanya menggunakan jari untuk mengelem. Semua pekerja juga tidak ada yang menggunakan alat pelindung diri terutama masker hingga uap lem yang berbau tajam menyengat langsung dihirup. Ketika ditanya apakah mereka tidak pusing dengan bau tersebut mereka menjawab telah terbiasa dengan bau seperti itu.

Berdasarkan hasil analisis perhitungan proyeksi RQ berdasarkan tiap-taiap bagian menunjukkan bahwa pada bagian finishing lebih cepat berisiko terhadap pajanan toluen yaitu dengan proyeksi 10 tahun yang akan datang. Sedangkan pada dua bagian yang lain yaitu pada upper dan tarik, 20 tahun yang akan datang berisiko terhadap pajanan toluen.

Hasil perhitungan perkiraan tingkat risiko (RQ) non kanker seluruh pekerja bengkel sepatu X saat dilakukan penelitian tidak melebihi angka satu yang berarti para pekerja di bengkel tersebut tidak mempunyai risiko akibat pajanan toluen. Tetapi berdasarkan estimasi 20 tahun ke depan, hasil RQ ternyata sudah lebih dari satu yaitu sebesar 1.03. Hal ini menunjukkan perlu adanya tindakan pencegahan agar para pekerja tidak berisiko terhadap pajanan toluen. Karena menurut mereka, tidak mungkin ganti pekerjaan selain kerja di bidang pembuatan sepatu.

Berdasarkan lama kerja dari responden, paling rendah lama kerja responden adalah satu hari dan paling banyak 15 tahun. Namun sebagian besar pekerja bengkel sepatu X mempunyai pengalaman kerja yang cukup lama di bidang yang sama meskipun beda tempat. Berdasarkan hasil wawancara juga, mereka mengatakan bahwa kondisi bengkel dan bahan yang digunakan juga relatif sama. Rata-rata hingga dilakukan penelitian ini mereka sudah bekerja di bidang pembuatan sepatu 16 tahun. Hal ini menggambarkan bahwa mereka mempunyai risiko pajanan toluen yang tinggi.

Jika dengan kondisi tempat kerja yang tidak berubah maka 4 tahun ke depan para pekerja sepatu mempunyai risiko terhadap pajanan toluen.

Dengan adanya kemungkinan tersebut pihak-pihak terkait diantaranya Hiperkes, Dinas Kesehatan dan BLUD pengelola kawasan PIK Pulogadung bekerjasama dengan pemilik bengkel membuat manajemen risiko untuk mencegah terjadinya risiko akibat pajanan toluen.

Diantaranya adalah dengan peningkatan pengetahuan bahaya toluen, penggunaan masker pada saat bekerja, dan penerapan hidup sehat dengan sedikit demi sedikit mengurangi kebiasaan merokok yang dapat memperburuk risiko kesehatan yang sudah diterima.

Semua pekerja bengkel tidak menggunakan APD khusus masker saat mereka bekerja. Alasannya adalah karena merasa tidak nyaman dan merepotkan jika menggunakannya. Hal ini karena mereka belum terbiasa menggunakan masker pada saat bekerja. Dari pengamatan di lapangan juga menunjukkan bahwa sebagian para pekerja menggunakan jari tangannya untuk melakukan pengeleman dengan alasan lebih teliti dan lebih merata.

Kebiasaan yang memperburuk risiko kesehatan adalah merokok di dalam ruang kerja. Rata-rata para pekerja merokok 8 batang dalam sehari. Selain itu karena suhu ruangan yang panas, mereka juga mempunyai kebiasaan bekerja sambil membuka baju atau tanpa baju. Hal ini bisa menyebabkan uap toluen terserap ke dalam tubuh pekerja melalui kulit. Berdasarkan wawancara, para pekerja banyak yang mempunyai keluhan gatal dan kulit mereka kering.

6.6. Manajemen Risiko

Dari hasil perhitungan batas konsentrasi yang aman bagi pekerja jika mereka bekerja sesuai dengan ketentuan jam kerja yang berlaku yaitu 8 jam dalam sehari dan 5 hari dalam satu minggu dan menggunakan data antropometri pekerja bengkel sepatu X maka diperoleh bahwa batas aman konsentrasi selama 25 tahun sehingga tidak perlu dilakukan pengendalian risiko adalah sebesar $17,8 \text{ mg/m}^3$

Hasil tersebut tidak sama dengan Nilai Ambang Batas (NAB) toluen yang telah ditetapkan di Indonesia yaitu sebesar 188 mg/m^3 . Hal dimungkinkan bahwa ketetapan NAB hanya berdasarkan konsentrasi udara *ambient* saja, belum ada penelitian di Indonesia yang dapat menetapkan seberapa besar dosis respon toluen yang aman khususnya bagi pekerja Indonesia.

Menurut Mansyur M (2007) , manajemen risiko kesehatan di tempat kerja mempunyai tujuan meminimalkan kerugian akibat kecelakaan dan sakit, meningkatkan kesempatan/peluang untuk meningkatkan produksi melalui suasana kerja yang aman, sehat dan nyaman, memotong mata rantai kejadian kerugian akibat kegagalan produksi yang disebabkan kecelakaan dan sakit, serta pencegahan kerugian akibat kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Selain itu instansi terkait juga perlu melakukan pemeriksaan kesehatan secara berkala tidak hanya terhadap industri yang berskala besar tetapi justru banyak ditekankan pada industri informal atau *home industry*.

Tujuan dari pemeriksaan kesehatan berkala

1. Mendeteksi sedini mungkin setiap gangguan kesehatan yang mungkin terjadi dan disebabkan oleh pajanan bahaya kesehatan di tempat kerja, dan kondisi kerja.
2. Mendeteksi perubahan status kesehatan (penyakit yang tidak berhubungan dengan pekerjaan) yang bermakna dapat menyebabkan gangguan kesehatan apabila melanjutkan pekerjaan, atau menyebabkan peningkatan kerentanan terhadap pajanan bahaya kesehatan di tempat kerja atau kondisi kerja.

Riwayat kesehatan dan riwayat pekerjaan secara lengkap diperlukan untuk dapat dilakukan pemeriksaan kesehatan yang sesuai terutama bila diketahui adanya pajanan yang berulang dan kemungkinan gangguan kesehatan.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai analisis risiko kesehatan toluen pekerja bengkel sepatu 'X' di kawasan Perkampungan Industri Kecil Pulogadung Jakarta Timur dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Rata-rata konsentrasi toluen udara di bengkel sepatu sudah melampaui dosis respon yang telah ditetapkan tetapi masih di bawah Nilai Ambang Batas yang ditetapkan. Sedangkan rata-rata konsentrasi toluen pada pembanding masih di bawah batas aman.
2. Hasil uji t menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna ($p < 0,05$) antara konsentrasi toluen di bengkel sepatu dengan pembanding.
3. Data antropometri (berat badan) pekerja bengkel sepatu X mempunyai rata-rata 57 kg dan data pola aktifitas responden menunjukkan bahwa waktu kerja pekerja bengkel sepatu X sudah melebihi jam kerja pekerja. Rata-rata lama bekerja adalah 301 hari dalam setahun serta rata-rata lamanya bekerja pada bengkel sepatu X 3,48 tahun.
4. Perkiraan tingkat risiko (RQ) pada saat penelitian (*realtime*) kurang dari 1 yaitu sebesar 0,043 yang berarti bahwa pekerja bengkel sepatu belum berisiko terhadap pajanan toluen. Tetapi nilai RQ 20 tahun mendatang nilai RQ lebih dari 1 yang berarti pekerja bengkel sepatu berisiko terhadap pajanan toluen dan berdasarkan perhitungan RQ individu, 20 tahun mendatang lebih dari separuh pekerja bengkel sepatu berisiko terhadap pajanan toluen
5. Rata-rata konsentrasi asam hipurat sebagai hasil metabolit pajanan toluen pada pekerja bengkel sepatu lebih tinggi secara signifikan ($p < 0,05$) dibandingkan dengan pembanding. Namun demikian keduanya tidak melebihi batas yang ditetapkan. Pada pekerja bengkel sepatu hanya 1 orang (2%) yang mempunyai konsentrasi asam hipurat urin melebihi normal.

7.2. Saran

7.2.1. Bagi Instansi Pemerintah

1. Sosialisasi waktu kerja yang diperbolehkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku bagi pekerja industri di sektor informal.
2. Pemantauan kualitas lingkungan kerja pada industri informal dan pemeriksaan atau monitoring kesehatan berkala pekerja industri informal secara rutin oleh instansi-instansi terkait yaitu Dinkes, Hiperkes yang bekerja sama dengan pengelola BLUD kawasan PIK Jakarta Timur.
3. Depnaker dan Hiperkes perlu membuat peraturan khusus mengenai perlindungan tenaga kerja yang berisiko terhadap toluen.

7.2.2. Bagi Pemilik Bengkel Sepatu dan Pekerja Bengkel Sepatu

1. Untuk mengurangi asupan pajanan toluen pada pekerja disarankan menggunakan alat pelindung diri (APD) khususnya masker yang dapat mencegah terhirupnya toluene melalui inhalasi pada pekerja bengkel sepatu yang menggunakan lem dalam melakukan pekerjaannya.
2. Untuk mengurangi bertambahnya risiko pajanan toluen perlu dilaksanakan program berhenti merokok dan pihak pemilik bengkel menerapkan peraturan bagi pekerja bengkel sepatu agar tidak merokok.
3. Perlu dilakukan rotasi secara berkala pada pekerja di bengkel sepatu X sehingga tingkat risiko kesehatan akibat pajanan toluen bisa dikurangi
4. Untuk mengurai asupan pajanan toluen pemilik bengkel perlu menerapkan pengaturan jam kerja, waktu libur dan cuti bagi pekerja

7.2.3. Bagi Peneliti Selanjutnya

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan penambahan waktu pengukuran toluen untuk mendapatkan data yang lebih variatif sehingga dapat memperoleh gambaran konsentrasi toluen selama aktifitas bekerja.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai jumlah asupan toluen pada masing-masing individu selama bekerja dengan alat khusus yang ditempelkan dekat

Universitas Indonesia

dengan pernafasan pekerja sehingga dapat diperoleh tingkat risiko pada masing-masing individu secara nyata.

3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai biomarker toluen yang dihubungkan dengan variabel-variabel yang dapat mempengaruhi besarnya biomarker tersebut.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai efek-efek kesehatan baik kronis maupun akut yang ditimbulkan karena pemaparan toluen.



Daftar Pustaka

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2000), *Toxicological Profile For Toluene*, Georgia <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles>

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2001), *Toluene Toxicity*, Georgia <http://www.atsdr.cdc.gov/csem/toluene/index.html>

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, (1995), *Documentation of The Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs)*, Washington.

BPOM RI (2001). *Aspek Fundamental Kajian dan Pengendalian Risiko Bahan Kimia*. Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya. Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan Berbahaya, Jakarta.

Canadian Center for Occupational Health and Safety (2008), *Chemical Profiles Toluene* http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/toluene

Chang CJ,et.al,(2005), *Hearing Loss in Workers Exposed to Toluene and Noise*, *Environmental Health Perspectives* • Vol. 114, number 8, Taiwan.

Clayton G, (1994), *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology* vol 1 part B, New York

Christianti AP,(2007), *Hubungan Paparan Uap Pelarut Organik dengan Timbulnya Konjungtivitis/keluhan Iritasi Mata (Penelitian Pada Pekerja Laki-laki Sektor Informal di Industri Alas Kaki, Kecamatan Ciomas, Bogor)*, FK UI, Jakarta.

Darwati (2004), *Analisis Gejala Neuropsikologis pada Pengguna Toluen di Unit TBK (Aircraft Cabin Base Maintenance) PT.Garuda Meintenance Facility Aero Asia Cengkareng*, Depok

Environmental Protection Agency (1991), *Human Health Evaluation Manual Supplemental Guidance, Standart Default Exposure Factor*, Washington DC.

Environmental Protection Agency (2005), *Integrated Risk Information System:Toluene*, <http://www.epa.gov/NCEA/iris/>

Hendarto B, (2000), *Pengaruh Kadar Uap Toluene Terhadap Kandungan Hippuric Acid Tenaga Kerja Yang Terpapar pada Industri Tinta Cetak dan Cat*, Jakarta.

International Programme on Chemical Safety (IPCS), (1985) , *Environmental Health Criteria 52 Toluen*, WHO, Geneva

International Programme on Chemical Safety (IPCS), (2000) , *Environmental Health Criteria 214 Human Exposure Assessment*, IOMC, WHO, Geneva

International Programme on Chemical Safety (IPCS), (2000), *Air Quality Guidelines Toluene*, WHO, Geneva, http://www.euro.who.int/documentaiq5_14toluene.pdf

ILO, (2004), *Pekerja Anak Di Industri Sepatu Informal di Jawa Barat (Sebuah Kajian Cepat)*, Jakarta

Integrated Risk Information System (IRIS), (2005), *Toxicological Review of Toluene*, EPA, Washington DC, <http://www.epa.gov/iris/toxreviews/0118tr.pdf>

Kolluru R et al.,(1996), *Risk Assessment And Management Handbook*, New York.

Lemeshow, S., (1997), *Besar Sampel Dalam Penelitian Kesehatan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

La Dou, J., (2004), *Occupational and Environmental Medicine*, San Francisco.

Louvar, J.F. and Louvar, B.D.,(1998), *Health and Environmental Risk Analysis*, New Jersey.

Mansyur, M., (2007), *Manajemen Risiko Kesehatan*, *Majalah Kedokteran Indonesia*, vol.57, no.10, Jakarta

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

NIOSH 1501 (2003), *Hydrocarbons Aromatic*, *NIOSH Manual of Analytical Methods*, <http://www.cdc.gov/niosh/pgms/worknotify/toluene>.

NIOSH 8301 (2003), *Hippuric and Methyl Hippuric Acids in Urine*, *NIOSH Manual of Analytical Methods*, fourth edition, <http://www.cdc.gov/niosh/pgms/worknotify/toluene>.

Nusanti S, (2007), *Efek pajanan toluen pada tingkat apoptosis dan fungsi mitokondria sel fotoreseptor serta retinal pigment epithelium tikus*, FK UI, Jakarta.

Parmeggiani L, (1983), *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, ILO Geneva

Rahman, A. (2010), *Pelatihan Teknis dan Manajemen Analisis Dampak Kesling Bagi Petugas Kesehatan, Prinsip-Prinsip Dasar dan Metode Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan*, Yogyakarta.

Sastroatmoro S, (2002), *Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Klinis*, Jakarta.

Sophianita , (2003), Hubungan antara Kadar Asam Hipurat Urin Akibat Paparan Toluena dengan Efek Kesehatan Akut pada Tenaga Kerja Percetakan “X”, FK UI, Jakarta.

Suraningsih I, (2008), Hubungan Paparan Toluena & Bising Dengan Gangguan Pendengaran Sensorineural Pada Pekerja Alas Kaki Sektor Informal di Ciomas Bogor, FK UI, Jakarta

Suyono J ,dkk (1993), *Deteksi dini penyakit akibat kerja*, Jakarta.

Wiwatit V, (2007), *High urine hippuric acid level among police working close to traffic in an urban area, Thailand: a preliminary study* .

Wuntu A.D. dan Kamu V.S., (2008), Adsorpsi Aseton, Benzena dan Toluena Pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sebagai Pembersih Udara Ruang Tertutup, *Chemistry Progress*, vol.1, no.2, November 2008, Manado.

