



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**RESIKO KESEHATAN TERHADAP PAJANAN BENZENE  
PADA PEKERJA INDUSTRI SEPATU KULIT DI PIK  
PULOGADUNG TAHUN 2011**

**SKRIPSI**

**BETTY SUSILOWATI**

**0806335706**

**DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
DEPOK  
DESEMBER 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**RESIKO KESEHATAN TERHADAP PAJANAN BENZENE  
PADA PEKERJA INDUSTRI SEPATU KULIT DI PIK  
PULOGADUNG TAHUN 2011**

**SKRIPSI**

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

**BETTY SUSILOWATI**

**0806335706**

**DEPARTEMEN KESEHATAN LINGKUNGAN**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT**

**DEPOK**

**DESEMBER 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : BETTY SUSILOWATI

NPM : 0806335706

Tanda tangan : 

Tanggal : 23 Desember 2011

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Betty Susilowati

NPM : 0806335706

Mahasiswa Program : Sarjana

Tahun Akademik : 2008

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

Risiko Kesehatan Terhadap Paparan Benzene Pada Pekerja Industri Sepatu Kulit Di PIK Pulogadung Tahun 2011.

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 23 Desember 2011



(Betty Susilowati)

## HALAMALAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Betty Susilowati  
NPM : 0806335706  
Program Studi : Kesehatan Lingkungan  
Judul Skripsi : Risiko Kesehatan Terhadap Paparan Benzene  
Pada Pekerja Industri Sepatu Kulit Di PIK  
Pulogadung Tahun 2011

**Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat pada Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.**

## DEWAN PENGUJI

Pembimbing : drg. Sri Tyahjani Budi Utami, M.Kes

(.....)

Penguji : Zakianis, SKM., M.K.M

(.....)

Penguji : Sutanto Rionaldo, SKM, MM

(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 Desember 2011

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### Data Pribadi

Nama : Betty Susilowati

Tempat Tanggal Lahir: Bandar Lampung, 18 Juni 1990

Jenis Kelamin : Perempuan

Golongan Darah : B

Agama : Islam

Alamat rumah : Jalan Hi. Agus Salim Gg, Bengkel No. 18, Kaliwi  
Tanjung Karang Pusat, Bandar Lampung, 35115

Nomor Telepon : 085768517803

Email : [belle\\_feme@yahoo.com](mailto:belle_feme@yahoo.com) : [bettysusilowati@gmail.com](mailto:bettysusilowati@gmail.com)

Motto Hidup : “semua akan berakhir dengan indah, apabila sekarang  
belum indah berarti itu belum akhir ....”

### Pendidikan Formal

TK YWKA Tanjung Karang (1995-1996)

SD Negeri 6 Sukajawa (1996-2002)

SMP Negeri 4 Bandar Lampung (2002-2005)

SMA Negeri 2 Bandar Lampung (2005-2008)

FKM UI/ Kesehatan Lingkungan (2008-sekarang)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT karena atas hidayah dan karuniaNya saya masih diberi kesehatan, kemampuan serta motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini semaksimal mungkin. Penyusunan skripsi ini saya tulis berdasarkan ilmu yang saya dapatkan sejak awal saya kuliah di FKM UI. Skripsi dengan judul Risiko Kesehatan Terhadap Paparan Benzene Pada Pekerja Industri Sepatu Kulit di PIK Pulogadung Tahun 2011, saya susun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat, jurusan Kesehatan Lingkungan pada Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari awal perkuliahan sampai dengan penulisan skripsi ini maka akan sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan semua ini. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. Terima kasih Ya Allah atas semua nikmat dan ujiannya. Aku yakin semua ujian yang Engkau berikan kepadaku selama ini pasti memiliki jalan keluar sehingga membuatku semakin kuat dan dewasa. Terima kasih Ya Allah, telah menuntunku sampai tahap akhir ini. Aku yakin ini baru awal dari semuanya dan masih panjang perjalananku. Aku yakin semua akan indah pada waktunya.
2. Ibu drg. Sri Thyahjani Budi Utami, MKM, selaku dosen pembimbing saya, yang selalu rela saya ganggu waktunya untuk bimbingan sana sini serta rela sedikit kesal karena saya sering melakukan kesalahan selama proses bimbingan mulai dari awal kuliah sampai sekarang. Terima kasih Ibu, semoga Allah selalu memudahkan semua urusan Ibu dalam menjalankan tugas.
3. Bapak Sutanto Tobing, SKM, selaku Penguji Luar dari Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Disnakertrans Provinsi DKI Jakarta. Terima kasih telah menjadi penguji dadakan saya. Terima kasih atas waktu dan kesedian

Bapak dalam menguji. Dan yang terpenting, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Bapak atas semua saran dan kritik yang diberikan untuk skripsi saya. Semoga Allah juga selalu mempermudah semua urusan Bapak dalam bekerja.

4. Ibu Zakianis, SKM, M.K.M, selaku dosen di FKM UI dan sebagai penguji dalam skripsi saya. Terima kasih banyak atas kesediaannya menjadi penguji saya serta atas diberikannya saran dan kritik untuk perbaikan skripsi saya. Semoga Allah juga selalu mempermudah semua urusan Ibu dalam bekerja.
5. Bapak Ricki M. Mulia, ST., M.Sc., selaku Kepala Seksi Analis Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Disnakertrans Provinsi DKI Jakarta yang sangat baik karena telah memberikan saya banyak pengalaman selama saya magang di Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Disnakertrans Provinsi DKI Jakarta. Serta saya ucapkan terima kasih kepada Bapak karena telah mencarikan pengganti penguji luar saya. Saya doakan juga semoga Promosi Doktor Bapak berjalan lancar.
6. Bapak Drs. Abdur Rahman, M.Env., selaku dosen FKM UI yang telah memberikan kesempatan dan kemudahan bagi saya mulai dari mendapatkan tempat magang hingga diijinkan bergabung dalam penelitian Bapak sehingga saya mendapatkan kemudahan dalam menyusun skripsi ini. Terima kasih banyak Bapak, semoga segera mendapatkan gelar Doktornya dan dipermudah segala urusan dalam bekerja.
7. Staf Departemen Kesehatan Lingkungan yaitu: Ibu Itus, Pak Tusin dan Pak Nasir. Terima kasih untuk semua hal yang telah rela Bapak dan Ibu lakukan dan terima kasih telah rela saya repotkan selama saya berkuliah disini.
8. Kedua orang tua dan adikku, terima kasih atas semua cinta, kasih dan rasa sayangnya yang dilimpahkan kepadaku. Serta telah memberikan kepercayaan dan mendukung aku untuk segera menyelesaikan kuliah ini. Aku akan terus berusaha untuk tetap menjadi seorang putri yang dapat dibanggakan dan menjadi contoh bagi adikku.
9. Tri Andre Yusuf Fauzi. Terima kasih atas semua dukungan, kepercayaan dan nasihat dan motivasinya selama ini. Terima kasih atas semua yang

diberikan selama ini yang tidak dapat aku nilai besarnya. Terima kasih telah berada disamping aku selama ini. Semoga aku masih bisa mengucapkan terima kasih lagi untuk kamu di tesis dan disertasi aku nanti. Terakhir, semoga kamu dapat cepat menyusul aku untuk lulus dan mencapai tujuan yang kita rencanakan bersama.

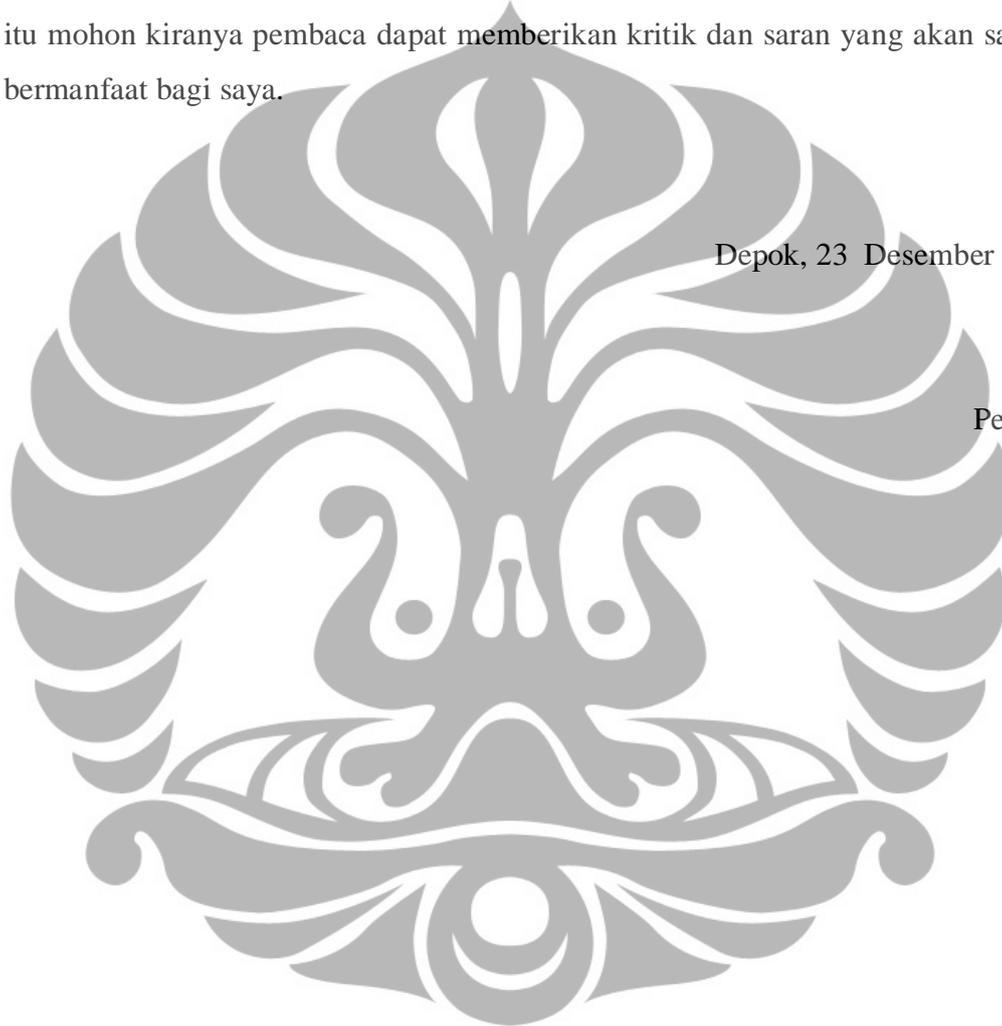
10. Sahabat-sahabatku ada “Ei” Eka Irdianty, “Mbak Erna” Erna Kusumawardani, “Nduk” Ika Widyaningrum, “Cah Ayu” Sekar Agustin, anakku Syifa Rizki, dan “Tante” Wachidiyah Anggraini, Oktariyani, Dian Nastiti dan Leliani Kusumadewi. Terima kasih untuk dukungannya selama ini. Terima kasih juga sudah mendengarkan semua keluh kesahku mulai dari masalah yang gak penting sampai masalah yang penting. Aku minta maaf kalo pernah buat khawatir dan menyebalkan. Peluk dan cium untuk kalian semua.
11. Teman-teman operasional sidang 23 Desember 2011. Terima kasih kepada Bang Irul sebagai operator, Widya, Erna, Syifa, dan Sekar sebagai penonton, serta Dini, dan Kak Lia yang memberikan dukungan kepadaku. Makasih atas semua bantuannya selama persiapan dan ketika sidang. Terima kasih sudah menemani diriku di dalam ruang sidang. Sidang menjadi sangat menyenangkan ketika ada kalian disana. Maaf kalau selama sidang kalian ikut merasa deg-degan. Hehehe.. Terima kasih banyak...
12. Teman-teman satu angkatan Kesehatan Lingkungan 2008 BANGKIT. Aku coba absen kalian satu per satu di skripsiku ini kecuali yang sudah aku tuliskan diatas: Achmad Naufal Azhari, Achmad Firmansyah, Arga Buntara, Adrian Rizki Mulia Taufik, Budiyono, Silvia Dini, Dian Nur Wijayanti, Eka Satriani, Eliza Eka Nurmala, Rahmawati, Fernia Paramitha, Eky Pramitha, Fitria Halim, Vina Anggraeni, Fiona Indah Fitriani, Ibna Rahmantika, Imam Abdullatif, Indah Kusumawati, M. Herul, Kety Rohani Sormin, Lili Yulistiani, Marissa Apriyeni, Nanda Pratiwi, Rohmania Prihatini, Nurina Vidya, Puri Wulandari, Randi Novirsa, Ratih Fatimah, Rico Kurniawan, Sifa Fauzia, Veronika, Vita Permatasari, Yosi Marin Marpaung dan Husein Al Adib. Terima kasih atas semua dukungan

dan kebersamaan kalian selama ini. Teruntuk teman-teman sekalian, aku doakan kalian cepat menyusul untuk menyelesaikan kuliah ini dan bertemu lagi ketika sukses nanti.

Sebagai penutup, saya berharap dan berdoa, semoga ALLAH SWT memberikan kebaikan dan keberkahan atas dukungan dan bantuan semua pihak yang diberikan kepada saya. Skripsi saya sangat jauh dari kata “sempurna” untuk itu mohon kiranya pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang akan sangat bermanfaat bagi saya.

Depok, 23 Desember 2011

Penulis



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

---

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

Nama : Betty Susilowati

NPM : 0806335706

Program Studi : S1 Reguler Kesehatan Masyarakat

Departemen : Kesehatan Lingkungan

Fakultas : Kesehatan Masyarakat

Jenis karya : Skripsi

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

RESIKO KESEHATAN TERHADAP PAJANAN BENZENE PADA PEKERJA  
INDUSTRI SEPATU KULIT DI PIK PULOGADUNG TAHUN 2011

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan 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 : 23 Desember 2011

Yang menyatakan



(Betty Susilowati)

## ABSTRAK

Nama : Betty Susilowati

Program Studi : S1 Reguler Kesehatan Masyarakat

Judul : Risiko Kesehatan Terhadap Paparan Benzene Pada Pekerja Industri Sepatu Kulit Di PIK Pulogadung Tahun 2011

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya risiko kesehatan akibat paparan benzene pada pekerja industri sepatu kulit di PIK Pulogadung. Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebanyak 52 pekerja memiliki nilai  $RQ > 1$  untuk efek paparan *realtime* dan sebanyak 37 pekerja memiliki nilai  $RQ > 1$  untuk efek paparan *lifetime*. Selain itu didapatkan hasil bahwa semua pekerja disana memiliki risiko kanker untuk paparan *lifetime* dan *realtime* karena nilai  $ECR > 10^{-4}$ . Karena nilai  $RQ > 1$  dan  $ECR > 10^{-4}$  maka perlu dilakukan manajemen risiko. Manajemen risiko untuk efek paparan non karsinogenik dilakukan dengan menurunkan konsentrasi benzene menjadi  $0,042 \text{ mg/m}^3$ , lama paparan menjadi 5,4 jam/hari, frekuensi paparan menjadi 114 hari/tahun dan menetapkan durasi paparan yang aman yaitu 10,8 tahun. Sedangkan manajemen risiko untuk efek paparan karsinogenik dilakukan dengan menurunkan konsentrasi benzene menjadi  $0,023 \text{ mg/m}^3$ , lama paparan menjadi 2 jam/hari, frekuensi paparan menjadi 63 hari/tahun, dan menetapkan durasi paparan yaitu 5 tahun.

Kata kunci : Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan, Benzene, PIK Pulogadung

## ABSTRACT

Name : Betty Susilowati  
Study Program : S1 Regular Public Health  
Title : Health Risk of Exposure to Benzene in Leather Shoe Industry Workers at PIK Pulogadung 2011

This study aims to determine the magnitude of health risk from exposure to benzene in the leather shoe industry workers in PIK Pulogadung. This research uses a risk analysis environmental health approach. The results of this study shows that 52 workers have  $RQ > 1$  for realtime risk exposure and 37 workers have  $RQ > 1$  for lifetime risk exposure. Beside that, the results show that all of the workers have a cancer risk for lifetime risk exposure and realtime risk exposure because  $ECR > 10^{-4}$ . Since value of  $RQ > 1$  and  $ECR > 10^{-4}$  so it is necessary for risk management. Risk management carried out to reduce non carcinogenic effect of exposure with decrease the concentration of benzene into  $0,042 \text{ mg/m}^3$ , then reduce exposure time into 5,4 hour/day, reduce exposure frequency into 114 days/year and establish a safe exposure duration of 10,8 years. Whereas the risk management for carcinogenic exposure is decrease the benzene concentration into  $0,023 \text{ mg/m}^3$ , then reduce time exposure into 2 hour/day, reduce exposure frequency into 63 days/year, and establish a safe exposure duration of 5 years.

Keywords : Environmental Health Risk Analysis, Benzene, PIK Pulogadung

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	5
1.4 Tujuan Penelitian	
1.4.1 Tujuan Umum .....	5
1.4.2 Tujuan Khusus.....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Ruang Lingkup Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Benzene	
2.1.1 Sifat Fisika dan Kimia .....	8
2.1.2 Sumber Paparan Benzene .....	9
2.1.3 Toksikokinetik Benzene .....	12
2.1.4 Dampak Kesehatan Akibat Paparan Benzene .....	15
2.2 Nilai Ambang Batas .....	20
2.3 Monitoring Paparan.....	21
2.4 Prosedur Sampling di Lingkungan Kerja .....	22
2.5 Pencegahan Paparan.....	28
2.6 Analisis Risiko	

2.6.1 Pengertian Analisis Risiko .....	29
2.6.2 Identifikasi Bahaya .....	30
2.6.3 Penilaian Risiko .....	31
2.6.4 Penilaian Paparan.....	31
2.6.5 Faktor yang Mempengaruhi Paparan Pekerja .....	34
2.6.6 Pengelolaan Risiko .....	36
2.2.7 Komunikasi Risiko .....	37

### **BAB III KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DEFINISI OPERASIONAL**

3.1 Kerangka Teori.....	38
3.2 Kerangka Konsep .....	40
3.3 Definisi Operasional .....	41

### **BAB IV METODOLOGI PENELITIAN**

4.1 Desain Penelitian.....	43
4.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	43
4.3 Populasi dan Sampel Udara Lingkungan	
4.3.1 Populasi Udara .....	43
4.3.2 Populasi Pekerja.....	43
4.3.2 Besar Sampel Benzene .....	44
4.3.4 Besar Sampel Pekerja .....	45
4.4 Metode Pengukuran Benzene .....	45
4.5 Pengumpulan Data .....	46
4.6 Analisis Data	
4.6.1 Pengolahan Data .....	46
4.6.2 Analisis Data .....	47

### **BAB V HASIL PENELITIAN**

5.1 Gambaran Umum PIK Pulogadung .....	50
5.2 Bengkel Sepatu di Kawasan PIK Pulogadung .....	50
5.3 Karakteristik Individu .....	52
5.4 Konsentrasi Benzene Udara .....	54
5.5 Karakteristik Antropometri .....	56
5.6 Analisis Pemajanan dan Perhitungan Intake .....	57
5.6.1 <i>Intake Realtime</i> .....	58
5.6.2 <i>Intake Lifetime</i> .....	58
5.7 Karakteristik Risiko .....	63
5.8 Manajemen Risiko	
5.8.1 Manajemen Risiko Non Karsinogenik.....	65
5.8.2 Manajemen Risiko Karsinogenik .....	67

### **BAB VI PEMBAHASAN**

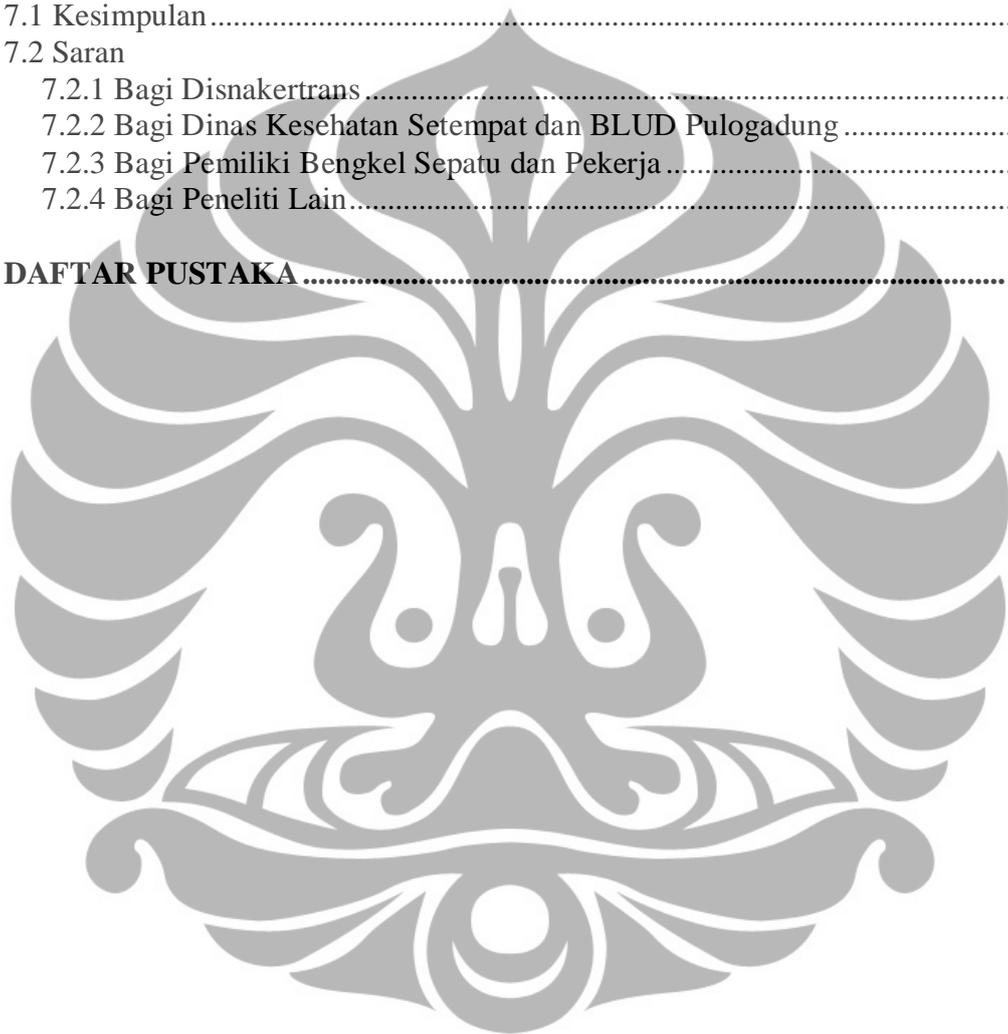
6.1 Kelebihan dan Keterbatasan Penelitian .....	70
---	----

6.2 Karakteristik Individu .....	70
6.3 Konsentrasi Benzene Udara .....	73
6.4 Karakteristik Antropometri .....	75
6.5 Analisis Pemajanan dan Perhitungan Intake .....	79
6.6 Karakteristik Risiko Kesehatan .....	80
6.7 Manajemen Risiko .....	81

## **BAB VII PENUTUP**

7.1 Kesimpulan .....	85
7.2 Saran	
7.2.1 Bagi Disnakertrans .....	86
7.2.2 Bagi Dinas Kesehatan Setempat dan BLUD Pulogadung .....	86
7.2.3 Bagi Pemiliki Bengkel Sepatu dan Pekerja .....	87
7.2.4 Bagi Peneliti Lain .....	87

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xvii</b>
-----------------------------	-------------



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Metabolisme Benzene .....	14
Gambar 2.2 Paradigma Analisis Risiko .....	29
Gambar 2.3 Tahapan Analisis Risiko.....	30
Gambar 3.1 Kerangka Teori .....	39
Gambar 3.2 Kerangka Konsep.....	40

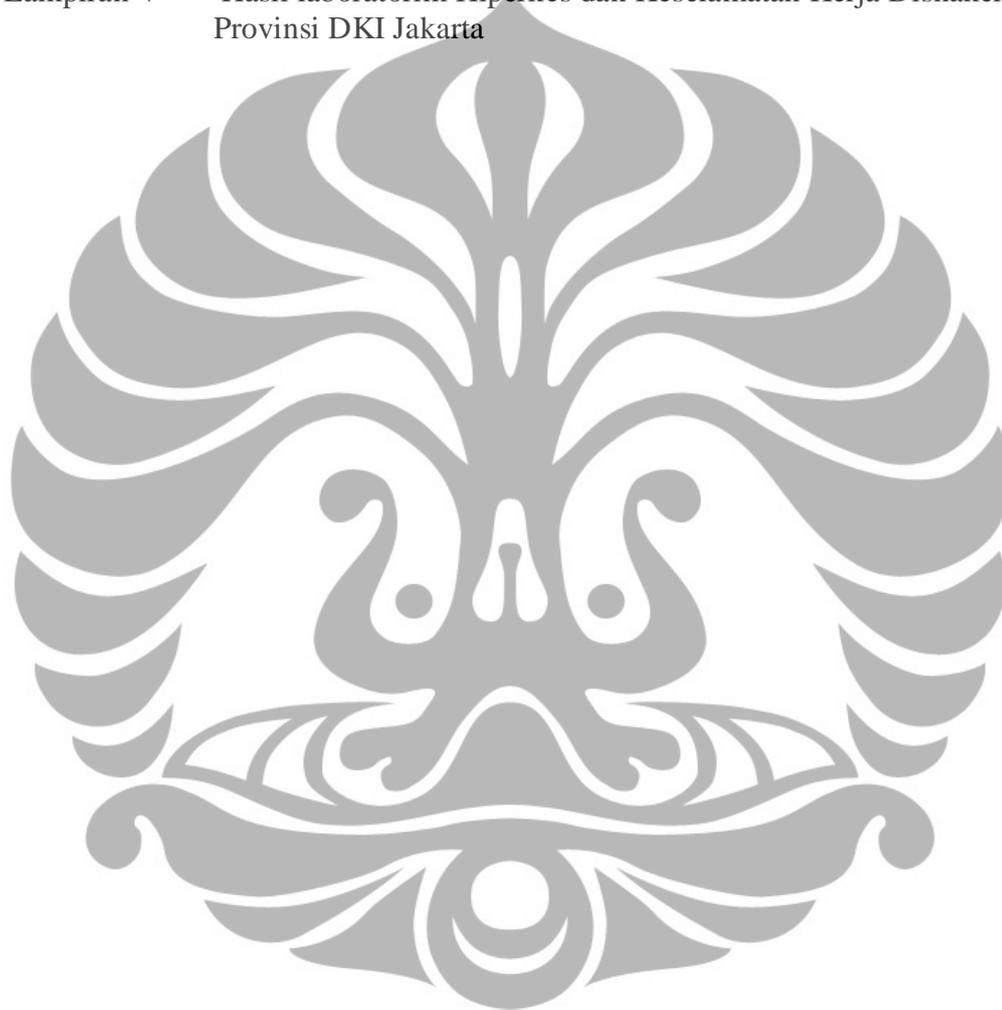


## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Fisik dan Kimia Benzene .....	8
Tabel 2.2	Dampak Paparan Benzene Melalui Jalur Inhalasi .....	15
Tabel 2.3	Dampak Paparan Benzene Melalui Kulit.....	16
Tabel 2.4	Dampak Paparan Benzene Melalui Ingesti .....	17
Tabel 5.1	Hasil Kuesioner Pekerja di Lima Bengkel Sepatu di Kawasan PIK Pulogadung .....	52
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Kualitas Udara Lingkungan Kerja Oleh Laboratorium Pengujian Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Disnakertrans Provinsi DKI Jakarta 24 s/d 30 Juni 2011 .....	54
Tabel 5.3	Hasil Statistik Konsentrasi Paparan Benzene ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) pada Pekerja di Bengkel Sepatu PIK Pulogadung Juli 2011 .....	55
Tabel 5.4	Hasil Statistik Karakteristik Antropometri Pekerja di 5 Bengkel Sepatu di Kawasan PIK Pulogadung .....	56
Tabel 5.5	Hasil Perhitungan <i>Intake</i> ke-79 Pekerja pada Kelima Bengkel Sepatu di Kawasan PIK Pulogadung .....	59
Tabel 5.6	Distribusi RQ <i>realtime</i> dan <i>lifetime</i> pada Pekerja di 5 Bengkel Sepatu di Kawasan PIK Pulogadung Bulan Agustus 2011 Perkiraan Karakteristik Risiko Paparan Benzene pada Populasi Pekerja di Bengkel Sepatu PIK Pulogadung Bulan Agustus 2011 ..	63
Tabel 5.7	Distribusi ECR <i>realtime</i> dan <i>lifetime</i> pada Pekerja di 5 Bengkel Sepatu di Kawasan PIK Pulogadung Bulan Agustus 2011 Perkiraan Karakteristik Risiko Paparan Benzene pada Populasi Pekerja di Bengkel Sepatu PIK Pulogadung Bulan Agustus 2011.....	64
Tabel 5.8	Manajemen Risiko Paparan Benzene Non Karsinogenik dan Karsinogenik.....	69

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Denah Lokasi Pengambilan Sampel
Lampiran II	NIOSH 1501-1994
Lampiran III	Kuesioner Utama
Lampiran IV	Kuesioner Penelitian
Lampiran IV	Hasil SPSS
Lampiran V	Hasil laboratorim Hiperkes dan Keselamatan Kerja Disnakertrans Provinsi DKI Jakarta



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sektor industri informal memegang andil yang sangat besar di negara-negara yang sedang berkembang termasuk Indonesia. Sektor informal adalah sektor yang tidak terorganisasi, tidak teratur, dan kebanyakan legal tetapi tidak terdaftar (Widodo, 2005). Salah satu jenis usaha informal adalah industri sepatu. Seiring semakin bertambahnya penduduk Indonesia yang berjumlah 230 juta orang (Rsulun, 2011) dan penduduk dunia yang mencapai angka 7 miliar (Dayanara, 2011) maka jumlah permintaan sepatu secara tidak langsung akan ikut meningkat.

Sepatu merupakan salah satu komoditi andalan ekspor yang bersifat padat karya dan menyerap tenaga kerja. Walaupun terdapat penurunan nilai ekspor akibat krisis ekonomi yang mulai melanda negara pada tahun 1997, namun produksi sepatu tetap menjadi salah satu industri yang utama di Indonesia dengan total nilai US\$1,151 juta atau 2,57 persen dari nilai ekspor non-migas negara ini (ILO, 2004). Bahkan Indonesia diperkirakan dapat mengekspor sekitar 300 juta pasang sepatu pada 2013 seiring meningkatnya tren relokasi industri sepatu dari China dan Vietnam (Anonim, 2010).

Industri sepatu dibagi menjadi kelompok industri besar dan kelompok industri kecil. Menurut data Kementerian Perindustrian, industri alas kaki nasional saat ini berjumlah 386 perusahaan yang tersebar di beberapa provinsi yaitu Sumatera Utara, Riau, Sumatera Barat, DKI Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, Jawa Timur, Kalimantan Timur, dan Sulawesi Utara (Anonim, 2011).

Tahapan dalam pembuatan sepatu adalah membuat pola, memotong pola, mengelem, menjahit, melapisi sepatu dan pengepakan lalu dipasarkan. Bahan yang digunakan dalam pembuatan sepatu adalah kulit, alas kaki dan lem untuk merekatkan. Lem yang digunakan dalam pembuatan sepatu dibagi menjadi dua yaitu: lem kuning dan lem putih (Didin, 2007). Semakin bertambahnya jumlah

industri sepatu, hal itu diiringi dengan semakin banyak pemakaian lem untuk memproduksi sepatu tersebut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hendra menyatakan bahwa terdapat pelarut organik dalam lem berupa toluena lebih dari 70% dan pelarut benzena sekitar 1-2% (Hendra, 2008).

Benzene merupakan pelarut solven yang sangat baik untuk lateks karet dan telah digunakan secara besar-besaran dalam industri karet sepanjang abad ke-19 (Ester, 2006). Penggunaan lem dapat menimbulkan resiko yang serius bagi kesehatan karena lem mengandung benzene yang merupakan bahan karsinogenik bagi tubuh manusia. Beberapa negara telah menetapkan nilai ambang batas penggunaan benzene. Jerman menetapkan batas sebesar 8 ppm. Sedangkan Australia, Denmark, Finlandia, Jepang, Belanda, dan Amerika menetapkan batasannya sebesar 10 ppm (Leo & Ronsen, 2010). Berbeda dengan Swedia yang menetapkan batas pajanan benzene sebesar 5 ppm, Indonesia menetapkan nilai ambang batas bagi benzene sebesar  $32 \text{ mg/m}^3$  atau 10 ppm sesuai dengan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor SE 01/MENAKER/1997 (Departemen Tenaga Kerja RI, 1997).

Pemajanan benzene dapat berupa akut dan kronik. Dampak pemajanan dapat terjadi apabila benzene tertelan, mengiritasi kulit dan terhirup. Akibat yang ditimbulkan dari pemajanan akut adalah keracunan benzene berupa kepala pusing, mual, muntah, sesak nafas serta akan menimbulkan bercak kemerahan apabila mengiritasi kulit (CDC, 2005). Sedangkan pemaparan kronis akan mengakibatkan gangguan psikologis, gangguan kulit, dan gangguan pada saluran darah (CDC, 2005).

Kasus-kasus kesehatan yang berhubungan dengan pajanan benzene telah banyak ditemukan di beberapa negara. Kasus pajanan benzene pertama kali ditemukan di Maryland (USA) pada 1909 dimana 4 orang gadis berusia 14 tahun menderita kelumpuhan dan pendarahan selaput otak (Anonim, 2011). Sementara itu efek kronik keracunan benzene pertama kali ditemukan oleh Lesse di Inggris pada tahun 1920 pada 2 orang pekerja pabrik balon. Lesse menemukan pencemaran udara lingkungan kerja dengan konsentrasi benzene sebesar 210 ppm–800 ppm (Anonim, 2011). Benzene juga dapat mengakibatkan abortus

spontan pada ibu hamil, berat badan lahir rendah pada bayi serta gangguan menstruasi (Ester, 2006).

Beberapa kasus akibat penggunaan benzene pada industri sepatu adalah pada tahun 1946-1956 di Amerika Serikat terdapat 107 kasus akibat konsentrasi pemajanan benzene yang melebihi 400 ppm. Dari kasus tersebut ditemukan hemophaty dan thrombocytopenia (George & Fleorance, 1991). Pada 1945-1955 terdapat 125 kasus penurunan trombosit dan ketidaknormalan fungsi hati dikarenakan pemajanan benzene yang melebihi 400 ppm pada industri sepatu. Sedangkan pada tahun 1948, API (*American Petroleum Institute*) mempublikasikan bahwa benzene dipastikan dapat menyebabkan leukimia dan tidak ada toleransi sekecil apapun (zero ppm level) terhadap emisi benzene (Didin, 2007). Pada tahun 1971 di Amerika terdapat 51 kasus leucopenia, pancytopenia, eoainophilia, thrombocytopenia, basophilia, pembesaran platelet dan anemia akibat pemajana benzene dengan konsentrasi antara 30-210 ppm (George & Fleorance, 1991).

Berdasarkan studi epidemiologi menyebutkan hubungan antara pajanan benzene dan leukemia yang dilakukan pada 28.500 pekerja di industri sepatu menunjukkan insiden tahunan leukemia sebanyak 13 dari 100.000 yang lebih besar dibandingkan dengan kejadian pada populasi umumnya yang hanya sebanyak 6 dari 100.000. Penelitian kohort yang dilakukan pada pekerja di industri sepatu di Italia pada 1939–1991 menyebutkan bahwa sebanyak 200 pekerja menderita MM dan 202 pekerja menderita NHL (Vlaanderen, 2010). Selain itu juga pernah dilakukan studi kohort pada 748 pekerja di industri pembuatan karet di Ohio menyatakan dari 160 kasus kematian yang terjadi 7 diantaranya meninggal karena leukemia dengan rincian (4 acute myelogenous, 1 chronic myelogenous dan 2 nonocytic) (Fishbein, 1981). Berdasarkan hasil studi NCI (*National Cancer Institute*) dan CAPM (*Chinese Academy of Preventive Medicine*) menyatakan bahwa lymphohema fopoietic malignancies dan gangguan hematologi pada 74.828 pekerja yang terpajan benzene di 672 pabrik pada 12 kota di Cina, bertambahnya risiko terjadinya semua jenis leukemia ANLL (*Acute Non-lymphocytic Leukimia*) dan kombinasi antara ANLL dengan precursor MDS (*Myelodisplastic Syndrome*) (Travis et.al, 1994).

Sedangkan di Indonesia menyebutkan bahwa pekerja anak di industri sepatu Cibaduyut Bandung yang tercatat berjumlah 256 pekerja terancam berbagai jenis penyakit seperti infeksi saluran pernafasan, bronchitis, kerusakan lever dan atau ginjal, bahkan leukemia (Didin, 2007). Hal ini disebabkan oleh perilaku yang buruk dan lingkungan kerja yang kurang sehat sehingga mereka menghirup dan menelan senyawa benzene yang terdapat di dalam lem kuning yang mereka gunakan. Oleh karena itu sangat dibutuhkan perhatian yang khusus bagi para pekerja di industri sepatu untuk masalah kesehatan yang kemungkinan akan mereka dapatkan nantinya.

## **1.2 Perumusan Masalah**

PIK Pulogadung adalah salah satu sentral industri kecil hingga menengah dengan salah satu jenis hasil produksinya adalah sepatu kulit. Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung ini terdiri dari banyak bengkel sepatu rumahan. Salah satu bahan berbahaya yang digunakan di industri sepatu ini adalah lem yang mengandung benzene. Benzene merupakan bahan yang sudah diketahui bersifat karsinogenik untuk manusia dengan banyak kasus yang telah dipaparkan sebelumnya mengenai masalah kesehatan yang diakibatkan oleh pajanan benzene. Pemakaian lem yang diketahui mengandung bahan berbahaya bagi manusia ini seharusnya mendapatkan perhatian dari pemerintah seperti dilakukan pemantauan dalam penggunaannya. Namun kebanyakan pemantauan kesehatan dan keselamatan kerja serta lingkungan kerja hanya dilakukan pada jenis industri dalam skala yang besar saja. Sedangkan pada industri kecil hingga menengah biasanya masih kurang memperhatikan kesehatan, keselamatan serta lingkungan kerja dari bahan-bahan berbahaya yang terdapat di lingkungan kerja. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai risiko kesehatan akibat pajanan benzene di lingkungan kerja bagi para pekerja di bengkel di kawasan PIK Pulogadung ini.

### 1.3 Pertanyaan Penelitian

- Berapa konsentrasi benzene di udara lingkungan kerja pada kelima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung?
- Bagaimanakah karakteristik antropometri dan pola aktivitas pekerja pada kelima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung yang meliputi usia, berat badan, lama pajanan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan?
- Berapakah besar tingkat risiko kesehatan akibat pajanan benzene di udara lingkungan kerja pada kelima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung?
- Bagaimanakah cara mengurangi risiko akibat pajanan benzene pada pekerja di kelima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung?

### 1.4 Tujuan

#### 1.4.1 Tujuan Umum

Mengetahui besar risiko kesehatan akibat pajanan benzene pada pekerja di kelima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung Tahun 2011.

#### 1.4.2 Tujuan Khusus

- Mengetahui konsentrasi benzene di udara lingkungan kerja pada kelima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung.
- Mengetahui karakteristik antropometri pekerja pada kelima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung yang meliputi usia, berat badan, lama pajanan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan.
- Merumuskan cara mengurangi risiko akibat pajanan benzene pada pekerja di kelima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung.

### 1.5 Manfaat

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini antara lain:

#### - **Bagi Peneliti**

Sarana untuk mengaplikasikan ilmu dan kemampuan dalam menganalisis suatu risiko yang ada di industri pembuatan sepatu dan pengaruhnya terhadap kesehatan pekerja. Di samping itu juga diharapkan penulis dapat menyajikan suatu studi kesehatan masyarakat khususnya kesehatan lingkungan dengan menggunakan metode ilmiah sebagai bentuk pengaplikasian disiplin ilmu yang telah dipelajari selama duduk di bangku kuliah.

#### - **Bagi Pemilik Bengkel Sepatu**

Melalui diketahuinya hubungan pajanan benzene terhadap risiko kesehatan pekerja maka industri akan dapat lebih berhati-hati dan mempunyai tindakan-tindakan preventif untuk menghindarkan pekerja terhadap penyakit akibat kerja karena pengaruh paparan benzene. Pemilik bengkel diharapkan dapat menerapkan teknologi yang berguna untuk meminimasi adanya paparan benzene kepada pekerja dan lingkungan.

#### - **Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia**

Informasi yang didapatkan dari penelitian ini dapat menjadi tambahan ilmu untuk pengembangan kemampuan mahasiswa, khususnya kompetensi mengenai kesehatan lingkungan. Selain itu penelitian ini juga dapat dikembangkan untuk penelitian epidemiologi untuk melihat hubungan pajanan benzene dengan kesehatan.

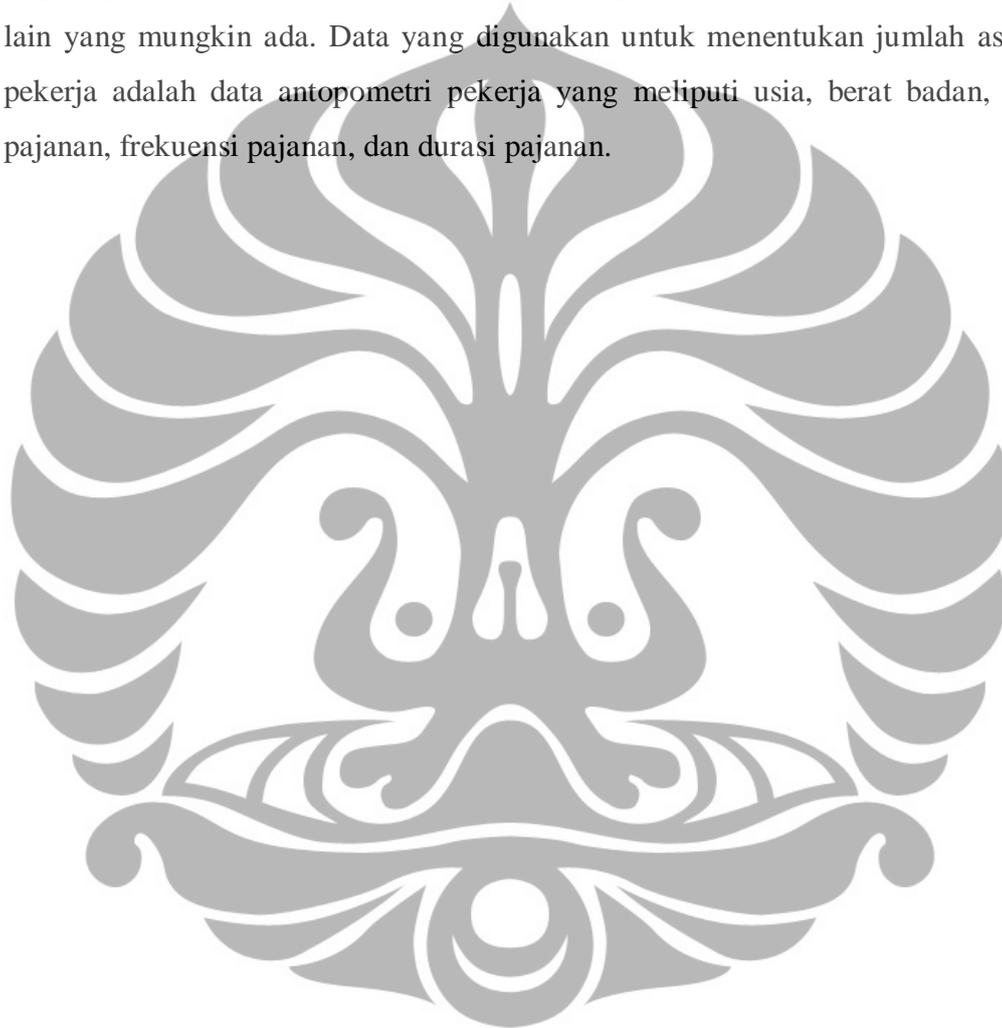
### **1.6 Ruang Lingkup Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian yang menganalisis perkiraan besaran risiko akibat pajanan benzene udara pada pekerja di bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung Jakarta Timur. Penelitian dilakukan pada bulan Juni sampai Agustus 2011. Populasi yang berisiko dari penelitian ini adalah pekerja di semua bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung.

Benzene di udara lingkungan kerja diukur dengan menggunakan alat Gas Chromatography dengan metode NIOSH 1501-1994. Hasil pengukuran

konsentrasi benzene digunakan untuk menentukan jumlah asupan pada pekerja. Sehingga dapat dilakukan analisis risiko kesehatan lingkungan untuk memprediksi besarnya risiko pekerja yang terpajan benzene di lingkungan kerja pada kelima bengkel di kawasan PIK Pulogadung ini.

Penelitian ini dibatasi berdasarkan asupan pajanan benzene pada udara lingkungan kerja sehingga tidak memperhitungkan asupan benzene dari sumber lain yang mungkin ada. Data yang digunakan untuk menentukan jumlah asupan pekerja adalah data antropometri pekerja yang meliputi usia, berat badan, lama pajanan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Benzene

##### 2.1.1 Sifat fisik dan kimia

Benzene bersifat non polar. Benzene tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik seperti dietil eter, karbon tetraklorida atau heksana (ATSDR, 2000). Benzene merupakan senyawa aromatik hidrokarbon yang memiliki rantai karbon tertutup dengan 6 atom hidrogen yang memiliki sifat tidak jenuh dengan rumus kimia  $C_6H_6$ .

Benzene merupakan cairan yang tidak berwarna dengan bau yang segar. Benzene memiliki titik didih  $80^{\circ}C$ . Benzene bersifat mudah terbakar dengan warna yang berjelaga dan berwarna karena kadar C yang tinggi. Benzene akan cepat menguap ketika berada di udara bebas. Secara umum orang dapat mencium bau benzene mulai dari konsentrasi 60 ppm sampai dengan 100 ppm dan untuk dapat merasakan benzene di air pada konsentrasi 0,5 – 4,5 ppm (Fessenden, 1991).

Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia Benzene

No	Sifat Fisik dan Kimia	Informasi
1	Rumus kimia	$C_6H_6$
2	Berat molekul	78,11 gr/mol
3	Titik nyala	$-11,1^{\circ}C$
4	Titik leleh	$5,5^{\circ}C$
5	Titik didih	$80,1^{\circ}C$
6	Berat jenis pada suhu $15^{\circ}C$	0,8787 g/L
7	Kelarutan dalam air pada $25^{\circ}C$	0,188% (w/w) atau 1,8 gr/L
8	Kelarutan dalam pelarut	Alcohol, kloroform, eter, karbon sulfide, aseton, minyak, karbon tetraklorida, asam asetat glacial
9	Batas paparan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ACGIH : (TWA : 0,5 ; STEL : 2,5 ppm)</li> <li>- NIOSH (TWA : 1,6 ; STEL : 1 ppm)</li> <li>- OSHA (TWA : 1, STEL : 5 ppm)</li> </ul>

Sumber : MSDS Benzene, USA

Benzene adalah salah satu bahan yang penting pada industri kimia. Namun setelah adanya analisis bahaya yang ditimbulkan pada peralatan rumah tangga dan produk industri, benzene telah diganti dengan pelarut lain. Walaupun demikian masih ada industri yang menggunakan benzene sebagai pelarutnya seperti contohnya adalah pada lem.

Berdasarkan data penelitian pada hewan percobaan dan manusia, beberapa badan kesehatan seperti IARC, NTP, dan EPA telah mengevaluasi pengklasifikasian benzene yang merupakan penyebab kanker. Menurut IARC (*The International Agency for Research on Cancer*) benzene diklasifikasikan sebagai bahan karsinogen pada manusia dengan bukti bahwa benzene dapat menyebabkan AML (*acute myeloid leukemia*), ALL (*acute lymphocytic leukemia*), CLL (*chronic lymphocytic leukemia*), multiple myeloma, dan non-Hodgkin lymphoma. Berdasarkan NTP (*National Toxicology Program*), benzene diklasifikasikan sebagai bahan yang diketahui dapat menjadi karsinogen pada manusia. Menurut IRIS-EPA (*Environmental Protection Agency*), benzene merupakan karsinogen untuk manusia (Leo & Rosen, 2010). Pada tahun 1948, API (*American Petroleum Institute*) mempublikasikan bahwa benzene dipastikan dapat menyebabkan leukimia dan tidak ada toleransi sekecil apapun (zero ppm level) terhadap emisi benzene (Didin, 2007).

Sedangkan menurut salah satu badan standarisasi dunia menyebutkan bahwa benzene merupakan bahan berbahaya dan bersifat karsinogenik sehingga tidak boleh dipergunakan dalam kegiatan industri (European Committee for Standardization, 2009)

### 2.1.2 Sumber Paparan Benzene

Benzene dapat berasal secara alami dan kegiatan industri atau antropogenik. Secara alami benzene berasal dari hasil kegiatan vulkanik dan akibat pembakaran hutan (CDC, 2005). Benzene juga dihasilkan dari distilasi tar batubara dan minyak bumi (Fishbien, 1981).

Dahulu, benzene digunakan sebagai bahan bakar motor serta sebagai pelarut untuk beberapa jenis zat dan dalam industri ban dan kulit. Selain itu benzene juga digunakan pada industri karet, industri kimia, pembuatan sepatu, pelumas,

detergen, obat-obatan, pestisida, pembuatan plastik, resin, nilon dan fiber sintetik (CDC, 2005). Benzene juga digunakan sebagai bahan dasar untuk bahan kimia sintetik seperti styrene, phenol, nitrobenzene, dan cyclohexana. Karena benzene memiliki sifat yang mudah kering, benzene juga digunakan dalam industri perekat dan pernis. Selain itu benzene terdapat dalam pelarut untuk lilin, resin, karet, plastik, sirlak, cat, lem (Leo & Rosen, 2010).

Sumber pajanan benzene lainnya adalah rokok. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Amerika Serikat bahwa setengah dari konsentrasi benzene di udara berasal dari asap rokok, dimana rata-rata perokok yang menghabiskan 32 batang rokok per hari memiliki kontribusi benzene sekitar 1,8 mg per hari.

Benzene juga terdapat pada lem. Di industri sepatu, penggunaan lem yang mengandung bahan kimia berbahaya merupakan hal yang tidak bisa dihindari. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hendra menyatakan bahwa terdapat pelarut organik dalam lem terdiri dari toluena lebih dari 70% dan benzene sekitar 1-2% (Hendra, 2008). Kedua pelarut tersebut bersifat toksik, bahkan benzene memiliki sifat karsinogen, sehingga kontak langsung dengan manusia harus dihindari.

Terdapat dua macam lem yang digunakan dalam industri sepatu yaitu lem kuning dan lem putih (bening). Lem kuning berbahan *chloroprene* (sejenis karet). Oleh karena itu lem kuning disebut juga *synthetic rubber adhesive*. Lem kuning juga memiliki sifat mudah mengeras (Praseyta, 2008). Lem kuning digunakan dengan cara mencairkannya dengan pelarut solven seperti toluene, ethyl acetate, acetone, dan lain-lain sehingga menghasilkan bau yang tajam. Pada industri sepatu lem kuning digunakan dengan cara mengolesinya pada dua sisi material. Lalu kedua bagian itu didiamkan selama 20 - 30 menit agar solventnya menguap, kemudian kedua material ditempelkan. Apabila permukaan yang dioles sudah kering (tidak lengket), berarti solventnya sudah menguap dan siap ditempelkan. Lem kuning memiliki sifat elastis. Oleh karena itu banyak dipakai untuk sol sepatu, sandal, atau tas yang penggunaannya butuh elastisitas. Proses perekatan lem kuning lebih lama apabila dibandingkan dengan lem putih namun lem kuning tidak membutuhkan tekanan yang kuat.

Selain lem kuning, lem putih adalah lem yang digunakan dalam produksi sepatu. Lem putih terbuat dari bahan *polyvinyl acetat* (PVAc). Lem putih memiliki sifat kimiawi dimana setelah kering akan menjadi transparan sehingga berkesan tidak menimbulkan bekas. Selain itu, lem putih memiliki daya rekat yang cukup tinggi dan cepat kering. Berbeda dengan lem kuning, penggunaan lem putih tidak perlu dioleskan di kedua sisi karena lem akan masuk ke pori-porinya (Prasetya, 2008).

### **Faktor yang Mempengaruhi Paparan Benzene di Lingkungan**

Konsentrasi benzene di suatu lingkungan kerja dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu: ventilasi udara, luas ruang, kepadatan hunian di suatu ruangan, suhu, konsentrasi benzene dan waktu tinggal benzene itu sendiri.

Ventilasi udara merupakan sesuatu yang harus tersedia di lokasi tempat manusia melakukan aktivitasnya. Ventilasi udara memiliki manfaat untuk mengalirkan dan menggantikan udara yang ada di suatu ruangan dengan udara yang berasal dari luar yang lebih bersih dan alami. Luas ventilasi udara di suatu ruangan minimal adalah 5% dari luas lantai ruangan (Uhud, et. al, 2008).

Suatu ruang dinyatakan nyaman apabila suhu dan kelembaban udara sesuai dengan suhu tubuh manusia. Suhu dan kelembaban suatu ruang dipengaruhi oleh pencahayaan dan ventilasi yang ada. Ventilasi yang kurang akan mengakibatkan ruangan menjadi pengap dan menimbulkan kelembaban yang tinggi (Uhud, et. al, 2008).

Kepadatan suatu ruangan dipengaruhi oleh banyaknya orang yang berkumpul di suatu ruangan. Kebutuhan ruang setiap orang bergantung dari aktivitas yang dilakukannya. Semakin banyak kepadatan di suatu ruangan maka akan mengakibatkan ruangan tersebut menjadi pengap dan menjadi tempat yang tidak nyaman untuk ditempati (Uhud, et. al, 2008).

Konsentrasi benzene di suatu ruang merupakan faktor yang terpenting yang mempengaruhi paparan benzene tersebut. Semakin tinggi konsentrasi benzene di suatu ruangan maka akan semakin tinggi pula kemungkinan paparan benzene terjadi bagi para penghuni ruangan tersebut (Lestari, 2010). Hal terakhir yang dapat mempengaruhi konsentrasi benzene di suatu ruangan adalah waktu tinggal

dari benzene tersebut. Benzene memiliki sifat mudah menguap ke udara bebas sehingga apabila suatu sumber pajanan dibiarkan secara terus menerus terbuka di suatu tempat maka semakin besar konsentrasi benzene yang ada di suatu lingkungan kerja (Fessenden, 1991).

### **2.1.3 Toksikokinetik Benzene**

#### **Adsorbsi**

Benzene dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui tiga jalur yaitu inhalasi, ingesti dan absorpsi kulit. Jalur pajanan utama benzene ke dalam tubuh adalah melalui inhalasi dalam bentuk uap lalu akan diabsorpsi melalui paru-paru. Ketika seseorang menghirup benzene maka sekitar 40-50% dari keseluruhan jumlah benzene yang terhirup akan masuk ke dalam saluran pernapasan kemudian masuk ke dalam aliran darah (ATSDR, 2000).

Namun apabila benzene yang terhirup tidak segera dikeluarkan melalui ekspirasi maka benzene akan diabsorpsi ke dalam darah. Benzene akan larut dalam cairan tubuh dalam konsentrasi sangat rendah sehingga akan cepat terakumulasi dalam jaringan lemak karena kelarutannya yang tinggi dalam lemak. Uap benzene mudah diabsorpsi oleh darah dimana sebelumnya diabsorpsi dengan baik oleh jaringan lemak (ATSDR, 2000).

Selain itu, benzene dapat diabsorpsi melalui kulit selama kontak dengan sumber pajanan benzene. Benzene dalam bentuk cair sangat cepat menguap ketika berinteraksi dengan udara bebas maka absorpsi melalui kulit menjadi kurang apabila dibandingkan dengan absorpsi melalui inhalasi. Walaupun demikian, kontak pajanan benzene dengan kulit harus tetap dihindari karena dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan pelepasan pada kulit.

Selain kedua jalur pajanan itu, benzene dapat masuk ke dalam tubuh melalui ingesti. Ketika seseorang terpajan benzene secara ingesti yaitu tertelan maka sebagian besar benzene akan masuk ke dalam jaringan gastrointestinal lalu akan masuk ke dalam jaringan darah.

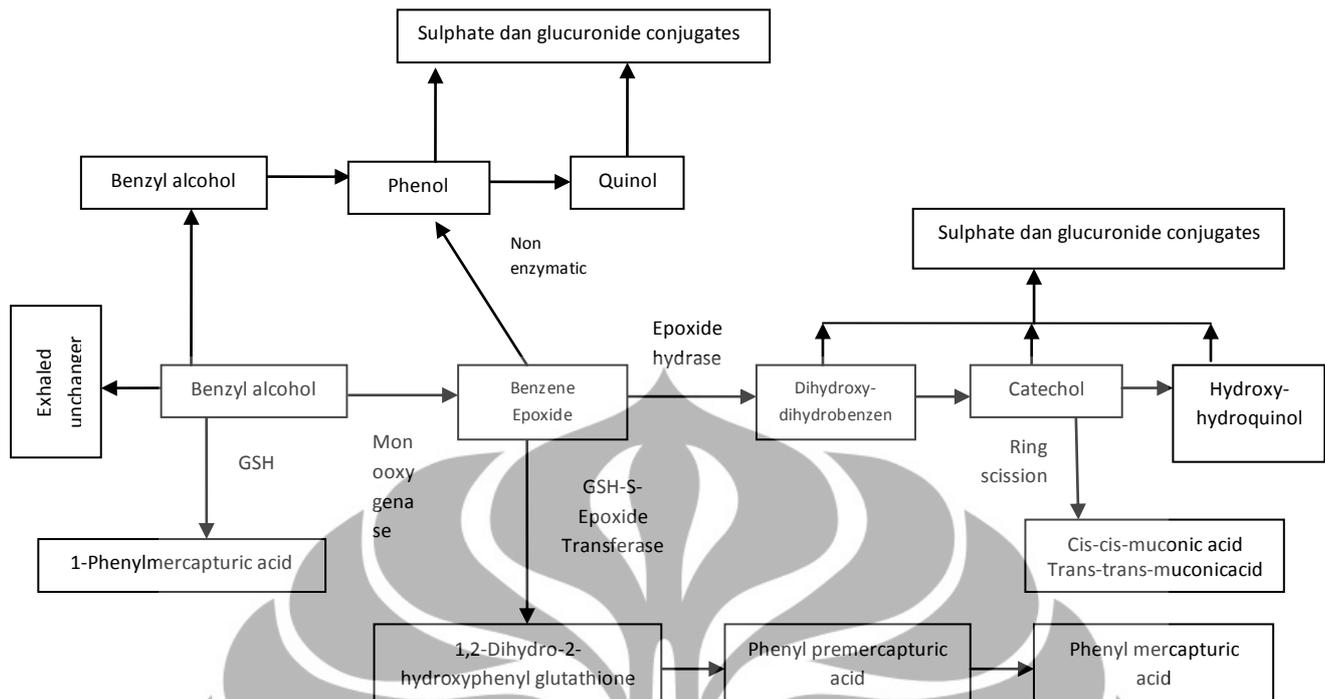
### **Distribusi**

Benzene yang telah masuk ke dalam jaringan darah akan beredar ke seluruh tubuh dan disimpan sementara dalam sumsum tulang dan lemak kemudian akan dikonversi menjadi produk metabolisme di dalam hati dan sumsum tulang. Benzene memiliki sifat lipofilik maka distribusi terbesar benzene adalah di jaringan lemak. Jaringan lemak, sumsum tulang, dan urin mengandung benzene kira-kira 20 lebih banyak dari yang terdapat dalam darah. Kadar benzene dalam otot dan organ 1-3 kali lebih banyak dibandingkan dalam darah. Sel darah merah mengandung benzene dua kali lebih banyak dari dalam plasma (ATSDR, 2000). Sebagian besar hasil metabolisme akan keluar melalui urin dalam waktu 48 jam setelah terpajan.

### **Metabolisme**

Efek kanker dan non kanker akibat pajanan benzene disebabkan oleh satu atau lebih metabolit reaktif dari benzene. Hasil metabolisme benzene yang diproduksi di hati akan dibawa ke sumsum tulang. Tahapan pertama dari metabolisme benzene terjadi di hati. Metabolisme ini diawali dengan transformasi oksidasi benzene menjadi benzene dioksida dengan bantuan katalis cytochrome P-450-monooksigenase lalu benzene oksida mencapai keseimbangan dengan exepin.

Proses metabolisme benzene akan menghasilkan produk metabolit. Produk metabolit adalah bahan yang dihasilkan secara langsung oleh reaksi biotransformasi. Setelah reaksi oksidasi terjadi, beberapa metabolit sekunder terbentuk secara enzimatis dan non enzimatis. Biotransformasi benzene dalam tubuh manusia berupa metabolit akhir yaitu fenol yang diekskresikan melalui urin dalam bentuk terkonjugasi dengan asam sulfat atau glukoronat. Sebagian kecil benzene dimetabolisme menjadi kathekol, hidrokuinon, karbon dioksida dan asam mukonat. (Fishbein, 1981).



Gambar 2.1 Metabolisme Benzene (Fishbein, 1981)

### Eliminasi dan Ekskresi

Eliminasi benzene berlangsung melalui jalur ekskresi dan ekshalasi di dalam tubuh. Hasil ekshalasi benzene ke udara bebas dalam bentuk yang tidak berubah. Proporsi benzene yang diabsorpsi dan kemudian diekskresikan melalui ekshalasi adalah sekitar 8-17%. Benzene juga diekskresikan dalam urin dengan metabolit berupa fenol, glucuronic dan sulphuric acid. Jumlah rata-rata fenol yang dieliminasi adalah sekitar 30% dari dosis yang diabsorpsi. Proses eliminasi benzene berlangsung reversible untuk benzene yang tidak mengalami reaksi metabolisme dan benzene diekskresikan melalui paru-paru (ATSDR, 2000).

### Efek Toksik

Target utama pajanan benzene pada manusia adalah sumsum tulang belakang. Benzene dapat mengakibatkan sumsum tulang belakang menjadi terganggu sehingga akan berakibat terganggunya proses pembuatan sel darah yang pada akhirnya menyebabkan dampak kesehatan akibat tidak normalnya sel darah pada manusia (CDC, 2005).

Efek toksik yang dihasilkan dari pajanan benzene adalah kerusakan sumsum tulang secara laten dan irreversible yang disebabkan oleh metabolit

benzene epoksida. Benzene epoksida menimbulkan kerusakan genetik dari DNA pada perkembangan tunas-tunas sel dalam tulang rawan, lalu meningkatkan pertumbuhan myeloblast yang merupakan precursor sel darah putih dan mengalami penurunan jumlah sel darah merah dan platelet.

#### 2.1.4 Dampak Kesehatan Akibat Paparan Benzene

Benzene merupakan bahan kimia yang berbahaya dan bersifat karsinogenik bagi manusia. Dampak paparan benzene dapat dikelompokkan berdasarkan jalur masuk yaitu inhalasi, ingesti dan dermal serta melalui lama pajanannya yaitu akut dan kronik.

##### - Inhalasi

Pajanan benzene pada konsentrasi tinggi melalui jalur inhalasi atau pernapasan akan mengakibatkan depresi pada susunan syaraf dan dapat mengakibatkan kematian. Uap benzene yang ada di suatu lingkungan dengan konsentrasi yang tinggi akan mengakibatkan keracunan bagi manusia karena mereka menghirup uap benzene tersebut. Gejala awal akibat paparan benzene yang berpengaruh terhadap susunan syaraf adalah mengantuk, pusing, sakit kepala, vertigo dan kehilangan kesadaran. Pada tabel berikut ini akan ditampilkan dampak dari paparan benzene melalui inhalasi :

Tabel 2.2 Dampak Paparan Benzene Melalui Jalur Inhalasi

Efek	Durasi/ Frekuensi Paparan	Sistem	NOAEL (ppm)	LOAEL (ppm)	
				Kurang serius	serius
Kematian	1 hari/ 5-10 menit				2000
Sistemik	1-21 hari/2,5-8 jam per hari	respirasi		60 (iritasi membrane mukosa)	
		darah			6 (leucopenia, anemia, trombositopenia)
	4 bulan – 1 tahun				150
	1 tahun				210
				40	

					29
	4 bulan – 15 tahun				150
	14 tahun			0,55	
	1-3 tahun				3 (anemia)
	3 minggu/ 6 jam/hari				500 (jumlah WBC, RBC, Hb berkurang)
Neurologis Neurologis	1-21 hari/2,5-8 jam per hari			60 (pusing, mual, kelelahan)	
	30 menit			300 (sakit kepala)	
Kanker	3,5 bulan- 19 bulan				29
	4-15 tahun				150
	1-10 tahun				10
	1-14 tahun				63
	1-3- tahun				200

Sumber : ATSDR, 2005

#### - Kulit/ Dermal

Benzene dapat memajan manusia melalui jalur absorpsi kulit. Ketika benzene memajan kulit maka akan terjadi proses absorpsi namun jumlahnya lebih kecil dibandingkan dengan proses absorpsi melalui jalur inhalasi. Benzene akan menyebabkan iritasi dan mengganggu kerja hati, darah dan sistem metabolisme apabila diabsorpsi secara utuh. Pada tabel berikut ini akan dipaparkan dampak pajanan benzene melalui kulit :

Tabel 2.3 Dampak Pajanan Benzene melalui Kulit

Efek	Durasi Pajanan	Sistem	NOAEL (ppm)	LOAEL (ppm)	
				Kurang serius	Serius
Sistemik	1-21 hari/ 2,5 – 8 jam per hari	Dermal		60 ppm (membrane otot dan iritasi kulit)	
	Lebih dari 1 tahun	Okular		33 ppm pada laki-laki dan 59	

				ppm pada wanita (mengakibatkan iritasi mata)	
--	--	--	--	---	--

Sumber : ATSDR, 2005.

### - Ingesti

Benzene dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui jalur ingesti oral. Apabila benzene memajan manusia melalui jalur ingesti akan mengakibatkan beberapa dampak seperti iritasi pencernaan (muntah), sistem syaraf pusat (kejang, tremor, iritasi, depresi, kehilangan keseimbangan dan koordinasi, sakit kepala), saluran pernapasan (kesulitan bernapas dan kontraksi dada), sistem kardiovaskuler, gangguan sistem darah. Pada tabel berikut akan dipaparkan beberapa dampak yang diakibatkan oleh pajanan benzene melalui ingesti:

Tabel 2.4 Dampak Pajanan Benzene Melalui Ingesti

Efek	Durasi pajanan	Sistem	NOAEL (mg/kg/hari)	LOAEL (mg/kg/hari)	
				Kurang serius	Serius
Kematian	Sekali			126	
Neurologi	Sekali				

Sumber : ATSDR, 2005

### - Akut

Dampak akut adalah suatu dampak yang diakibatkan oleh benzene dengan gejala yang dapat langsung dirasakan dalam waktu yang cepat yaitu 14 hari. Pajanan akut terjadi ketika seseorang menghirup uap benzene pada tingkat yang tinggi yaitu sebesar 20.000 ppm selama waktu 5-10 menit.

Pajanan benzene yang terjadi selama 15-365 hari akan berefek pada sistem saraf pusat dimana dapat menyebabkan rasa kantuk, pening, sakit kepala, gemetar, bingung sampai tidak sadarkan diri atau pingsan. Gejala klinis tersebut dapat berkembang menjadi paralisis, ketidaksadaran, dan kejang-kejang hingga kematian dapat terjadi.

Apabila seseorang mengonsumsi makanan atau air yang telah terkontaminasi benzene dengan konsentrasi yang tinggi akan menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan sehingga menyebabkan muntah-muntah. Selain itu

pajanan benzene juga akan mempengaruhi sistem syaraf pusat yang dapat menyebabkan kejang, tremor, iritasi, tertekan/depresi, kehilangan keseimbangan dan koordinasi, pening, sakit kepala, kepacatan, serta dapat mengganggu saluran pernafasan yaitu susah bernafas dan konstaksi dada. Selain itu juga dapat mengganggu sistem kardiovaskuler dengan gejala denyut nadi yang melemah ataupun denyut nadi yang semakin kencang

Pajanan benzene cair atau uap benzene dapat mengiritasi kulit, mata, tenggorokan dan saluran napas. Pemajanan pada kulit dapat mengakibatkan kulit menjadi kemerahan dan melepuh. Benzene merupakan pelarut yang mudah menguap, uap dari benzene juga dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan dan iritasi mata. Sedangkan pada kasus yang lebih parah pajanan benzene dapat menyebabkan kematian setelah menghirup atau menelan benzene pada level yang sangat tinggi (Lu Frank: 1995 dan Leo & Rosen, 2010).

Efek akut dari pajanan benzene adalah terganggunya organ reproduksi. Berdasarkan data yang ada, beberapa wanita yang menghirup benzene dalam konsentrasi yang tinggi selama beberapa bulan akan mengalami gangguan menstruasi dan penyusutan indung telur, tetapi hal ini masih belum diketahui secara jelas apakah benzene yang mengakibatkan efek tersebut. Namun masih belum diketahui apakah pajanan benzene dapat berefek pada janin yang sedang dikandung atau kemandulan pada laki-laki (Leo & Rosen, 2010).

### **Efek Kronik**

Selain efek akut, benzene dapat menyebabkan efek kronis. Efek kronik terjadi akibat pajanan benzene dalam waktu lebih dari 1 tahun. (ATSDR, 2005) Dampak yang timbul akibat pajanan benzene kronik adalah terganggunya sumsum tulang yang merupakan tempat produksi sel darah.

Efek toksik pada sumsum tulang ini terjadi secara laten dan sering ireversibel. Hal ini mungkin disebabkan oleh metabolit benzena epoksida yang akan menimbulkan kerusakan genetik dari DNA pada perkembangan tunas-tunas sel dalam tulang rawan, meningkatkan pertumbuhan myeloblast (precursor sel-sel darah putih) dan penurunan jumlah hitung sel darah merah dan platelet. Jumlah hitung platelet normal mendekati 250.000 dengan range dari 140.000 sampai

400.000. Apabila jumlah hitung diluar kisaran ini merupakan bukti akibat toksik dari benzena. Sehingga benzene juga dapat mempengaruhi sistem hematopoietic, dimana benzene berperan dalam menekan sumsum tulang belakang sehingga akan menyebabkan penurunan jumlah eritrosit, leukosit dan trombosit yang ada di dalam darah (Lu,1995).

Benzene dapat menimbulkan kelainan cytogenetic di dalam sumsum tulang yang akan berlanjut dengan terjadinya mutasi gen dan mutasi somatik yang kemudian akan menyebabkan kanker leukemia. Leukemia adalah suatu keganasan hematologic yang diakibatkan oleh proses neoplastik yang disertai gangguan diferensiasi pada berbagai tingkatan sel induk hemopoetik sehingga terjadi ekspansi progresif dari kelompok sel ganas ke dalam sumsum tulang kemudian sel leukemia beredar secara sistemik (Bakta, 2003). Leukemia dibagi menjadi dua macam yaitu leukemia akut dan leukemia kronik.

Leukemia akut merupakan leukemia dengan perjalanan klinis yang cepat. Leukemia akut dibagi kembali menjadi 2 golongan besar yaitu ALL (*Acute lymphoblastic leukemia*) dan AML (*Acute myeloid leukemia*) atau ANLL (*Acute nonlymphoblastic leukemia*). Patofisiologi dari leukemia jenis ini dimulai dengan transformasi ganas sel induk hematologic atau turunannya yang menghasilkan sel leukemia sehingga mengakibatkan penekanan hemopoesis normal sehingga terjadi kegagalan di sumsum tulang, infiltrasi sel leukemia ke dalam organ sehingga menimbulkan organomegali, serta katabolisme sel meningkat sehingga terjadi keadaan hiperkatabolik.

Leukemia kronik atau yang disebut dengan CML (*Chronic myeloid leukemia*) merupakan gejala yang timbul perlahan-lahan dan sel leukemia berasal dari transformasi sel induk myeloid. Patogenesis dari CML adalah pada CML dijumpi *Philadelphia chromosom* (Ph1 chr) yang merupakan suatu *reciprocal translocation* 9,22 (t 9;22). Pada t 9;22 terjadi translokasi sebagian materi genetic pada lengan panjang kromosom 22 ke lengan panjang kromosom 9 yang bersifat resiprokal. Hal ini mengakibatkan sebagian besar onkogen ABL pada lengan panjang kromosom 9 bergabung dengan onkogen BCR pada lengan panjang kromosom 22. Sehingga gen baru akan mentranskripsikan *chimeric RNA* sehingga terbentuk *chimeric protein*. Karena timbulnya protein baru ini akan

mempengaruhi transduksi sinyal terutama melalui *tyrosin kinase* ke inti sel sehingga terjadi kelebihan dorongan proliferasi pada sel-sel myeloid dan menurunnya apoptosis. Hal ini mengakibatkan proliferasi pada sel myeloid (Bakta, 2003).

### **Faktor yang Mempengaruhi Dampak Kesehatan**

Dampak kesehatan yang diakibatkan oleh pajanan benzene disebabkan oleh beberapa hal yaitu besarnya dosis pajanan, lamanya pajanan, dan ras tau keturunan dari setiap individu.

Semakin besar dosis pajanan yang diterima individu maka semakin besar dampak kesehatan yang mungkin muncul akibat pajanan bahan berbahaya. Nilai intake dosis pajanan berbanding lurus dengan risiko kesehatan yang muncul (Louvar, 1998). Hal yang sama juga terjadi akibat lamanya pajanan suatu bahan berbahaya. Dampak yang diakibatkan oleh lamanya pajanan yang terjadi pada individu berpengaruh dengan outcome penyakit yang diakibatkannya. Dampak kesehatan akibat benzene berupa kanker leukemia dapat diakibatkan oleh pajanan kronik yang terjadi selama beberapa tahun yang terjadi secara terus menerus (ATSDR, 2005)

Kanker adalah penyakit yang disebabkan oleh faktor lingkungan sebesar 90-95% dan 5-10% diakibatkan karena faktor genetic atau keturunan (American Cancer Society, 2011). Sehingga factor genetic atau keturunan dapat dikatakan sebagai salah satu factor untuk timbulnya kanker pada satu individu. Kanker yang diakibatkan oleh factor genetic ini disebabkan karena terdapatnya gen yang tidak normal yang terbawa dari setiap generasi pada suatu keluarga. Namun hal ini sangat sedikit pengaruhnya karena factor lingkungan dan perilaku individu yang menjadi penyebab utama seseorang menderita kanker.

### **2.2 Nilai Ambang Batas**

Beberapa aturan pemerintah baik nasional maupun internasional telah mengatur mengenai batasan konsentrasi pajanan benzene. *Occupational Safety and Health Administration* (OHS) mengizinkan batas pemajanan sebesar 1 ppm ( $5 \text{ mg/m}^3$ ) pada rata-rata waktu kerja 8 jam dan batas pemajanan maksimum

jangka pendek adalah 5 ppm ( $15 \text{ mg/m}^3$ ) dengan jangka waktu 15 menit (ATSDR, 2010). Oleh karena itu OSHA mengharuskan pekerja untuk menggunakan alat pelindung diri seperti respirator selama bekerja pada lokasi dengan potensi pajanan benzene yang tinggi.

Sedangkan menurut ACGIH (*American Conference of Government Industrial Hygienists*) menetapkan batasnya berdasarkan TLV (TWA) 0,5 ppm dan STEL sebesar 2,5 ppm (ACGIH, 2010).

EPA membatasi persentase benzene yang diperbolehkan pada bensin rata-rata adalah 1% dengan nilai maksimum 5% pada tahun 1990. Sekarang pada tahun 2011, batasan tersebut dikurangi banyak yaitu rata-rata hanya diperbolehkan 0,62% dengan nilai maksimum 1,3%. Batas konsentrasi benzene pada air minum adalah 5 ppb (part per billion) (Leo & Rosen, 2010). Sedangkan NIOSH menetapkan batas pajanan benzene menurut REL (8 jam TWA) adalah 0,1 ppm dan STEL sebesar 1 ppm (NIOSH, 2005).

Di Indonesia sendiri peraturan yang mengatur tentang NAB (Nilai Ambang Batas) benzene adalah Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor: SE OI/MENAKER/1997 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja, yaitu sebesar 10 ppm atau  $32 \text{ mg/m}^3$  (Departemen Tenaga Kerja RI, 1997). Benzene diklasifikasikan sebagai karsinogenitas A-2, yaitu diperkirakan karsinogen untuk manusia (*Suspected Human Carcinogen*), sehingga dibutuhkan Indikator Pajanan Biologi (IPB) dan BEI (*Biological Exposures Indices*).

Sedangkan IRIS (*Integrated Risk Information System*) telah menetapkan dosis respon benzene yang diperbolehkan melalui RfD dan RfC. RfD atau *reference dose* benzene adalah batasan dosis respon melalui jalur ingesti yaitu sebesar  $4 \times 10^{-3} \text{ mg/kg/hari}$ . Sedangkan RfC atau *reference concentration* adalah batasan dosis respon benzene melalui jalur inhalasi adaah  $0,03 \text{ mg/m}^3$  (IRIS, 2003).

### 2.3 Monitoring Pajanan

Monitoring adalah suatu program berkelanjutan yang terdiri dari observasi, pengukuran dan memutuskan dalam rangka mengenali bahaya kesehatan yang

potensial dan memutuskan apakah perlindungannya telah cukup baik (Lestari, 2010). Monitoring dilakukan dengan beberapa tujuan yaitu mengevaluasi derajat pajanan terhadap pekerja, mendapatkan gambaran nilai pengukuran yang diperlukan dalam rangka melakukan kontrol secara teknis, melihat efek dari suatu perubahan proses, dan mengevaluasi pajanan terhadap pekerja. Monitoring pajanan dapat dilakukan menggunakan 4 cara yaitu dengan monitoring biologis, monitoring lingkungan, monitoring personal dan monitoring medis.

1. Monitoring personal adalah pengukuran pajanan kontaminan udara terhadap pekerja. Ketika dilakukan monitoring personal maka alat ukur diletakkan sedekat mungkin dengan jalur masuk pajanan ke dalam tubuh manusia.
2. Monitoring lingkungan dilakukan untuk mengukur pajanan di tempat kerja. Alat ukur kontaminan diletakkan ketika pekerja biasanya bekerja.
3. Monitoring biologis merupakan proses pengukuran kontaminan yang telah diabsorpsi dan masuk ke dalam tubuh manusia. Metode pengukuran ini melibatkan pengukuran perubahan komposisi cairan tubuh, jaringan atau udara ekshalasi.
4. Monitoring medis adalah pengujian oleh petugas medis untuk melihat respon seseorang terhadap toksikan.

#### **2.4 Prosedur Sampling di Lingkungan Kerja**

Tahapan yang dilakukan dalam pengukuran sampel dengan menggunakan metode NIOSH adalah sebagai berikut :

1. Survei material yang digunakan di tempat kerja. Hal ini bertujuan untuk memperoleh informasi bahan kimia yang digunakan di lingkungan kerja yang berpotensi menimbulkan pajanan bagi pekerja.
2. Proses operasi sebagai sumber kontaminan. Proses operasi yang berlangsung di lingkungan kerja dapat berasal dari
  - Proses yang menghasilkan debu.
  - Proses yang melibatkan pembakaran.
  - Proses yang melibatkan peleburan.

- Proses yang melibatkan cairan yang mengandung pelarut.

3. Observasi tempat kerja. Observasi tempat kerja ini dilakukan untuk mengetahui apakah pekerja terpajan bahan kimia berbahaya atau tidak selama bekerja. Observasi ke tempat kerja dapat memberikan informasi tambahan sebagai berikut :

- Sumber kontaminan udara.

- Jarak pekerja dibandingkan dengan sumber kontaminan, karena semakin dekat posisi kerja terhadap kontaminan maka semakin tinggi kemungkinan untuk terpajan.

- Melihat laju alir udara dan suhu di tempat kerja.

- Mengamati prosedur dan metode kerja yang dilakukan di suatu tempat kerja.

- Mengetahui ada tidaknya ventilasi udara di lingkungan kerja tersebut.

- Mengetahui kebiasaan pekerja serta mengetahui tindakan pengendalian yang dilakukan di tempat kerja tersebut.

4. Keluhan pada pekerja. Keluhan atau gejala yang dirasakan pekerja harus dipertimbangkan dalam menentukan kebutuhan kajian pajanan.

Menurut *Occupational Exposure Sampling Manual* terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam sampling yaitu :

1. Penentuan pekerja yang akan disampel. NIOSH merekomendasikan beberapa jenis pendekatan yang dapat dilakukan yaitu :

- Pemilihan berdasarkan *maximum risk employee* dimana pekerja yang diasumsikan memiliki pajanan tertinggi.

- Pemilihan random sampling dari sekelompok pekerja yang memiliki risiko homogen.

- Pemilihan sampel untuk periodik monitoring. Hal ini dilakukan apabila konsentrasi suatu bahan pencemar sudah melebihi NAB.

2. Jenis Sampel yang diambil meliputi *personal*, *breathing zone* dan *general air sample*.

- *Personal Sampel* dilakukan dengan meletakkan peralatan sampling pada pekerja dan dipakai secara terus menerus oleh pekerja selama waktu bekerja dan istirahat.

- *Breathing Zone Sample* dilakukan dengan meletakkan peralatan sampling di dekat saluran pernapasan dan peralatan sampel dibawa oleh pengambil sampel.
  - *General Air Sample* dilakukan dengan meletakkan peralatan sampling ditempat-tempat yang telah ditetapkan di lingkungan kerja yang disebut dengan area sampling. Metode ini digunakan untuk menggambarkan pajanan di lingkungan.
3. Strategi pengukuran pajanan dapat dilakukan dengan beberapa pilihan yaitu:
- Sampling untuk TWA berlangsung selama 8 jam sedangkan sampling untuk *ceiling* berlangsung selama 15 menit.
  - *Full Period* (selama 8 jam kerja untuk pengukuran TLV-TWA), *Partial Period* (kurang dari *Full Period*) dan *Grab Sampling* (dilakukan selama 10 menit).
  - *Single sample* dan *consecutive sampel* (lebih dari satu sampel).

### **Sampling dan Analisis Benzene**

Proses pengambilan sampel udara yang berbentuk uap dan gas sangat bergantung dari sifat kimiawi kontaminan. Pada dasarnya terdapat empat mekanisme yaitu adsorbs, absorbs, reaksi antar kontaminan gas dan uap, serta *grab sampling*.

Pada pengambilan sampling benzene menggunakan mekanisme adsorbs yaitu kontaminan gas dan uap ditangkap pada permukaan suatu media sorben yang padat (*activated carbon*). Udara ditangkap melalui tabung gelas kecil yang didalamnya berisi padatan sorben (*activated carbon*). Tabung ini memiliki dua bagian yaitu bagian depan yang merupakan lapisan utama sorben yang akan menangkap gas dan uap. Bagian kedua adalah bagian belakang yang merupakan bagian cadangan untuk menampung kontaminan yang tidak dapat tertampung pada bagian depan.

Perangkat lain yang dibutuhkan dalam sampling benzene adalah pelindung *sample tube*, *low flow tube holder* yang dapat diadjust, selang yang fleksibel dan

pompa sampling. Alat-alat ini diletakkan di dekat pekerja selama 30 menit selama dilakukan sampling.

Ada beberapa tahapan untuk pengambilan sampel benzene di udara, yaitu :

- ✚ Menyiapkan vacuum pump (pompa sampling udara) dan flow meter.
- ✚ Menyiapkan carcoal tube dengan kedua ujungnya dilepaskan agar udara dapat masuk kedalamnya.
- ✚ Merangkai carcoal tube pada sampling pump.
- ✚ Mengatur kecepatan aliran udara antara 0,01 sampai dengan 0,2 liter/menit.
- ✚ Memasang sampling pump pada lokasi pengukuran sampai udara terserap sebanyak 5 sampai dengan 30 liter.
- ✚ Melepaskan carcoal dari sampling pump dan menutup ujung-ujung carcoal yang terbuka dengan tutupnya.

Setelah sampel diambil maka tahap selanjutnya adalah pengawetan sampel apabila sampelnya tidak sempat langsung dianalisis yaitu dengan cara menyimpan carcoal yang telah ditutup kedua ujungnya di suhu 4°C.

Metode yang digunakan untuk menentukan menganalisis kadar benzene ( $C_6H_6$ ) adalah dengan *gas chromatography Flame Ionisasi Detector* pada limit deteksi 0,001 sampai 0,01 mg per sampel dengan acuan dari NIOSH 1500-1994. Bahan yang dibutuhkan untuk pengambilan analisis benzene adalah *carcoal tube*, *carbon disulfide*, gas nitrogen, udara tekan gas hydrogen dan stock standar benzene. Sedangkan untuk peralatan yang dibutuhkan adalah *gas chromatography FID*, *Column* dan *integrator*, *personal sampling pump* dengan *flexible connecting tubing*, *vials glass* 5 ml dengan tutup, *syringes* 5, 10, 25 dan 100  $\mu$ L, *volumetric flasks* 25ml, pipet 1ml dan pipet bulb serta timbangan analitik.

Dalam menganalisis benzene ada beberapa hal yang dibutuhkan yaitu pertama yang harus disediakan adalah larutan stock standard benzene. Cara pembuatannya adalah :

- Mengambil 10ml larutan CS<sub>2</sub> dengan pipet ke dalam labu ukur 25ml kemudian ditimbang untuk mengetahui berat awalnya.

- Menambahkan beberapa tetes stock standar (2 tetes) kemudian ditimbang untuk mengetahui berat akhirnya.
- Menambahkan CS<sub>2</sub> sampai batas yang telah ditentukan.

Selain larutan stock standard, diperlukan juga larutan kerja. Cara pembuatan larutan kerja adalah sebagai berikut :

- Masukkan 0,01 ml; 1 ml; 2 ml; 3 ml; 4 ml; 5 ml larutan stock standard benzene ke dalam 6 labu ukur 10 ml.
- Menambahkan CS<sub>2</sub> ke dalam masing-masing labu ukur sampai tanda yang telah dibuat.

Setelah selesai membuat 2 jenis larutan tersebut, tahap selanjutnya adalah pembuatan kurva kalibrasi. Caranya adalah :

- Mengatur gas chromatography untuk pengujian benzene sesuai dengan petunjuk penggunaan alat
- Aspirasikan ke dalam gas chromatography larutan kerja 0,01 mg/ml; 1 mg/ml; 2 mg/ml; 3 mg/ml; 4 mg/ml; 5 mg/ml.
- Membuat kurva kalibrasi dari data yang telah ditentukan diatas atau dengan menentukan persamaan garis lurus nya.

Sebelum masuk ke dalam perhitungan rumus, maka benzene yang telah diambil harus dibaca menggunakan gas chromatography dengan cara:

- Menyiapkan tabung vial glass 5 ml yang diisi dengan larutan karbon disulfide 1ml.
- Memecahkan carcoal tube dan memasukkan isinya ke dalam tabung vial glass, lalu dikocok-kocok selama 1 menit dan diamkan selama 30 menit.
- Menginjeksikan standard benzene sebanyak 5 $\mu$ L dengan syringe injection ke dalam gas chromatography dengan temperature yang telah di program sebagai berikut :

- Temperature coloum 50<sup>0</sup>C

- Temperature detector 225<sup>0</sup>C
- Temperature injection 225<sup>0</sup>C
- Menginjeksikan sampel benzene dan melakukan hal yang sama dengan larutan standard
- Menginjeksikan blanko dan melakukan hal yang sama dengan larutan standar dan larutan sampel.

Tahap terakhir dalam menganalisis kadar benzene di udara adalah perhitungan menggunakan rumus :

$$C = \frac{(Wd + Wb - Bd - Bb \times 1000)}{v} = \dots \frac{mg}{m^3} \quad (2.1)$$

Keterangan :

C : konsentrasi benzene (mg/m<sup>3</sup>)

Wd : sampel depan (mg)

Wb : sampel belakang (mg)

Bd : blanko depan (mg)

Bb : blanko belakang (mg)

V : volume udara (Liter)

Persen temu balik :

$$\%R = \frac{A - B}{C} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan :

%R : persen temu balik (%)

A : kadar contoh uji yang dispiked ( $\mu$ g/g)

B : kadar contoh uji yang tidak dispiked ( $\mu$ g/g)

C : kadar standar yang diperoleh (target value)

$$= \frac{y}{v} \times c \quad (2.3)$$

Dengan pengertian :

y : volume standar yang ditambahkan (ml)

c : kadar benzene yang ditambahkan (mg/L)

v : volume akhir (ml)

## 2.5 Pencegahan Paparan

Paparan benzene ke manusia dapat dikurangi menggunakan beberapa cara. Paparan benzene biasanya terjadi di lingkungan kerja sehingga cara mencegah paparan benzene dapat dilakukan dengan mengurangi dan menutup sumber paparan benzene, mengganti benzene dengan pelarut lainnya yang lebih aman dibanding benzene dan menggunakan alat pelindung diri selama bekerja.

Cara lain untuk mengurangi paparan benzene adalah dengan menjauhi asap rokok, dan berhenti merokok apabila pekerja merupakan seorang perokok aktif. Hal ini diakibatkan karena asap rokok merupakan sumber paparan benzene. Selain itu membatasi uap bensin ketika mengisi bensin dan memilih tempat pengisian bahan bakar dengan sistem yang aman dimana dapat menjaga uap bensin yang mengandung benzene agar tidak terlalu banyak keluar. Serta dengan menjauhi bensin kontak langsung dengan kulit.

Selain dari bensin, benzene juga terdapat di cat, lem dan bahan-bahan lainnya, sehingga untuk mengurangi paparan benzene dapat dilakukan dengan meminimalisasi atau menghindari paparan uap dari bahan-bahan tersebut dan meletakkan bahan-bahan tersebut pada ruangan yang memiliki ventilasi yang cukup besar.

Akibat paparan benzene jangka pendek hingga paparan benzene dengan konsentrasi yang tinggi, CDC menyarankan untuk dapat berada sejauh mungkin dari sumber paparan, memindahkan pakaian yang masih terdapat benzene di dalamnya, mencuci area yang terpapar benzene dengan sabun dan air, dan mendapatkan pengobatan lebih cepat apabila terpapar benzene. Apabila telah terpapar benzene pada jangka waktu yang lama maka dapat dilakukan pemeriksaan metabolit benzene dalam darah atau pernapasan. Ketika mata seperti terbakar atau penglihatan tidak jelas setelah paparan benzene, maka hal pertama yang harus dilakukan adalah membasuh mata dengan air bersih selama 10 sampai 15 menit. Namun apabila lensa kontak yang terpapar benzene, cuci tangan sebelum ambil lensa kontak tersebut dan jangan gunakan lensa kontak itu lagi. Selain itu

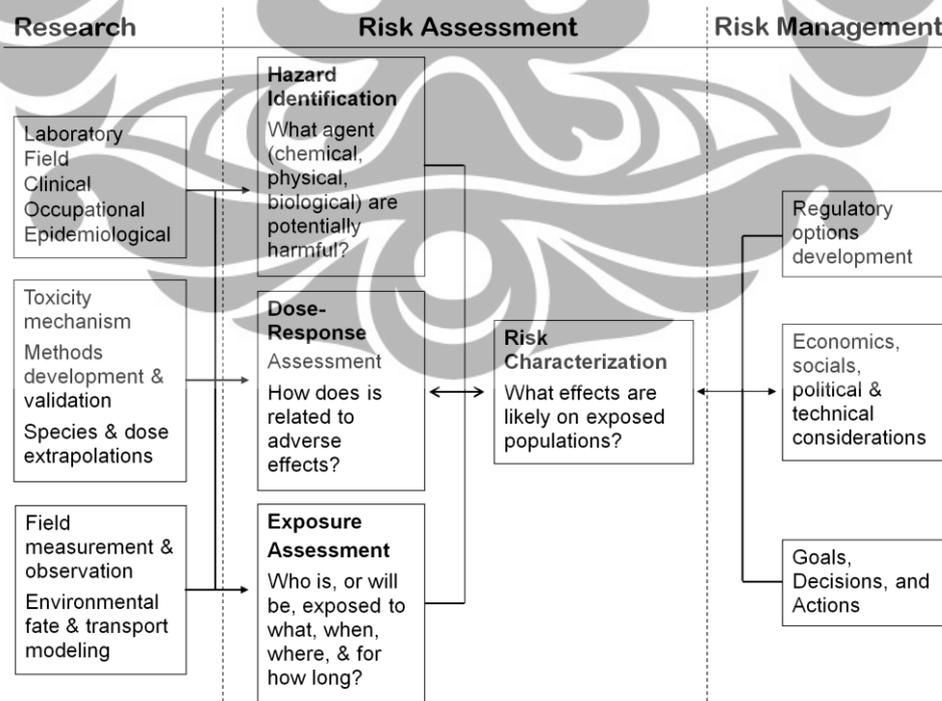
apabila kacamata yang terkena benzene maka cuci kacamata itu dengan sabun dan air dan kacamata itu dapat digunakan lagi.

## 2.6 Analisis Risiko

### 2.6.1 Pengertian Analisis Risiko

Risiko adalah kemungkinan dari terjadinya efek yang tidak diinginkan akibat pajanan dari suatu polutan. Sedangkan analisis risiko disebut juga dengan *risk assessment* merupakan karakteristik efek yang potensial merugikan kesehatan manusia oleh pajanan bahaya lingkungan. Sedangkan menurut EPA, analisis risiko adalah suatu alat pengelolaan risiko yaitu proses penilaian bersama para ilmuwan dan birokrat untuk memprakirakan peningkatan risiko kesehatan manusia yang terpajan oleh zat-zat toksik.

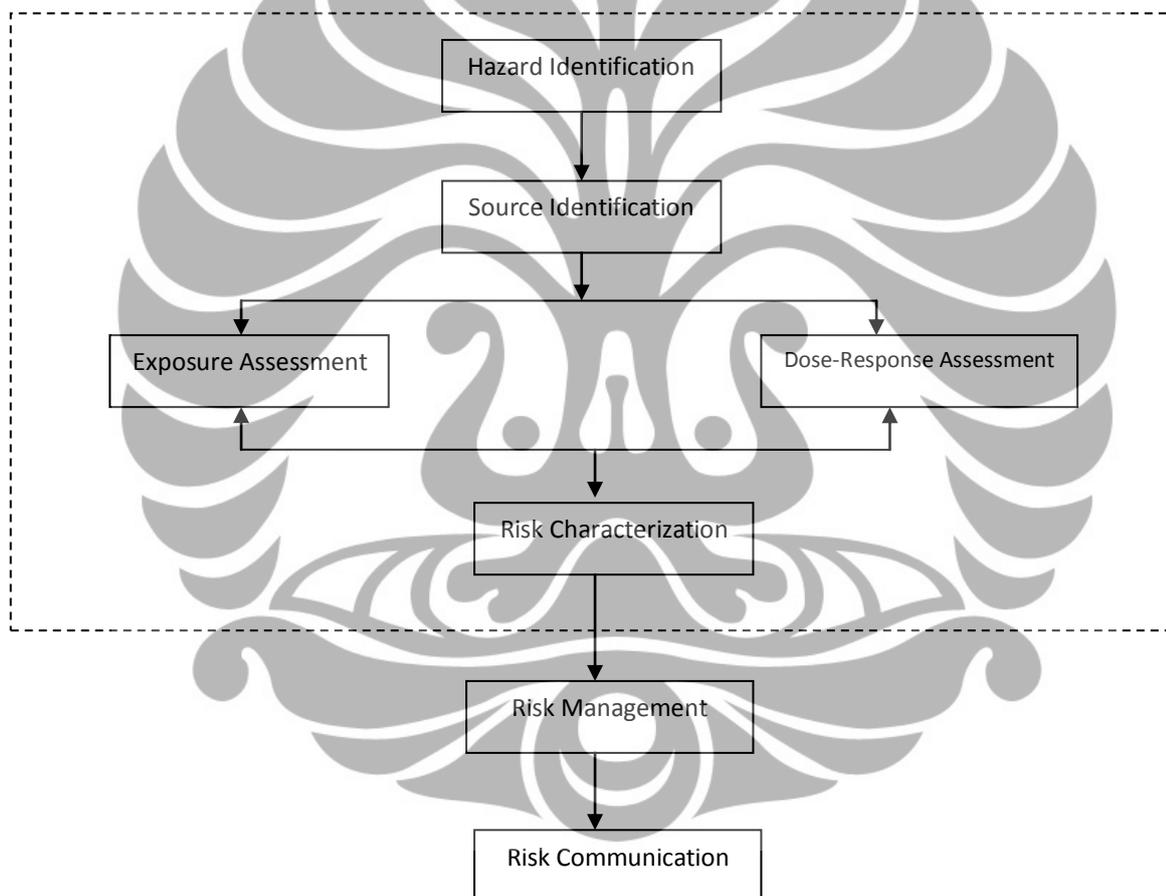
Paradigma analisis risiko untuk kesehatan masyarakat pertama kali ditemukan tahun 1983 oleh *US National Academic of Science* untuk menilai risiko kanker oleh bahan kimia dalam makanan (NCR, 1983). Risk analysis dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu penelitian (*research*), analisis risiko (*risk assessment*), dan manajemen risiko (*risk management*).



Gambar 2.2 Paradigma Analisis Risiko (NRC,1983)

Tujuan analisis resiko adalah untuk menyediakan kerangka ilmiah dalam membantu para pengambil keputusan dan orang-orang yang berkepentingan (legislatif dan eksekutif, industri dan penduduk yang peduli) dalam memecahkan masalah-masalah lingkungan dan kesehatan.

Langkah analisis resiko adalah identifikasi bahaya, penilaian resiko, pengelolaan resiko, dan komunikasi resiko. Namun Louvar dan Louvar mendeskripsikan analisis risiko seperti gambar di bawah ini, dimana analisis risiko hanya dilakukan pada bagian kotal garis-garis sedangkan manajemen risiko dan komunikasi risiko berada di luar lingkup analisis risiko.



Gambar 2.3 Tahapan Analisis Risiko (Louvar & Louvar,1998)

### 2.6.2 Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*)

*Hazard* atau bahaya memiliki arti sumber dari risiko. Sedangkan identifikasi risiko berarti suatu proses untuk mengenali semua bahaya yang ada dengan

potensi merugikan manusia dan lingkungan sekitarnya. (Louvar & Louvar, 1998). Identifikasi bahaya merupakan langkah awal pada analisis risiko.

Bahan berbahaya diidentifikasi dengan membandingkannya dengan bahan kimia yang sudah ada pada daftar yang telah diketahui sebagai bahan berbahaya, diketahui sebagai bahan karsinogen, berpotensi karsinogen, dan bahan kimia yang memiliki efek bagi kesehatan manusia. Pengujian toksisitas sangat diperlukan untuk bahan kimia yang belum ada pada daftar bahan berbahaya.

### 2.6.3 Penilaian Risiko (*risk assessment*)

Tujuan identifikasi resiko adalah untuk menentukan keberadaan bahaya lingkungan pada suatu lokasi. Bahaya diartikan sebagai zat-zat toksik atau kondisi-kondisi spesifik yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan. Penentuan tingkat bahaya suatu bahan kimia dapat dilakukan dengan membandingkan zat berbahaya dengan daftar zat-zat toksik yang ada. Zat toksik biasanya dikelompokkan menjadi kelompok karsinogen, berpotensi karsinogen dan bukan karsinogen (Louvar & Louvar, 1998).

Setelah bahaya telah diidentifikasi maka sumber dari bahaya tersebut harus diidentifikasi juga. Identifikasi tersebut meliputi proses produksi, pemakaian, dan penuangan dengan variabel volume produksi dan pemakaian, laju buangan, lokasi pembuangan, kondisi ruangan, wujud fisik buangan, dan sifat fisik-kimia buangan.

### 2.6.4 Penilaian pajanan (*exposure assessment*)

Pemajanan atau *exposure* adalah proses kontak seseorang dengan satu atau lebih agen lingkungan menurut waktu dan ruang. Sedangkan penilaian pemajanan (*Exposure assessment*) adalah pengukuran/estimasi konsentrasi/jumlah/intensitas agen risiko yang kontak dengan tubuh melalui tempat-tempat masuk yang potensial (kulit, paru-paru, saluran pencernaan (Louvar & Louvar, 1998). Dalam proses penilaian pemajanan akan didapatkan informasi mengenai jalur/rute pajanan (*exposure pathways*) yang ditempuh agen risiko, identifikasi media lingkungan, penentuan konsentrasi/jumlah/intensitas agen risiko, penentuan waktu, frekuensi, dan durasi pajanan dan identifikasi populasi yang terpajan

Data dari penilaian pajanan didapatkan dari pengukuran langsung, model matematis, atau perkiraan ilmiah. Tahap penilaian analisis ini ditujukan untuk memperkirakan besar pajanan setiap zat toksik pada manusia yang perlu dihitung jumlahnya secara kuantitas.

Rute pajanan dibutuhkan untuk mengetahui apakah suatu zat toksik bersifat eksklusif atau inklusif (multijalur). Dalam analisis ini, rute pajanan biasanya ditetapkan *critical pathways* yaitu jalur pemajanan yang dominan. Jalur pemajanan ini menyangkut media lingkungan apa yang menjadi sarana pengantar zat toksik itu masuk ke dalam tubuh manusia.

### **Penilaian dosis response**

Dosis adalah jumlah agen risiko yang terhirup (*inhaled*), tertelan (*ingested*), atau terserap (*absorbed*) per kg berat badan per hari. Sedangkan pengertian respon adalah efek yang ditimbulkan dosis yang bersangkutan dapat bervariasi, mulai dari yang tak teramati dan reversibel, kerusakan organ menetap, kelainan fungsional kronik, sampai kematian.

Analisis yang dilakukan dalam penilaian dosis respon (*toxicity assessment*) adalah :

- Identifikasi jenis efek yang merugikan yang berhubungan dengan pemajanan zat toksik yang telah diidentifikasi.
- Memprakirakan hubungan besar pajanan dengan efek yang merugikan.
- Pernyataan tentang ketidakpastian dan kekurangan data dan informasi.

Sumber indikasi efek merugikan kesehatan antara lain meliputi :

- Uji hayati (*bioassay*)
- Studi epidemiologi
- Kasus klinik
- *Structure-reactivity relationship*

Hubungan antara dosis respon suatu zat toksik akan menunjukkan tingkat toksisitas zat itu sendiri. Toksisitas suatu zat biasanya dinyatakan sebagai berikut :

**UNIVERSITAS INDONESIA**

- NOEL (*No Observed Adverse Effect Level*) adalah tingkat pajanan tertinggi dimana efek biologis tidak ada atau tidak teramati.
- LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*) adalah tingkat pajanan paling rendah dimana efek biologisnya dapat teramati.
- ED (*effective dose*) adalah efek temporer dan permanen akibat suatu zat toksik. Contohnya adalah iritasi mata dan gangguan pernapasan.
- TD (*toxic dose*) adalah luka permanen akibat suatu zat toksik. Contohnya adalah kerusakan liver oleh vinyl klorida.
- Efek fungsional kronik seperti emfisema karena merokok.
- LD (*lethal dose*) atau LC (*lethal concentration*) adalah efek mematikan dari suatu zat toksik apabila masuk ke dalam tubuh manusia.

Rumus yang digunakan untuk menghitung *intake* atau asupan adalah sebagai berikut:

$$Intake = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times tavg} \quad (2.4)$$

Keterangan :

- I : *Intake*, jumlah agen risiko yang diterima individu per berat badan per hari (mg/kg/hari).
- C : Konsentrasi *risk agent*, mg/m<sup>3</sup>
- R : Laju asupan (ntake rate), US-EPA default 0,83 m<sup>3</sup>/jam
- tE : Waktu pajanan harian, jam/hari
- fE : Frekuensi pajanan tahunan, hari/tahun
- Dt : Durasi pajanan, real time atau 30 tahun (*default proyeksi life span*) atau 70 tahun (*US-EPA life expectancy default*)
- Wb : Berat badan, kg

- $T_{avg}$  : Periode waktu rata-rata, 30 tahun x 365 hari/tahun  
(nonkarsinogen) atau 70 tahun x 365 hari/tahun (karsinogen)

### 2.6.5 Faktor yang Mempengaruhi Paparan Pekerja

Besarnya paparan benzene yang terjadi pada setiap individu berbeda-beda. Hal ini diakibatkan oleh beberapa faktor dari masing-masing individu itu sendiri yang meliputi usia, berat badan, jenis kelamin, daya tahan tubuh, perilaku hidup sehat, lama paparan, frekuensi paparan, durasi paparan dan pekerjaan yang pernah dilakukan sebelumnya.

Lama paparan adalah lamanya seseorang terpapar bahaya dalam satuan jam per hari. Sedangkan frekuensi paparan adalah banyaknya hari per tahun bagi seseorang terpapar suatu bahaya di suatu lingkungan. Durasi paparan adalah lamanya seseorang terpapar suatu bahaya dalam satuan tahun. Durasi paparan seseorang berhubungan dengan pekerjaan yang sebelumnya pernah ia tekuni. Pengalaman kerja seseorang akan mempengaruhi besarnya paparan benzene yang diterima oleh orang tersebut. Berat badan berhubungan dengan banyaknya konsentrasi paparan yang diterima. Variabel lain yang mempengaruhi banyaknya paparan yang masuk ke dalam tubuh manusia adalah usia. Semakin lama seseorang terpapar bahan berbahaya secara terus menerus maka semakin besar juga konsentrasi bahan tersebut di dalam tubuh seseorang tersebut. Sehingga dampak kesehatan yang ditimbulkan akan semakin besar pula.

Jenis kelamin mempengaruhi paparan yang masuk ke dalam tubuh seseorang. Jenis kelamin berhubungan dengan posisi kerja seseorang. Laki-laki memiliki risiko akibat paparan benzene yang lebih besar di dalam industri sepatu karena laki-laki merupakan pelaku utama dalam proses produksi sepatu. Perilaku hidup sehat adalah perilaku yang berkaitan dengan upaya atau kegiatan seseorang untuk mempertahankan dan meningkatkan kesehatannya (Notoatmodjo, 2007). Perilaku hidup sehat ini meliputi beberapa hal yaitu: makan dengan menu seimbang, olahraga teratur, tidak merokok, tidak minum minuman keras, istirahat yang cukup, mengendalikan stress, dan melakukan gaya hidup yang positif serta menggunakan alat pelindung diri selama bekerja untuk mencegah paparan

Sistem kekebalan tubuh atau imunitas merupakan salah satu hal yang mempengaruhi besarnya pajanan yang masuk ke dalam tubuh manusia. Imunitas adalah suatu respon tubuh berupa urutan kejadian yang kompleks terhadap antigen untuk mengeliminasi antigen tersebut. Respon imun ini melibatkan beberapa sel dan protein terutama sel makrofag, sel limfosit, komplemen dan sitokin yang saling berinteraksi secara kompleks (Achmadi, 2006).

### Karakteristik resiko

Tahap karakteristik resiko mencakup dua bagian, yaitu tampilan yang berupa prakiraan risiko secara numerik dan alasan-alasan ilmiah kemaknaan risiko. Pada karakteristik risiko hasil yang didapatkan akan dibandingkan dengan tingkat pajanan yang diukur dan tingkat pajanan yang diperkirakan untuk menentukan apakah pajanan yang ada di suatu tempat tersebut bermasalah atau tidak bagi kesehatan manusia disekitarnya (Louvar & Louvar, 1998).

Karakteristik risiko kesehatan dinyatakan sebagai *Risk Quotient* (RQ, Tingkat Risiko) untuk efek-efek nonkarsinogenik dan *Excess Cancer Risk* (ECR) untuk efek-efek karsinogenik. RQ dihitung dengan membagi asupan nonkarsinogenik (Ink) risk agent dengan RfD atau RfC-nya dengan persamaan

$$RQ = \frac{I}{RfC} \quad (2.2)$$

Keterangan :

I = intake non kanker dari hasil perhitungan pajanan (mg/kg/hari)

RfC = konsentrasi referensi (mg/kg/hari)

Berdasarkan hasil perhitungan RQ akan diketahui apabila nilai  $RQ > 1$  maka konsentrasi agent berisiko dapat menimbulkan efek merugikan kesehatan. Dan jika  $RQ \leq 1$  maka konsentrasi agent belum berisiko dapat menimbulkan efek merugikan kesehatan

Sedangkan karakteristik risiko karsinogenik didapat dengan perhitungan perkiraan tingkat risiko dengan persamaan perhitungan RQ yaitu

$$Excess\ Cancer\ Risk = Intake \times CSF \quad (2.3)$$

Keterangan :

I = Intake kanker dari hasil perhitungan penilaian pajanan (mg/kg/hari)

CSF = konsentrasi referensi (mg/kg/hari)<sup>-1</sup>

EPA membatasi ECR pada rentang  $10^{-4}$  sampai dengan  $10^{-6}$ , ECR dinyatakan sebagai jumlah penduduk yang terkena efek merugikan yang dapat terkenan efek yang merugikan yang dapat berkembang sebagai kanker untuk setiap 10.000, 100.000 atau 1.000.000 penduduk.

### 2.6.6 Pengelolaan Resiko

Pengelolaan risiko atau *risk management* adalah suatu upaya atau tindakan yang didasarkan pada informasi yang ada untuk mencegah, menanggulangi atau memulihkan efek yang merugikan oleh pajanan zat toksik (Louvar & Louvar, 1998). Dalam melakukan pengelolaan risiko dibutuhkan *risk characterization* yang didapatkan dari kalkulasi numerik untuk memperkirakan ukuran risiko dan cara untuk menghilangkan atau mengurangi risiko yang ada. Risiko dinyatakan ada dan harus dikelola apabila  $RQ > 1$ . Pengelolaan risiko dirumuskan dengan membuat  $I = RfD$ , dengan cara mengurangi waktu kontak, menurunkan konsentrasi, atau kombinasi/optimalisasi waktu kontak dan penurunan konsentrasi.

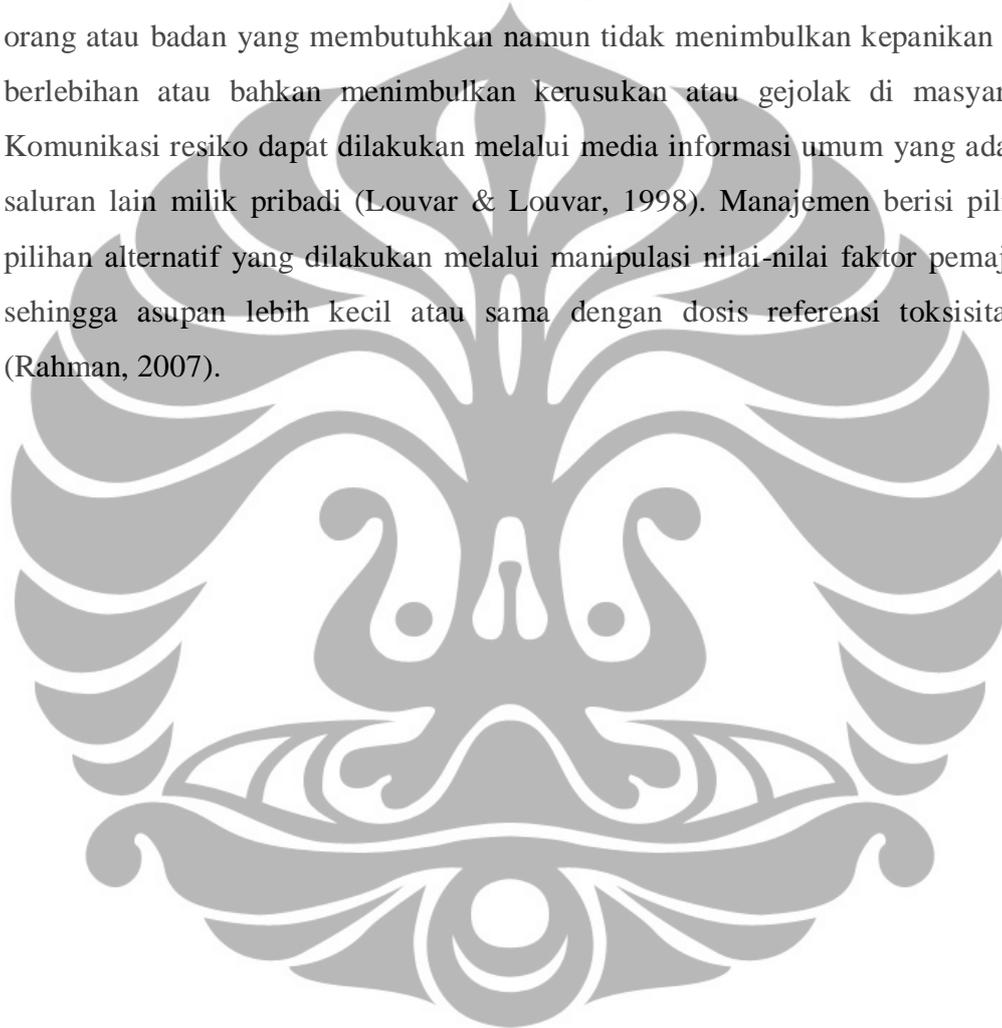
Pengendalian terhadap pajanan bahan kimia di lingkungan kerja dapat dilakukan dalam 3 hal yaitu pencegahan terhadap sumbernya, media pengantar (transmisi) dan terhadap manusia yang terpajan (Suma'mur, 2009).

- Pencegahan Terhadap Sumbernya  
Pencegahan terhadap sumber pajanan dilakukan dengan cara pengontrolan penggunaan bahan berbahaya seperti benzene di ruang kerja. Hal itu dapat dilakukan dengan isolasi sumber agar tidak mengeluarkan konsentrasi benzene di ruang kerja dengan '*Local Exhauster*'.
- Pencegahan Terhadap Transmisi  
Pencegahan pada transmisi atau penyalurannya dapat dilakukan dengan cara memperbanyak ventilasi udara dan alat bantu pertukaran udara di ruang kerja seperti *exhaust van* dan kipas angin.
- Pencegahan terhadap Tenaga Kerja  
Pencegahan pada tenaga kerja dapat dilakukan dengan cara menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) berupa masker, sarung tangan, pakaian dalam

bekerja serta dengan pemberian pembekalan atau informasi mengenai masalah kesehatan dan keselamatan dalam bekerja.

### **2.6.7 Komunikasi resiko**

Komunikasi resiko bertujuan untuk memberitahukan risiko yang mungkin timbul dan akan menimbulkan masalah bagi kesehatan manusia kepada setiap orang atau badan yang membutuhkan namun tidak menimbulkan kepanikan yang berlebihan atau bahkan menimbulkan kerusukan atau gejolak di masyarakat. Komunikasi resiko dapat dilakukan melalui media informasi umum yang ada dan saluran lain milik pribadi (Louvar & Louvar, 1998). Manajemen berisi pilihan-pilihan alternatif yang dilakukan melalui manipulasi nilai-nilai faktor pemajanan sehingga asupan lebih kecil atau sama dengan dosis referensi toksisitasnya (Rahman, 2007).



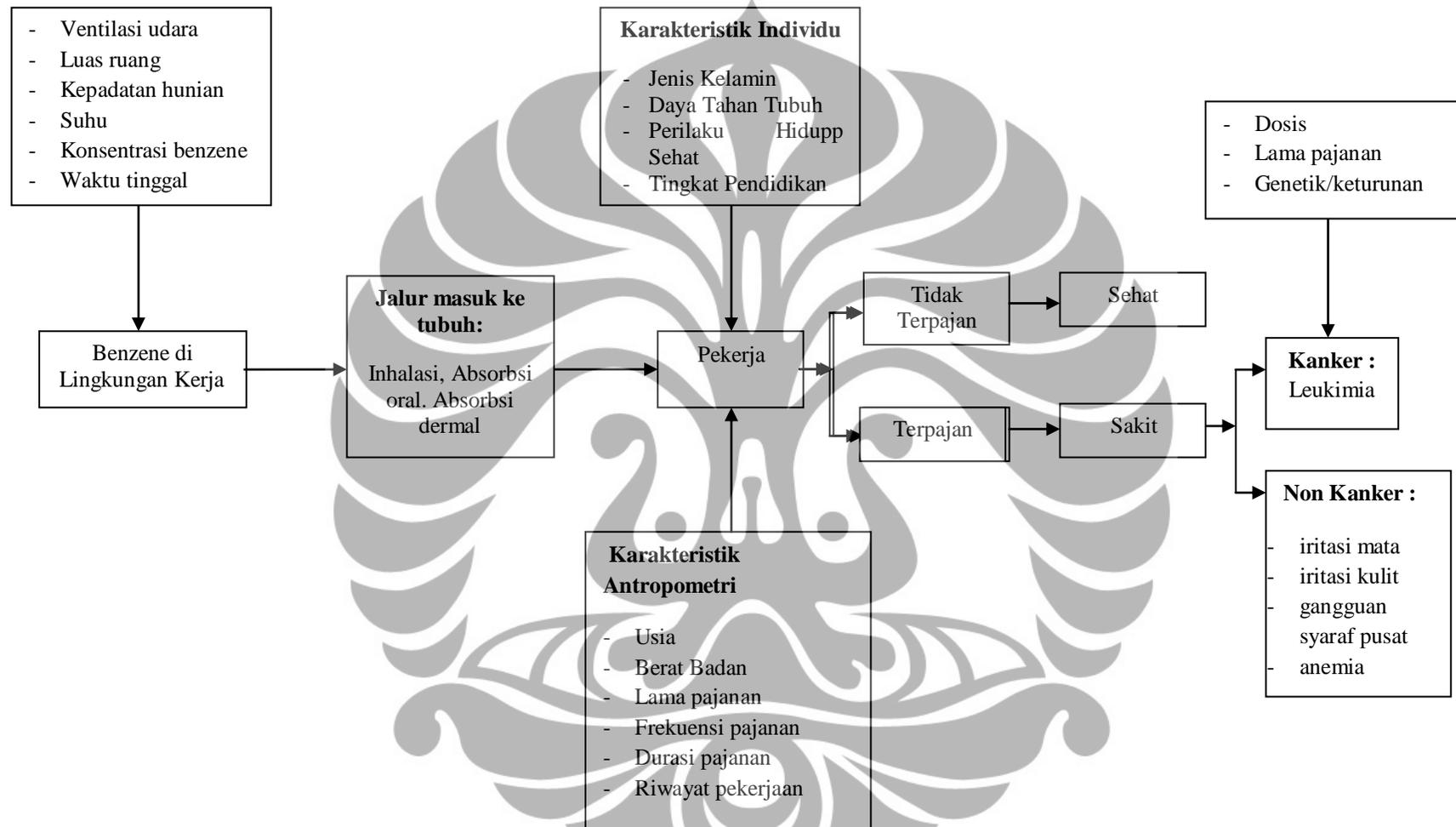
## BAB III

### KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DEFINISI OPERASIONAL

#### 3.1 Kerangka Teori

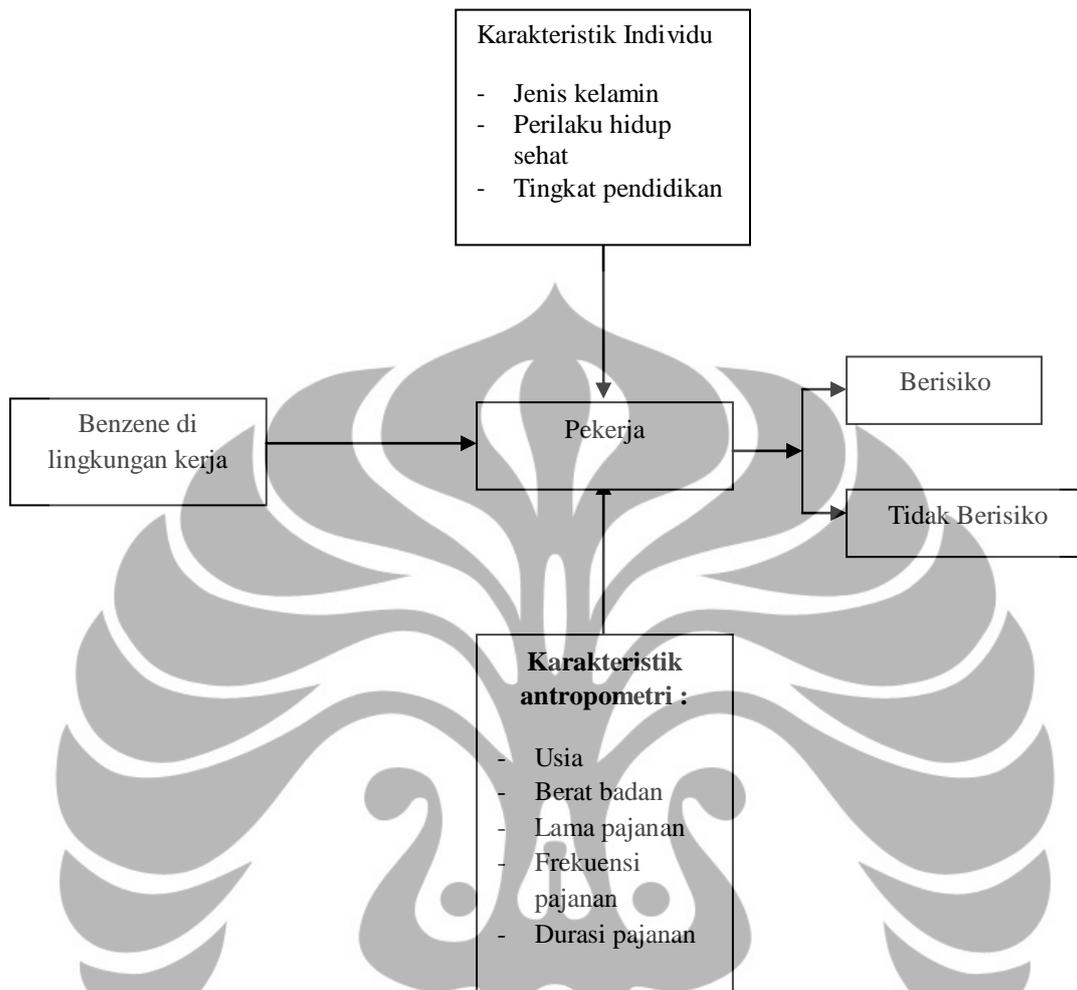
Lem adalah salah satu bahan baku yang digunakan dalam industri sepatu. Lem mengandung benzene yang berbahaya bagi kesehatan manusia karena bersifat karsinogenik. Penggunaan lem dalam suatu industri sepatu akan mengakibatkan uap benzene menjadi banyak di suatu lingkungan kerja. Konsentrasi benzene di suatu lingkungan kerja dipengaruhi oleh ventilasi udara, luas ruang, kepadatan hunian, suhu, konsentrasi benzene dan waktu tinggal benzene. Benzene dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui 3 jalur yaitu inhalasi, absorpsi oral dan absorpsi dermal.

Konsentrasi benzene yang masuk ke dalam tubuh manusia dipengaruhi oleh karakteristik antropometri dan karakteristik individu yaitu usia, berat badan, lama pajanan, frekuensi pajanan durasi pajama, daya tahan tubuh, perilaku hidup sehat, tingkat pendidikan, jenis kelamin dan riwayat pekerjaan. Pajanan benzene dapat mengakibatkan beberapa dampak kesehatan bagi manusia yaitu kanker leukemia dan non kanker seperti iritasi kulit, iritasi mata, anemia, leukemia, gangguan sistem syaraf pusat, dan gangguan organ reproduksi. Besarnya dampak kesehatan yang didapat seorang pekerja bergantung dari dosis, lama pajanan dan genetik atau keturunan.



Gambar 3.1 Kerangka Teori (ATSDR, 2000, Louvar & Louvar, 1998 ; Uhud et. al, 2008, Notoadmojo, 2007, Achmadi, 2006)

### 3.2 Kerangka Konsep



Gambar 3.2 Kerangka Konsep

Benzene adalah salah satu bahan yang terkandung di dalam lem yang digunakan pada proses produksi sepatu. Keberadaan benzene di lingkungan kerja dapat diketahui dengan melakukan pengukuran konsentrasi benzene di udara secara langsung. Banyaknya pajanan benzene yang didapatkan oleh pekerja ditentukan oleh jalur masuk benzene tersebut. Pada penelitian ini hanya akan diukur melalui jalur inhalasi. Konsentrasi benzene yang masuk ke dalam tubuh manusia juga ditentukan oleh karakteristik antropometri dan karakteristik individu pekerja. Karakteristik antropometri dan karakteristik individu meliputi usia, berat badan, jenis kelamin, tingkat pendidikan, perilaku hidup sehat, lama pajanan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan.

### 3.3 Definisi Operasional

variabel	Definsi operasional	Cara pengukuran	Alat ukur	Hasil ukur	Skala
Konsentrasi benzene di udara	Jumlah mg benzene per m <sup>3</sup> udara pada lingkungan kerja di setiap titik dari 5 bengkel yang ada	Metode NIOSH 1501-1994	Gas Chromatography	mg/m <sup>3</sup>	Rasio
Usia	Lamanya hidup seorang pekerja sampai dilakukannya wawancara	Usia yang terhitung sampai waktu dilakukan wawancara	Kuesioner	Tahun	Rasio
Berat badan	Berat badan individu penelitian berdasarkan hasil pengukuran secara langsung pada waktu wawancara	Hasil pengukuran ketika dilakukan wawancara	Timbangan Badan	kg	Rasio
Lama pajanan	Lamanya seorang bekerja setiap hari per satuan jam	Hasil wawancara: lamanya waktu bekerja sehari.	Kuesioner	Jam/hari	Rasio
Frekuensi pajanan	Banyaknya seorang bekerja selama setahun per satuan hari	Hasil wawancara: lamanya waktu bekerja satu tahun dikurangi	Kuesioner	Hari/tahun	Rasio

		waktu tidak berada di lingkungan bengkel.			
Durasi pajanan	Lamanya seorang bekerja di bengkel sepatu per satuan tahun	Hasil wawancara: hasil penjumlahan lamanya bekerja di bengkel sepatu lain dan bengkel sepatu tempat bekerja sekarang.	Kuesioner	Tahun	Rasio
Risiko kesehatan	Penilaian untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya gangguan kesehatan pada manusia yang berhubungan toksisitas benzene di udara pada lingkungan kerja	Perhitungan dengan pendekatan bilangan risiko atau risk Question (RQ) dan nilai ECR berdasarkan besarnya asupan atau <i>intake</i> dan dosis acuan (RfC) atau nilai CSF	Kalkulator	RQ > 1 atau ECR > 10 <sup>-4</sup> : risiko akibat pajanan benzene semakin besar RQ ≤ 1 atau ECR ≤ 10 <sup>-4</sup> : risiko akibat pajanan benzene semakin kecil	Ordinal

## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 Desain Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya risiko kesehatan lingkungan pajanan benzene terhadap pekerja di industri sepatu di Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung dengan menggunakan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan.

#### **4.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

Waktu penelitian dilakukan pada bulan Juni sampai Agustus 2011 yang berlokasi di Perkampungan Industri Kecil (PIK) Pulogadung. PIK Pulogadung merupakan tempat berkumpulnya *home industri* pembuatan sepatu kulit. Analisis konsentrasi benzene udara di lingkungan kerja dilakukan di Laboratorium Hiperkes dan Keselamatan Kerja Disnakertrans Provinsi DKI Jakarta.

#### **4.3 Populasi dan Sampel Udara Lingkungan Kerja**

##### **4.3.1 Populasi Udara**

Populasi penelitian ini adalah lima bengkel sepatu yang masih beroperasi sampai bulan Juni 2011 di kawasan PIK Pulogadung.

##### **4.3.2 Populasi Pekerja**

Populasi berisiko penelitian ini adalah pekerja di kelima bengkel sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung yang berjumlah 79 pekerja. Ketujuh puluh Sembilan pekerja tersebut terdiri dari 1 orang pekerja wanita dan 78 orang pekerja laki-laki.

### 4.3.3 Besar Sampel Benzene

Jumlah sampel benzene udara di lingkungan kerja adalah 28 titik. Titik pengambilan sampel ini ditentukan oleh banyaknya pekerja yang bekerja di suatu unit produksi dan seberapa luas ruang kerja bengkel. Alat pengambilan sampel diletakkan di dekat pekerja bekerja sehingga didapatkan hasil yang representative untuk besarnya konsentrasi benzene yang memajan pekerja.

Pada penelitian ini pengukuran konsentrasi benzene dilakukan satu kali pada siang hari yaitu sekitar Pukul 14.00. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan pada waktu tersebut suhu udara cukup tinggi sehingga benzene dapat cepat menguap sehingga akan cepat terdeteksi oleh alat penyedot udara. Selain itu karena pada waktu tersebut bengkel sepatu sedang dalam puncak aktivitas produksi. Berikut adalah rincian lokasi pengambilan sampel yang dilakukan (gambar lokasi pengambilan sampel terlampir):

- ✚ Bengkel 1 : Blok E 288-289 ada 12 titik lokasi pengambilan sampel, dengan rincian sebagai berikut:
  - 1 titik di ruang administrasi
  - 2 titik di bagian finishing
  - 2 titik di bagian sol
  - 4 titik di bagian open
  - 3 titik di bagian upper
- ✚ Bengkel 2 : Blok A 66-67 terdapat 5 titik pengambilan sampel, dengan rincian sebagai berikut:
  - 2 titik di bagian finishing
  - 2 titik di bagian open
  - 1 titik di bagian upper
- ✚ Bengkel 3 : Blok B 144 terdapat 4 titik pengambilan sampel, dengan rincian sebagai berikut :
  - 3 titik di bagian bawah yaitu bagian open
  - 1 titik di bagian finishing

✚ Bengkel 4 : Blok B 195-196 terdapat 5 titik pengambilan sampel dengan rincian sebagai berikut:

- 1 titik di atas yaitu bagian finishing
- 4 titik di bawah yang terdiri dari 3 titik di bagian bawahan dan 1 titik di bagian stick

✚ Bengkel 5 : Blok C 106 terdapat 2 titik pengambilan sampel, dengan rincian sebagai berikut:

- 1 titik di bagian belakang bengkel yang merupakan bagian pembuat bawahan
- 1 titik di bagian depan bengkel yang merupakan bagian pembuat pola

#### 4.3.4 Besar Sampel Pekerja

Penelitian ini menggunakan total populasi sebagai sampel. Sehingga semua pekerja yang berjumlah 79 orang tersebut digunakan sebagai sampel pekerja yang berisiko.

#### 4.4. Metode Pengukuran Benzene

Pengambilan sampel benzene udara lingkungan kerja dilakukan oleh petugas dari Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Disnakertrans Provinsi DKI Jakarta. Metode yang digunakan untuk menentukan kadar benzene ( $C_6H_6$ ) adalah *gas chromatography Flame Ionisasi Detector* pada limit deteksi 0,001 sampai 0,01 mg per sampel dengan acuan dari NIOSH 1501-1994.

Pengambilan sampel benzene dilakukan pada 28 titik yang tersebar di lima bengkel di kawasan PIK Pulogadung. Pengukuran benzene diambil dengan menggunakan alat *pump sampling* yang dilengkapi dengan media karbon aktif untuk mendapatkan konsentrasi benzene di lingkungan kerja tersebut. Alat pump diletakkan di dekat pekerja bekerja. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang representative untuk konsentrasi paparan benzene di udara pada pekerja.

Sampel benzene tersebut lalu diekstraksi dengan menggunakan karbon disulfide kemudian diukur kadarnya dengan *gas chromatography* di Laboratorium Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Disnakertrans Provinsi DKI Jakarta untuk mendapatkan hasil konsentrasi benzene di udara lingkungan kerja tersebut.

## 4.5 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang meliputi yaitu:

1. Data laboratorium berupa hasil analisa konsentrasi benzene udara di lingkungan kerja. Data laboratorium ini dianalisis oleh Laboratorium Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Disnakertrans Provinsi DKI Jakarta.
2. Data kuesioner yang diperoleh dari hasil wawancara dengan responden yaitu 79 pekerja di bengkel sepatu PIK Pulogadung, Jakarta Timur yang digunakan untuk mengetahui data karakteristik antropometri responden yang meliputi usia, berat badan, lama pajanan, frekuensi paanan, dan durasi pajanan.
3. Data dosis acuan yaitu *Reference Dose Concentration* (RfC) yang diambil dari nilai default yang bersumber dari referensi yang sudah ada yaitu IRIS (*Integrated Risk Information System*). Berdasarkan IRIS tahun 2003, dosis acuan untuk benzene (RfC) yang diperbolehkan adalah  $0,03 \text{ mg/m}^3$ . Lalu setelah dilakukan konversi didapatkan nilai RfC dari benzene adalah sebesar  $0,0085 \text{ mg/kg/hari}$ . Sedangkan untuk nilai CSF untuk benzene adalah  $0,055 \text{ (mg/kg/hari)}^{-1}$ .

Pengumpulan data konsentrasi pajanan benzene udara di ambil pada hari kedua datang ke bengkel sepatu tersebut. Lalu data mengenai berat badan, usia, durasi pajanan, frekuensi pajanan dan pola aktivitas pekerja lainnya didapatkan pada hari ketiga ketika datang ke bengkel sepatu tersebut yang dilakukan ketika pekerja sedang istirahat bekerja.

## 4.6 Analisis Data

### 4.6.1 Pengolahan Data

Data hasil penelitian selanjutnya diolah menggunakan komputer, dengan tahapan sebagai berikut :

#### 1. Pemeriksaan Data

Data pada pengisian kuesioner diperiksa ulang kembali apakah semua pertanyaan dikuesioner tersebut telah terisi penuh dengan benar sehingga tidak terjadi kesalahan dalam pengisian. Pemeriksaan data ini dilakukan

oleh 2 orang yang bertugas untuk melakukan cross cek agar tidak terjadi *missing data*.

## 2. Pemasukan Data

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

## 3. Pembersihan Data

Setelah data ada di dalam computer, maka tahap selanjutnya adalah pengecekan atau pemeriksaan ulang untuk menghindari kemungkinan terjadinya kesalahan dalam pemasukan data ke dalam program komputer termasuk aplikasi rumus yang akan digunakan.

### 4.6.2 Analisis Data

Konsentrasi benzene, karakteristik antropometri dan pola aktivitas yang telah didapatkan dari hasil pengukuran dan kuesioner dimasukkan ke dalam persamaan dibawah ini untuk mengetahui besarnya asupan benzene oleh pekerja.

$$Intake = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times tavg} \quad (4.1)$$

Keterangan :

- I : *Intake*, jumlah agen risiko yang diterima individu per berat badan per hari (mg/kg/hari).
- C : Konsentrasi *risk agent* mg/m<sup>3</sup>
- R : Laju asupan (ntake rate), US-EPA default: 0,83 m<sup>3</sup>/hari
- tE : Waktu pajanan harian, jam/hari
- fE : Frekuensi pajanan tahunan, hari/tahun
- Dt : Durasi pajanan, real time atau 30 tahun (*default proyeksi life span*) atau 70 tahun (*US-EPA life expectancy default*)
- Wb : Berat badan, kg
- Tavg : Periode waktu rata-rata, 30 tahun x 365 hari/tahun

(nonkarsinogen) atau 70 tahun x 365 hari/tahun (karsinogen)

Setelah didapatkan nilai *intake* benzene, langkah selanjutnya adalah menghitung karakteristik risiko. Penilaian ini dihitung berdasarkan nilai RfC (*Reference Concentration*) benzene yaitu 0,003 mg/m<sup>3</sup> (US EPA) untuk efek non kanker dan CSF benzene sebesar 5,5x10<sup>-2</sup> untuk efek kanker. Namun sebelumnya nilai RfC harus dikonversikan ke dalam satuan mg/kg/hari terlebih dahulu dengan membaginya dengan berat badan default orang amerika yaitu 70 kg dan mengalikannya dengan laju inhalasi yaitu 20 m<sup>3</sup>/jam. Sehingga didapatkan persamaan seperti di bawah ini:

$$\begin{aligned} Rfc \text{ konversi} &= 0,03 \frac{mg}{m^3} \times \frac{1}{70} kg \times 20 \frac{m^3}{hari} \\ &= 0,0085 mg/kg/hari \end{aligned} \quad (4.2)$$

Karakteristik risiko non kanker dapat diketahui melalui perhitungan dengan menggunakan rumus :

$$RQ = \frac{I}{RfC} \quad (4.3)$$

Keterangan :

I = *intake* non kanker dari hasil perhitungan pajanan (mg/kg/hari)

RfC = konsentrasi referensi (mg/kg/hari)

Karakteristik risiko karsinogenik didapat dari perhitungan perkiraan tingkat risiko dengan persamaan perhitungan RQ yaitu :

$$Excess \text{ Cancer Risk} = Intake \times CSF \quad (4.3)$$

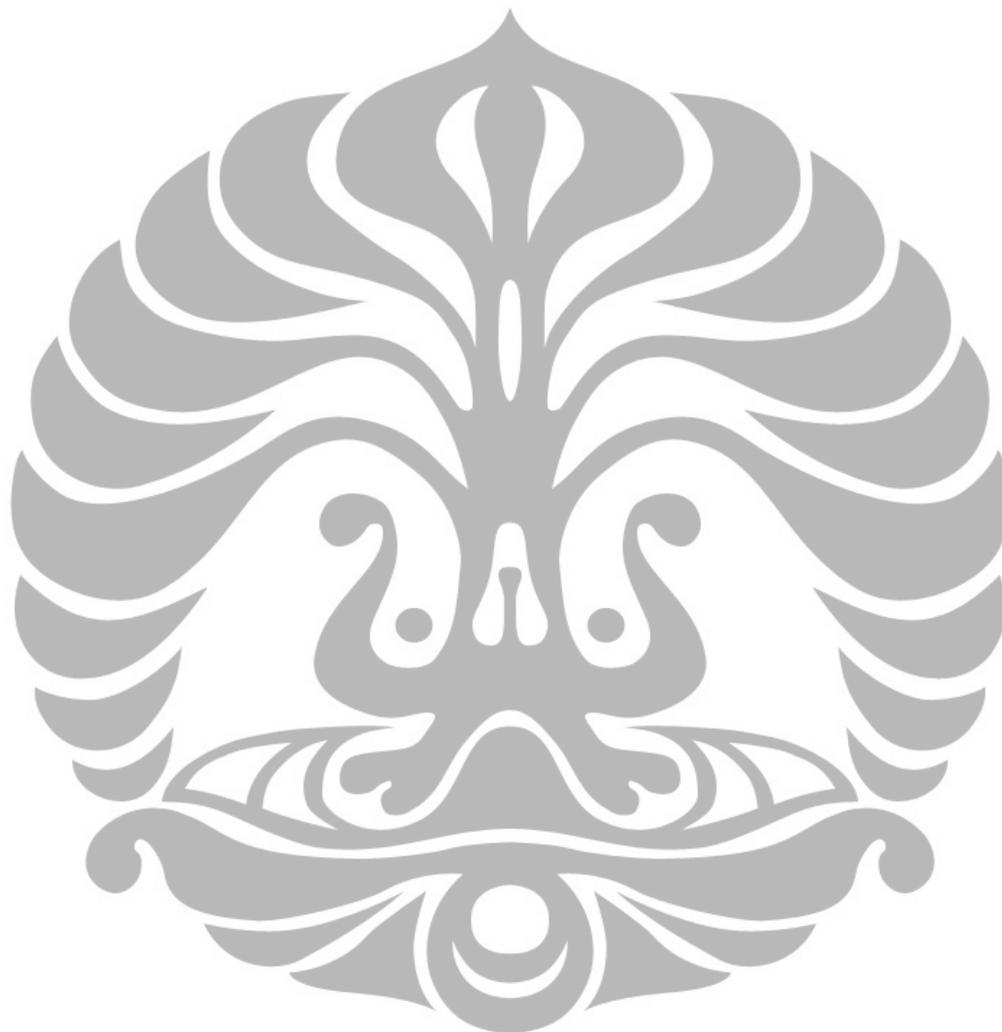
Keterangan :

I = *Intake* kanker dari hasil perhitungan penilaian pajanan (mg/kg/hari)

CSF = konsentrasi referensi (mg/kg/hari)<sup>-1</sup>

Hasil perhitungan *Risk Quotient* (RQ) dan ECR (*Excess Cancer Risk*) menunjukkan tingkat risiko kesehatan pekerja akibat pajanan benzene di lingkungan kerja. Apabila nilai RQ kurang atau sama dengan satu dan nilai ECR kurang dari 10<sup>-4</sup> maka menunjukkan responden yang terpajan benzene tersebut masih aman dan tidak memiliki risiko kesehatan akibat pajanan benzene. Sedangkan apabila nilai RQ lebih dari 1 atau ECR lebih dari 10<sup>-4</sup> maka hal ini menunjukkan bahwa responden memiliki risiko kesehatan akibat terpajan

benzene. Apabila nilai ECR lebih dari  $10^{-4}$  yang berada pada rentang nilai  $10^{-4}$  sampai dengan  $10^{-6}$  hal itu berarti banyaknya jumlah penduduk yang dapat terkena efek merugikan dan dapat berkembang menjadi kanker untuk setiap penduduk 10.000 sampai 1.000.000 penduduk.



## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN**

#### **5.1 Gambaran Umum PIK Pulogadung**

PIK Pulogaung dibangun pada tahun 1981 sesuai dengan Surat Keputusan Gubernur DKI Jakarta 532 Tahun 1981 Tentang Pembangunan PIK di kawasan PPL Perluasan Kawasan Industri Kecil Pulogadung dan penunjukan Kepala Proyek Pelaksana Pembangunan PIK. PIK Pulogadung memiliki luas sekitar 44 Hektar yang terletak di Jalan Penggilingan Raya Kecamatan Cakung Jakarta Timur. Kawasan PIK Pulogadung memiliki batas sebelah utara yaitu dengan Jalan Raya Bekasi, sebelah selatan dengan rel kereta api Jalan I Gustri Ngurah Rai, sebelah timur dengan Jalan Tol Cakung Cilincing, dan sebelah barat dengan PT JIEP.

Kawasan ini terdiri dari lahan berupa asset tanah dan bangunan dengan perincian berupa sarana untuk industri, fasilitas umum dan fasilitas sosial. Warga yang bertempat tinggal di kawasan PIK Pulogadung ini merupakan penyewa tanah dan bangunan, baik industri kecil maupun bukan industri kecil. PIK Pulogadung dibagi menjadi beberapa unit tempat yang disewakan yaitu: Unit Sarana Kerja dan Hunian (SKH), Unit Barak Kerja, Ruang pameran, Pondok Boro, Ruang kantor, dan Gudang.

#### **5.2 Bengkel Sepatu di Kawasan PIK Pulogadung**

Berdasarkan data awal yang diberikan oleh Badan Layanan Umum Daerah Pengelola Kawasan Pulogadung, jumlah pekerja yang bekerja mencapai 366 orang di 39 bengkel. Namun setelah dilakukan pendataan secara langsung, diketahui bahwa sampai pada akhir bulan Juni 2011 jumlah pekerja bengkel sepatu PIK Pulogadung yang tercatat hanya 90 orang yang tersebar di lima bengkel sepatu. Hasil pendataan tersebut menemukan bahwa pekerja yang masih

aktif sebagai pembuat sepatu saat pengambilan data antropometri dan pola aktivitas hanya 79 orang sedangkan 11 orang lainnya telah beralih profesi.

Kelima bengkel sepatu yang tersisa di PIK Pulogadung tersebut tersebar dalam beberapa blok, yaitu: Blok A 66-67, Blok B 144, Blok C 106, Blok E 195-196, dan Blok E 288-289. Kelima bengkel itu memiliki jumlah pekerja yang berbeda, yaitu: Blok A 66-67 terdapat 17 pekerja, Blok B 144 terdapat 20 pekerja, Blok B 195-196 terdapat 10 pekerja, Blok C 106 terdapat 3 pekerja, dan di Blok E 288-2899 terdapat 29 pekerja.

Sistem kepegawaian dari 5 bengkel sepatu tersebut adalah sistem borongan. Apabila terdapat tambahan pesanan sepatu, maka pemilik bengkel sepatu akan menambah pegawai untuk ikut bergabung dalam menyelesaikan pesanan yang ada. Pemilik bengkel biasanya mencari pekerja ke daerah yang memiliki banyak orang berpengalaman dalam hal pembuatan sepatu.

Produksi sepatu di semua bengkel tersebut dimulai dari pembuatan pola sepatu. Pola sepatu ini terdiri dari dua bagian yaitu bagian atas/upper dan bagian bawah/telapak sepatu. Pembuatan pola sepatu dilakukan sendiri oleh para pekerja sesuai dengan pesanan yang diinginkan oleh pemesan. Pada pembuatan pola telapak sepatu, proses produksi yang terjadi meliputi: penggambaran pola, pengguntingan pola, pengeleman, dan perekatan. Untuk memproduksi bagian atas/upper, proses produksi terdiri dari: pengguntingan, penjahitan, dan pengeleman. Bagian atas/upper sepatu ini dibentuk dengan pola yang telah ditentukan, kemudian dilakukan pengepresan atau ditarik pada cetakan sepatu yang terbuat dari kayu. Tujuan dari proses itu adalah untuk membentuk sebuah atasan sepatu. Semua sisi ditarik dan dilipat sesuai cetakan, dipaku sementara untuk mengencangkan lalu diolesi oleh lem, didiamkan satu jam, dan kemudian dilakukan penempelan dengan sol sepatu. Proses penyatuan antara bagian upper dan bawahan dilakukan dengan menggunakan alat pres sehingga akan tertempel dengan kuat. Setelah tertempel dengan kuat, langkah selanjutnya adalah finishing menempelkan alas sepatu, membuat merk sepatu dan nomor sepatu, serta memasukkannya ke dalam dus sepatu yang siap untuk dikirim kepada pemesan.

Semua bengkel sepatu di PIK Pulogadung menggunakan berbagai peralatan seperti mesin pres, pencetak nomor sepatu, mesin pemanas, mesin jahit, martil, dan kompor dalam proses produksinya. Bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan sepatu ini antara lain adalah kulit, latek, larutan pengencer, dan lem. Lem yang digunakan pada bengkel sepatu ini ada 2 macam, yaitu lem kuning dan lem putih (lem bening). Lem putih memiliki daya rekat yang lebih kuat dibandingkan lem kuning. Oleh karena itu, lem putih digunakan pada bagian sol sepatu sedangkan lem kuning digunakan pada bagian upper sepatu dan bagian finishing.

Berdasarkan hasil observasi pada kelima bengkel sepatu diketahui bahwa bengkel-bengkel sepatu tersebut memiliki kondisi ruang produksi yang kurang baik bagi pekerja. Hal itu dikarenakan ruangan yang dijadikan tempat produksi memiliki suhu yang panas, ventilasi udara yang kurang, dan tidak tertata dengan baiknya penyimpanan bahan baku yang digunakan.

### 5.3 Karakteristik Individu

Hasil kuesioner mengenai karakteristik individu akan dipaparkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 5.1 Karakteristik Individu Pekerja di Lima Bengkel Sepatu di Kawasan PIK Pulogadung

Variable	Jumlah Pekerja di industri sepatu	Persentase Pekerja di Industri sepatu (%)
<b>Jenis Kelamin</b>		
a. Wanita	1	1,3
b. Laki-laki	78	98,7
Jumlah	79	100
<b>Pendidikan</b>		
a. Tidak tamat SD	7	9
b. SD/MI	30	38
c. SMP/MTs	27	34
d. SMA/Aliyah	15	19
e. Diploma/Sarjana	0	0
Jumlah	79	100
<b>Kebiasaan Merokok</b>		

a. Iya	67	84,8
b. Tidak	12	15,2
Jumlah	79	100
Jumlah konsumsi rokok per hari		
a. 1-6	13	19,4
b. 7—12	44	65,7
c. $\geq 12$	10	14,9
Jumlah	67	100
Pakaian kerja sehari-hari		
a. Baju, celana, APD	6	8
b. Baju, celana, tanpa APD	56	71
c. Celana dan APD	1	1
d. Celana	16	20
Jumlah	79	100

Berdasarkan tabel karakteristik individu pekerja diatas didapatkan beberapa informasi tambahan mengenai sebagian besar pekerja yang bekerja di kelima bengkel sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung yang meliputi jenis kelamin, pendidikan, bagian dalam bekerja, kebiasaan merokok, jumlah rokok yang dikonsumsi sehari, serta pakaian yang digunakan selama bekerja. Sebanyak 98,7% pekerja di bengkel sepatu adalah laki-laki. Tingkat pendidikan pekerja di kelima bengkel sepatu tersebut sekitar 81% merupakan lulusan SMP ke bawah dan sisanya merupakan lulusan SMA.

Selain itu didapatkan informasi tambahan mengenai perilaku pekerja yaitu sebagian besar pekerja yaitu 84,8% pekerja adalah perokok aktif. Jumlah konsumsi rokok perhari pekerja tersebut adalah 6 batang sampai 24 batang per hari. Pekerja juga memiliki kebiasaan dalam bekerja yaitu sekitar 91% pekerja tidak menggunakan alat pelindung diri berupa masker dan sarung tangan selama bekerja.

## 5.4 Konsentrasi Benzene Udara

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis konsentrasi benzene udara di lingkungan kerja pada kelima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung, didapatkan hasil seperti yang tertera pada tabel di bawah ini:

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Kualitas Udara Lingkungan Kerja Oleh Laboratorium Pengujian Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Disnakertrans Provinsi DKI Jakarta 24 s/d 30 Juni 2011

No	Lokasi	Hasil Pengujian (mg/m <sup>3</sup> )	NAB (mg/m <sup>3</sup> )
Blok E 288-289			
1	Bag. Administrasi	0,29996	32
2	Bag. Lem Bawah 1	0,00436	32
3	Bag. Lem Bawah 2	0,00853	32
4	Bag. Lem Bawah 3	0,22868	32
5	Bag. Jahit 1	0,00438	32
6	Bag. Jahit 2	0,70240	32
7	Bag. Jahit 3	0,17296	32
8	Bag. Jahit 4	0,67836	32
9	Bag. Finishing 1	0,02964	32
10	Bag. Finishing 2	0,06322	32
11	Bag. Sol 1	0,63389	32
12	Bag. Sol 2	0,29763	32
Blok B 144			
1	Bag. Open 1	0,04065	32
2	Bag. Open 2	0,01998	32
3	Bag. Open 3	0,00421	32
4	Bag. Finishing Atas	0,01280	32
Blok A 66-67			
1	Bag. Open 1	0,01420	32
2	Bag. Open 2	0,00370	32
3	Bag. Finishing Luar	0,00072	32
4	Bag. Finishing Dalam	0,00641	32
5	Bag. Upper	0,62382	32
Blok C 106			
1	Bag. Bawahan	0,51380	32
2	Bag. Pola	0,00662	32

Blok B 195-196			
1	Bag. Bawahan 1	0,24983	32
2	Bag. Bawahan 2	0,27373	32
3	Bag. Bawahan 3	0,23633	32
4	Bag. Stick	0,21044	32
5	Bag. Finishing	0,43975	32

Sumber : Laboratorium Pengujian Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Disnakertrans Provinsi DKI Jakarta.

Tabel 5.3 Hasil Statistik Konsentrasi Benzene ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) di Lima Bengkel Sepatu PIK Pulogadung, Juli 2011

Lokasi	Mean	Mediaan	Standar Deviasi	Minimal Maksimal	Skewness	Std. Error Skewness	Uji normalitas	n (jumlah)
Blok E.288-289	0,2603	0,2008	0,2709	0,0043 0,7024	0,776	0,637	1,218	12
Blok B.144	0,0194	0,0164	0,0155	0,00421 0,04065	1,023	1,014	1,01	4
Blok A.66-67	0,1298	0,0064	0,2762	0,00072 0,62382	2,234	0,913	2,447	5
Blok C.106	0,2602	0,2602	0,3586	0,00662 0,5138	-	-	1,378	2
Blok B.195-196	0,282	0,2493	0,0911	0,2104 0,43975	1,890	0,913	2,07	5
Kelima bengkel	0,2064	0,11809	0,2368	0,00072 0,7024	0,967	0,441	2,192	28

Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi benzene pada kelima bengkel di kawasan PIK Pulogadung didapatkan bahwa konsentrasi benzene tertinggi berada di Blok E.288-289 yaitu  $0,702 \text{ mg}/\text{m}^3$  dan konsentrasi terendah di Blok A.66-67 yaitu  $0,00072 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Namun dari kelima bengkel tersebut terdapat 3 bengkel yang memiliki konsentrasi benzene rata-rata yang sama sekitar  $0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$  yaitu Blok E.288-289, Blok C.106, Blok B.195-196. Sedangkan bengkel Blok B.144 memiliki konsentrasi benzene rata-rata  $0,0194 \text{ mg}/\text{m}^3$  dan bengkel Blok A 66-67 memiliki konsentrasi benzene rata-rata  $0,1298 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Konsentrasi benzene pada ke-28 titik pengambilan sampel masih berada jauh dari nilai ambang batas yang telah ditetapkan oleh pemerintah yaitu  $32 \text{ mg}/\text{m}^3$  sesuai dengan SE 01/Menaker/1997. Namun apabila dibandingkan dengan konsentrasi dosis respon

yang ditetapkan oleh IRIS 2003 yaitu  $0,03 \text{ mg/m}^3$ , konsentrasi benzene pada 17 titik dari 28 titik pengambilan sampel titik telah melampaui dosis respon.

### 5.5 Karakteristik Antropometri

Hasil statistik penelitian mengenai distribusi antropometri yaitu: usia, berat badan, lama pajanan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan disajikan pada tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.4 Hasil Statistik Karakteristik Antropometri Pekerja di 5 Bengkel Sepatu di Kawasan PIK Pulogadung

Variable	Mean	Median	Standar deviasi	Minimal	Maksimal	Skewness	Std error of Skewness	Uji Normalitas	n (jumlah)
Usia (tahun)	36,32	37	11,541	17	65	0,290	0,271	1,07	79
Berat badan (kg)	54,139	54	8,4333	32	78	0,395	0,271	1,457	79
Lama pajanan (jam/hari)	14,93	15	2,5580	8	24	0,208	0,271	0,767	79
Frekuensi pajanan (hari/tahun)	309,85	317	28,205	173	365	-1,642	0,271	-6,059	79
Durasi pajanan (tahun)	10,96	7	11,301	0,145	48,3	1,386	0,271	5,11	79

Berdasarkan tabel hasil statistik karakteristik antropometri dan pola aktivitas pekerja di kelima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung diketahui bahwa variable usia berdistribusi normal dengan rata-rata usia pekerja disana adalah 36 tahun, usia tertua 65 tahun dan termuda adalah 17 tahun. Berat badan pekerja berdistribusi normal sehingga data berat badan yang digunakan dalam perhitungan adalah nilai meannya yaitu 54,14 kg. Berat badan pekerja disana berada antara 32 kg sampai dengan 78 kg. Lama pajanan pekerja perhari rata-rata adalah 14,93 jam dengan jam kerja terlama yaitu 24 jam dan tercepat yaitu 8 jam. Namun data lama pajanan yang digunakan dalam perhitungan adalah 14,93 jam karena data lama pajanan berdistribusi normal.

Frekuensi pajanan pekerja pertahun yaitu 173 hari sampai dengan 365 hari dengan nilai rata-rata 309,85 atau 310 hari. Namun karena data frekuensi pajanan tidak berdistribusi normal maka nilai yang digunakan adalah nilai mediannya yaitu 317 hari per tahun. Terakhir adalah durasi pajanan pekerja. Durasi pajanan pekerja berada antara rentang waktu 0,145 tahun sampai 48,3 tahun dengan nilai rata-rata durasi pajanan yaitu 10,96 tahun. Namun karena data durasi pajanan pekerja tidak berdistribusi normal, maka nilai yang digunakan dalam perhitungan adalah nilai mediannya yaitu 7 tahun.

### 5.6 Analisis Pemajanan dan Perhitungan *Intake*

Melalui studi analisis risiko kesehatan lingkungan, risiko terhadap kesehatan dapat dihitung menjadi dua kategori yaitu pajanan *realtime* (waktu sebenarnya) dan waktu *lifetime* (sepanjang hayat). Waktu *realtime* yang digunakan pada perhitungan studi ini menggunakan waktu lama bekerja pekerja berdasarkan perhitungan statistic yaitu 7 tahun. Sedangkan waktu *lifetime* menggunakan nilai default yaitu 30 tahun, karena menurut EPA (1991), 30 tahun adalah masa diperkirakan efek non karsinogenik termanifestasi pada manusia. Perhitungan intake atau asupan dilakukan dalam analisis pajanan dengan memasukan nilai variabel yang dibutuhkan dalam perhitungan. Data yang dibutuhkan dalam perhitungan intake adalah konsentrasi benzene, laju asupan, berat badan, lama pajanan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan.

Data konsentrasi yang dimasukan dalam perhitungan adalah data konsentrasi benzene yang merupakan hasil perhitungan statistik pada setiap bengkel dan konsentrasi rata-rata dari kelima bengkel yang ada di kawasan PIK Pulogadung. Pada perhitungan rata-rata digunakan konsentrasi benzene yang diambil adalah nilai mediannya yaitu  $0,11809 \text{ mg/m}^3$ , karena data mengenai konsentrasi benzene berdistribusi tidak normal. Sedangkan nilai konsentrasi benzene yang digunakan di Blok E 288-289, Blok B 144, Blok C 106 adalah nilai meannya karena data berdistribusi normal dengan nilai berturut-turut  $0,2603 \text{ mg/m}^3$ ,  $0,0194 \text{ mg/m}^3$  dan  $0,2602 \text{ mg/m}^3$ . Data konsentrasi benzene yang digunakan untuk perhitungan intake pekerja di Blok A 66-67 dan Blok B 195-196

adalah nilai mediannya karena data tidak berdistribusi normal yaitu  $0,0064 \text{ mg/m}^3$  dan  $0,2493 \text{ mg/m}^3$ .

Laju asupan yang digunakan dalam perhitungan intake ini adalah nilai default pajanan inhalasi yaitu  $0,83 \text{ m}^3/\text{jam}$  (EPA, 1990). Lama pajanan ( $tE$ ) yang digunakan adalah nilai rata-rata lama pajanan dari semua pekerja yang ada kelima bengkel tersebut yaitu  $14,93 \text{ jam/hari}$ , karena data lama pajanan berdistribusi normal. Sedangkan frekuensi pajanan ( $fE$ ) yang digunakan adalah nilai mediannya yaitu sebesar 317 hari/tahun, karena data frekuensi pajanan tidak berdistribusi normal. Nilai yang digunakan untuk berat badan adalah nilai mean berat badan tersebut yaitu  $54,14 \text{ kg}$ , karena data berat badan berdistribusi normal. Sedangkan durasi pajanan yang dipakai adalah nilai mediannya yaitu 7 tahun karena data tidak berdistribusi normal. Kesemua nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam rumus intake seperti di bawah ini sehingga didapatkan nilai intake setiap pekerja dan intake rata-rata dari 79 pekerja tersebut :

$$Intake = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times tavg} \quad (5.1)$$

### 5.6.1 Intake Realtime

Pada perhitungan *intake realtime* dilakukan dua perhitungan yaitu *intake realtime* untuk efek non karsinogenik dan karsinogenik. Pada perhitungan *intake realtime*, durasi pajanan yang digunakan adalah nilai mediannya yaitu 7 tahun, karena data tidak berdistribusi normal. Hasil perhitungan *intake realtime* akan disajikan pada tabel 5.4.

### 5.6.2 Intake Lifetime

Pada durasi pajanan *lifetime* yang membedakan hanya nilai durasi pajanan yang digunakan yaitu sebesar 30 tahun. Perhitungan *intake realtime* dilakukan dua perhitungan yaitu *intake lifetime* untuk efek non karsinogenik dan karsinogenik. Hasil perhitungan *intake lifetime* akan disajikan pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan *Intake* Ke-79 Pekerja pada Kelima Bengkel Sepatu di Kawasan PIK Pulogadung Agustus 2011

No	C	R	WB	Dt	tE	fE	tavg_non	tavg_kar	Wb*tavg		I_realtime		I_lifetime		RQ			ECR				
									nk	k	nk	k	nk	k	realtime	Tingkat Risiko	lifetime	Tingkat Risiko	realtime	Tingkat Risiko	lifetime	Tingkat Risiko
	mg/m <sup>3</sup>	kg	tahun	jam/hari	hari/tahun	kg/hari	mg/kg/hari	mg/kg/hari	mg/kg/hari	mg/kg/hari	mg/kg/hari	mg/kg/hari	mg/kg/hari									
1	0.0064	0.83	40	48.08	15	37	10950	25550	438000	1022000	0.002773	0.00188	0.00730	0.000741	3.07	Berisiko	4.91	Berisiko	6.53559E-05	Berisiko	4.07795E-05	Berisiko
2	0.0064	0.83	63	24	12	37	10950	25550	689850	1609650	0.000703	0.000301	0.000379	0.000377	12.09	Berisiko	9.67	Berisiko	1.65707E-05	Berisiko	2.07134E-05	Berisiko
3	0.0064	0.83	55	12.08	15	37	10950	25550	602250	1405250	0.000507	0.000217	0.001258	0.000539	16.78	Berisiko	6.76	Berisiko	1.19422E-05	Berisiko	2.96578E-05	Berisiko
4	0.0064	0.83	47	19	14	37	10950	25550	544650	1200850	0.000870	0.000373	0.001374	0.000589	9.77	Berisiko	6.19	Berisiko	2.05191E-05	Berisiko	3.23922E-05	Berisiko
5	0.0064	0.83	62	3.67	15	37	10950	25550	678900	1584100	0.00137	0.00059	0.00116	0.000478	62.25	Berisiko	7.62	Berisiko	3.21851E-06	Berisiko	2.63093E-05	Berisiko
6	0.0064	0.83	55	2.08	24	293	10950	25550	602250	1405250	0.00129	0.00055	0.00186	0.000797	65.89	Berisiko	4.57	Berisiko	3.04095E-06	Berisiko	4.38599E-05	Berisiko
7	0.0064	0.83	46	33	16	37	10950	25550	503700	1175300	0.00785	0.000756	0.001605	0.000888	4.82	Berisiko	5.30	Berisiko	4.16069E-05	Berisiko	3.78244E-05	Berisiko
8	0.0064	0.83	54	33.08	14	351	10950	25550	591300	1379700	0.00460	0.000626	0.001324	0.000568	5.82	Berisiko	6.42	Berisiko	3.44221E-05	Berisiko	3.12711E-05	Berisiko
9	0.0064	0.83	46	15	15	37	10950	25550	503700	1175300	0.000752	0.000322	0.001504	0.000645	11.30	Berisiko	5.65	Berisiko	1.77802E-05	Berisiko	3.54604E-05	Berisiko
10	0.0064	0.83	66	3.5	16	37	10950	25550	722700	1686300	0.00130	0.00056	0.00118	0.000478	65.14	Berisiko	7.60	Berisiko	3.07562E-06	Berisiko	2.63625E-05	Berisiko
11	0.0064	0.83	61	4	17	37	10950	25550	667950	1558550	0.00071	0.000073	0.001286	0.000551	49.58	Berisiko	6.61	Berisiko	4.04081E-06	Berisiko	3.03061E-05	Berisiko
12	0.0064	0.83	40	39	8	37	10950	25550	438000	1022000	0.00199	0.00054	0.000923	0.000395	7.09	Berisiko	9.21	Berisiko	2.82738E-05	Berisiko	2.17491E-05	Berisiko
13	0.0064	0.83	61	30	14	351	10950	25550	667950	1558550	0.00172	0.000502	0.00172	0.000502	7.25	Berisiko	7.25	Berisiko	2.76348E-05	Berisiko	2.76348E-05	Berisiko
14	0.0064	0.83	56	15	17	37	10950	25550	613200	1430800	0.000700	0.000300	0.001401	0.000600	12.14	Berisiko	6.07	Berisiko	1.6506E-05	Berisiko	3.3012E-05	Berisiko
15	0.0064	0.83	55	12	12	37	10950	25550	602250	1405250	0.000403	0.000173	0.001007	0.000431	21.11	Berisiko	8.44	Berisiko	9.4905E-06	Berisiko	2.37262E-05	Berisiko
16	0.0064	0.83	53	8	12	37	10950	25550	580350	1354150	0.000279	0.00019	0.001045	0.000448	30.52	Berisiko	8.14	Berisiko	6.56575E-06	Berisiko	2.46216E-05	Berisiko
17	0.0194	0.83	53	5.2	16	37	10950	25550	580350	1354150	0.000732	0.00034	0.004222	0.001809	11.62	Berisiko	2.01	Berisiko	1.72488E-05	Berisiko	9.95122E-05	Berisiko
18	0.0194	0.83	65	14	16	37	10950	25550	711750	1660750	0.001606	0.000688	0.003442	0.001475	5.29	Berisiko	2.47	Berisiko	3.78657E-05	Berisiko	8.11407E-05	Berisiko
19	0.0194	0.83	44	7.16	16	37	10950	25550	488000	1124200	0.00124	0.000520	0.005085	0.002179	7.00	Berisiko	1.67	Berisiko	2.86082E-05	Berisiko	0.00019867	Berisiko
20	0.0194	0.83	51	11	17	37	10950	25550	558450	1303050	0.00709	0.000733	0.00468	0.001998	4.97	Berisiko	1.82	Berisiko	4.02886E-05	Berisiko	0.00019878	Berisiko

21	0.0194	0.83	65	11	15	37	10950	25550	71750	1660750	0.00183	0.000507	0.003227	0.001383	7,18	Berisiko	2,63	Berisiko	2,78921E-05	Berisiko	7,60694E-05	Berisiko
22	0.0194	0.83	32	3,16	16	37	10950	25550	350400	87600	0.000737	0.000316	0.006992	0.002997	11,54	Berisiko	1,22	Berisiko	1,73607E-05	Berisiko	0.00016487	Berisiko
23	0.0194	0.83	62	5,5	14	37	10950	25550	678900	1584100	0.000579	0.000248	0.003158	0.001353	14,68	Berisiko	2,69	Berisiko	1,3640E-05	Berisiko	7,44335E-05	Berisiko
24	0.0194	0.83	48	0,08	13	37	10950	25550	525600	1226400	0.000010	0.000004	0.003787	0.001623	841,59	Berisiko	2,24	Berisiko	2,38069E-07	Berisiko	8,92759E-05	Berisiko
25	0.0194	0.83	78	0,5	15	269	10950	25550	854100	1992900	0.000038	0.000016	0.002282	0.000978	223,48	Berisiko	3,72	Berisiko	8,96542E-07	Berisiko	5,37925E-05	Berisiko
26	0.0194	0.83	57	10,67	13,5	37	10950	25550	624150	1456350	0.001178	0.000505	0.003312	0.001419	7,22	Berisiko	2,57	Berisiko	2,77673E-05	Berisiko	7,80712E-05	Berisiko
27	0.0194	0.83	55	3,25	15	37	10950	25550	602250	1405250	0.000413	0.000177	0.003814	0.001635	20,57	Berisiko	2,23	Berisiko	9,73919E-06	Berisiko	8,99002E-05	Berisiko
28	0.0194	0.83	48	3,08	15	37	10950	25550	525600	1226400	0.000449	0.000192	0.004370	0.001873	18,94	Berisiko	1,95	Berisiko	1,05758E-05	Berisiko	0.000103011	Berisiko
29	0.0194	0.83	55	1,16	16	269	10950	25550	602250	1405250	0.000133	0.000057	0.003452	0.001480	63,68	Berisiko	2,46	Berisiko	3,14644E-06	Berisiko	8,13734E-05	Berisiko
30	0.0194	0.83	57	2,42	17	281	10950	25550	624150	1456350	0.000298	0.000128	0.003697	0.001584	28,50	Berisiko	2,30	Berisiko	7,02937E-06	Berisiko	8,7472E-05	Berisiko
31	0.0194	0.83	52	2,5	15	37	10950	25550	569400	1328600	0.000336	0.000144	0.004034	0.001729	25,29	Berisiko	2,11	Berisiko	7,9239E-06	Berisiko	9,50869E-05	Berisiko
32	0.0194	0.83	55	10,42	10	323	10950	25550	602250	1405250	0.000800	0.000386	0.002591	0.00110	9,45	Berisiko	3,28	Berisiko	2,12109E-05	Berisiko	6,10679E-05	Berisiko
33	0.0194	0.83	55	1,83	16	37	10950	25550	602250	1405250	0.000248	0.000106	0.004068	0.001744	34,25	Berisiko	2,09	Berisiko	5,8499E-06	Berisiko	9,58936E-05	Berisiko
34	0.0194	0.83	50	1,33	15	269	10950	25550	547500	1277500	0.000158	0.000068	0.003560	0.001526	53,86	Berisiko	2,39	Berisiko	3,72029E-06	Berisiko	8,39163E-05	Berisiko
35	0.0194	0.83	54	3,58	16	335	10950	25550	591300	1379700	0.000523	0.000224	0.004379	0.001877	16,27	Berisiko	1,94	Berisiko	1,237E-05	Berisiko	0.000103215	Berisiko
36	0.0194	0.83	76	2,25	15	335	10950	25550	832200	1941800	0.000219	0.000094	0.00297	0.001250	38,86	Berisiko	2,91	Berisiko	5,15652E-06	Berisiko	6,87536E-05	Berisiko
37	0.2493	0.83	50	2,16	17	269	10950	25550	547500	1277500	0.003733	0.001600	0.051849	0.022221	2,28	Berisiko	0,16	tidak berisiko	8,79948E-05	Berisiko	0.00122215	Berisiko
38	0.2493	0.83	57	37	16	269	10950	25550	624150	1456350	0.052794	0.022626	0.042806	0.018345	0,16	tidak berisiko	0,20	tidak berisiko	0.001244432	Berisiko	0.001008999	Berisiko
39	0.2493	0.83	63	8	17	269	10950	25550	689850	1609650	0.010373	0.004703	0.041150	0.017636	0,77	tidak berisiko	0,21	tidak berisiko	0.000258656	Berisiko	0.000969961	Berisiko
40	0.2493	0.83	52	0,42	17	269	10950	25550	569400	1328600	0.000698	0.000299	0.049855	0.021366	12,18	Berisiko	0,17	tidak berisiko	1,6452E-05	Berisiko	0.00175144	Berisiko
41	0.2493	0.83	52	11,67	17	37	10950	25550	569400	1328600	0.022854	0.009795	0.058751	0.025719	0,37	tidak berisiko	0,14	tidak berisiko	0.000538701	Berisiko	0.001384836	Berisiko
42	0.2493	0.83	37	0,16	16	269	10950	25550	405150	945350	0.000352	0.000151	0.065944	0.028262	24,17	Berisiko	0,13	tidak berisiko	8,29016E-06	Berisiko	0.001554404	Berisiko
43	0.2493	0.83	46	2,25	16,5	269	10950	25550	503700	1175300	0.004102	0.001758	0.054700	0.023443	2,07	Berisiko	0,16	tidak berisiko	9,67016E-05	Berisiko	0.001289353	Berisiko
44	0.2493	0.83	48	5	16	269	10950	25550	525600	1226400	0.008472	0.003631	0.050832	0.021785	1,00	Berisiko	0,17	tidak berisiko	0.000199698	Berisiko	0.00198187	Berisiko
45	0.2493	0.83	46	2,25	17	37	10950	25550	503700	1175300	0.004981	0.002135	0.066414	0.028463	1,71	Berisiko	0,13	tidak berisiko	0.0001741	Berisiko	0.001565466	Berisiko

46	0.2493	0.83	65	1	17.5	365	10950	25550	71750	1660750	0.001857	0.000796	0.055709	0.023875	4.58	Berisiko	0.15	tidak berisiko	4.3713E-05	Berisiko	0.0013134	Berisiko
47	0.2602	0.83	53	30	8	317	10950	25550	580350	1354150	0.02832	0.012134	0.02832	0.012134	0.30	tidak berisiko	0.30	tidak berisiko	0.000667347	Berisiko	0.000667347	Berisiko
48	0.2602	0.83	54	16	16	173	10950	25550	591300	1379700	0.01676	0.006932	0.030329	0.012998	0.53	tidak berisiko	0.28	tidak berisiko	0.000381285	Berisiko	0.00074909	Berisiko
49	0.2602	0.83	57	30	8	269	10950	25550	624650	1456350	0.022339	0.009574	0.022339	0.009574	0.38	tidak berisiko	0.38	tidak berisiko	0.000526558	Berisiko	0.000526558	Berisiko
50	0.2603	0.83	64	21	17	269	10950	25550	700800	1635200	0.029606	0.012688	0.042294	0.018126	0.29	tidak berisiko	0.20	tidak berisiko	0.000697854	Berisiko	0.000996934	Berisiko
51	0.2603	0.83	68	15	15	317	10950	25550	744600	1737400	0.020695	0.008869	0.041391	0.017739	0.41	tidak berisiko	0.21	tidak berisiko	0.000487817	Berisiko	0.000975634	Berisiko
52	0.2603	0.83	59	3.5	12	317	10950	25550	646050	1507450	0.004452	0.001908	0.038163	0.016356	1.91	Berisiko	0.22	tidak berisiko	0.00010495	Berisiko	0.000899568	Berisiko
53	0.2603	0.83	55	2.5	15	317	10950	25550	602250	1405250	0.004264	0.001828	0.05174	0.021932	1.99	Berisiko	0.17	tidak berisiko	0.00010052	Berisiko	0.001206238	Berisiko
54	0.2603	0.83	55	13	15	351	10950	25550	602250	1405250	0.024554	0.010523	0.056662	0.024284	0.35	tidak berisiko	0.15	tidak berisiko	0.000578766	Berisiko	0.00133564	Berisiko
55	0.2603	0.83	64	30	12	317	10950	25550	700800	1635200	0.035182	0.015078	0.035182	0.015078	0.24	tidak berisiko	0.24	tidak berisiko	0.000829289	Berisiko	0.000829289	Berisiko
56	0.2603	0.83	78	7	24	317	10950	25550	854100	1992900	0.013471	0.005773	0.057734	0.024743	0.63	tidak berisiko	0.15	tidak berisiko	0.00031754	Berisiko	0.001360884	Berisiko
57	0.2603	0.83	53	1.5	15	317	10950	25550	580350	1354150	0.002655	0.001138	0.053105	0.022759	3.20	Berisiko	0.16	tidak berisiko	6.25878E-05	Berisiko	0.001251757	Berisiko
58	0.2603	0.83	59	5.16	17	317	10950	25550	646050	1507450	0.009299	0.003985	0.054065	0.023711	0.91	tidak berisiko	0.16	tidak berisiko	0.000219195	Berisiko	0.001274387	Berisiko
59	0.2603	0.83	54	10.16	14	361	10950	25550	591300	1379700	0.018762	0.008041	0.055399	0.023742	0.45	tidak berisiko	0.15	tidak berisiko	0.000442241	Berisiko	0.00130583	Berisiko
60	0.2603	0.83	53	10.67	13	317	10950	25550	580350	1354150	0.016369	0.007015	0.046024	0.019725	0.52	tidak berisiko	0.18	tidak berisiko	0.000385847	Berisiko	0.001084856	Berisiko
61	0.2603	0.83	60	25.5	15	317	10950	25550	657000	1533000	0.039873	0.017088	0.046909	0.020104	0.21	tidak berisiko	0.18	tidak berisiko	0.000939861	Berisiko	0.00105718	Berisiko
62	0.2603	0.83	46	3.25	15	317	10950	25550	503700	1175300	0.006628	0.002941	0.061186	0.026223	1.28	tidak berisiko	0.14	tidak berisiko	0.000156243	Berisiko	0.001442242	Berisiko
63	0.2603	0.83	42	20	12	317	10950	25550	459900	1073100	0.035740	0.015317	0.053611	0.022976	0.24	tidak berisiko	0.16	tidak berisiko	0.000842452	Berisiko	0.001263678	Berisiko
64	0.2603	0.83	45	8	12	317	10950	25550	492750	1149750	0.013343	0.005718	0.050037	0.024444	0.64	tidak berisiko	0.17	tidak berisiko	0.00034515	Berisiko	0.00179433	Berisiko
65	0.2603	0.83	45	2	15	351	10950	25550	492750	1149750	0.00497	0.001979	0.069254	0.029680	1.84	Berisiko	0.12	tidak berisiko	0.000108828	Berisiko	0.001632417	Berisiko
66	0.2603	0.83	52	0.42	15	317	10950	25550	569400	1328600	0.000758	0.000325	0.054126	0.023197	11.22	Berisiko	0.16	tidak berisiko	1.78616E-05	Berisiko	0.001275829	Berisiko
67	0.2603	0.83	50	0.75	12	317	10950	25550	547500	1277500	0.00126	0.000482	0.045033	0.019300	7.55	Berisiko	0.19	tidak berisiko	2.65372E-05	Berisiko	0.00106149	Berisiko
68	0.2603	0.83	54	0.58	15	269	10950	25550	591300	1379700	0.000855	0.000366	0.044229	0.018955	9.94	Berisiko	0.19	tidak berisiko	2.0559E-05	Berisiko	0.001042546	Berisiko
69	0.2603	0.83	53	11	15	317	10950	25550	580350	1354150	0.019472	0.008345	0.053105	0.022759	0.44	tidak berisiko	0.16	tidak berisiko	0.000458977	Berisiko	0.001251757	Berisiko
70	0.2603	0.83	58	22.16	13	317	10950	25550	635100	1481900	0.031066	0.01334	0.042057	0.018024	0.27	tidak berisiko	0.20	tidak berisiko	0.000732265	Berisiko	0.000991334	Berisiko

71	0.2603	0.83	50	12	14	317	10950	25550	547500	1277500	0.021015	0.009007	0.052538	0.022916	0.40	tidak berisiko	0.16	tidak berisiko	0.000495362	Berisiko	0.001238405	Berisiko
72	0.2603	0.83	40	5.5	12	317	10950	25550	438000	1022000	0.010320	0.004423	0.056291	0.024125	0.82	tidak berisiko	0.15	tidak berisiko	0.000243258	Berisiko	0.001326862	Berisiko
73	0.2603	0.83	50	3	14	317	10950	25550	547500	1277500	0.005254	0.002252	0.052538	0.022916	1.62	Berisiko	0.16	tidak berisiko	0.00012384	Berisiko	0.001238405	Berisiko
74	0.2603	0.83	56	5	16	358	10950	25550	613200	1430800	0.010091	0.004325	0.060544	0.025948	0.84	tidak berisiko	0.14	tidak berisiko	0.000237853	Berisiko	0.001427119	Berisiko
75	0.2603	0.83	47	6.16	17	269	10950	25550	54650	1200850	0.011826	0.005068	0.057592	0.024682	0.72	tidak berisiko	0.15	tidak berisiko	0.000278746	Berisiko	0.001357528	Berisiko
76	0.2603	0.83	56	20.58	16	317	10950	25550	613200	1430800	0.036777	0.016762	0.053611	0.022976	0.23	tidak berisiko	0.16	tidak berisiko	0.000866883	Berisiko	0.001263678	Berisiko
77	0.2603	0.83	59	40.25	14	317	10950	25550	646050	1507450	0.059736	0.025601	0.044524	0.019082	0.14	tidak berisiko	0.19	tidak berisiko	0.001408073	Berisiko	0.001049496	Berisiko
78	0.2603	0.83	49	10	16	317	10950	25550	536550	1251950	0.020423	0.008753	0.061269	0.026258	0.42	tidak berisiko	0.14	tidak berisiko	0.000481401	Berisiko	0.001444204	Berisiko
79	0.2603	0.83	51	1.5	16	317	10950	25550	558450	1303050	0.002943	0.001261	0.058867	0.025229	2.89	Berisiko	0.14	tidak berisiko	6.93784E-05	Berisiko	0.001387568	Berisiko
rata-rata	0.11809	0.83	54.14	7	14.93	317	10950	25550	592833	1383277	0.005477	0.002347	0.023475	0.010061	1.55	Berisiko	0.36	tidak berisiko	0.00012911	Berisiko	0.000553331	Berisiko

### 5.7 Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko untuk efek non karsinogenik dapat diketahui dengan membagi nilai *intake* atau asupan dengan RfD atau RfC benzene, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Risk Quotient (RQ)} = \frac{\text{Intake}}{\text{RfD atau RfC}} \quad (5.6)$$

Nilai RfC yang digunakan adalah 0,0085 mg/kg/hari yang merupakan hasil konversi dari nilai RfC 0,03 mg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan perhitungan rumus RQ diatas didapatkan nilai RQ. Apabila nilai RQ lebih besar dari 1 berarti pekerja memiliki tingkat risiko terhadap pajanan benzene sehingga perlu dilakukan pengendalian terhadap risiko kesehatan yang ditimbulkan. Sedangkan apabila nilai RQ kurang atau sama dengan 1 berarti pekerja tidak memiliki risiko kesehatan akibat pajanan benzene.

Hasil perhitungan karakteristik risiko non karsinogenik (RQ) pada ke-79 pekerja tersebut adalah :

Tabel 5.6 Distribusi RQ *realtime* dan *lifetime* pada Pekerja di 5 Bengkel Sepatu di Kawasan PIK Pulogadung Bulan Agustus 2011

	Risk Quotient	Jumlah		Total
		Orang	Persentase	
RQ <i>realtime</i>	RQ ≤ 1	27	34	79
	RQ > 1	52	66	
RQ <i>lifetime</i>	RQ ≤ 1	43	54	79
	RQ > 1	37	46	

Berdasarkan perhitungan RQ pada ke-79 pekerja di kelima bengkel tersebut didapatkan bahwa untuk pajanan *realtime* sebanyak 66% pekerja memiliki risiko pajanan non karsinogenik karena nilai RQ > 1. Sedangkan menurut perhitungan RQ *lifetime* didapatkan bahwa dari ke-79 pekerja tersebut sebanyak 46% pekerja memiliki efek pajanan non kanker akibat pajanan benzene karena nilai RQ > 1.

Perhitungan karakteristik risiko efek karsinogenik dapat diketahui dengan mengalikan nilai *intake* atau asupan dengan nilai CSF dari benzene, dengan persamaan sebagai berikut :

$$ECR = Intake \times CSF \quad (5.7)$$

Nilai CSF untuk benzene adalah  $0,055 \text{ (mg/kg/hari)}^{-1}$ . Karakteristik risiko karsinogenik pada ke-79 pekerja adalah sebagai berikut :

Tabel 5.7 Distribusi ECR *realtime* dan *lifetime* pada Pekerja di 5 Bengkel Sepatu di Kawasan PIK Pulogadung Bulan Agustus 2011

	Excess Cancer Risk	Jumlah		Total
		Orang	Persentase	
ECR <i>realtime</i>	$ECR \leq 10^{-4}$	79	100	79
	$ECR > 10^{-4}$	0	0	
ECR <i>lifetime</i>	$ECR \leq 10^{-4}$	79	100	79
	$ECR > 10^{-4}$	0	0	

Menurut perhitungan ECR diatas diketahui bahwa untuk pajanan *realtime* dan *lifetime* kesemua pekerja di kelima bengkel sepatu tersebut berisiko kanker akibat pajanan benzene karena nilai ECR menunjukkan lebih dari  $10^{-4}$ .

### 5.8 Manajemen Risiko

Pada prinsip Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan, pengelolaan risiko non karsinogenik dan karsinogenik dilakukan apabila nilai  $RQ > 1$  dan nilai  $ECR > 10^{-4}$ . Upaya manajemen risiko dilakukan dengan cara memanipulasi komponen yang ada kecuali nilai RfC, sehingga didapatkan nilai  $RQ = 1$  untuk efek non karsinogenik dan nilai  $ECR = 10^{-4}$  untuk efek karsinogenik.

Berdasarkan perhitungan karakteristik risiko sebelumnya diketahui bahwa diperlukan manajemen risiko karena nilai  $RQ > 1$  dan  $ECR > 10^{-4}$ . Manajemen risiko dilakukan dengan menentukan batas konsentrasi yang aman bagi pekerja pada kelima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung dengan mengurangi waktu kontak dengan sumber pajanan yang dapat dilakukan dengan mengurangi

lama pajanan, mengurangi frekuensi pajanan, dan menetapkan durasi pajanan yang aman bagi pekerja.

### 5.8.1 Manajemen Risiko Non Karsinogenik

Pada manajemen risiko non karsinogenik yang digunakan adalah nilai RQ. Dalam menurunkan nilai konsentrasi *risk agent* maka nilai  $RQ = 1$ . Sehingga didapatkan nilai *intake* =  $RfC$ . Pada perhitungan ini data yang digunakan adalah dosis respon benzene yang telah dikonversikan sehingga menjadi 0,0085 mg/kg/hari. Sedangkan data antropometri yang digunakan adalah data antropometri pekerja pada kelima bengkel sepatu tersebut. Lama pajanan yang digunakan adalah sebesar 14,93 jam per hari. Laju asupan menggunakan default 0,83 m<sup>3</sup>/jam. Frekuensi pajanan yang digunakan adalah 317 hari/tahun dan durasi pajanan adalah 30 tahun. Lalu nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam rumus di bawah ini:

- a. Penurunan Konsentrasi Pajanan Benzene

$$C_{aman} = \frac{I \times Wb \times t_{avg}}{R \times t_e \times fE \times Dt} \quad (5.12)$$

$$= \frac{0,0085 \text{ mg/kg/hari} \times 54,14 \text{ kg} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30 \text{ tahun}}{0,83 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 14,93 \text{ jam} \times 317 \text{ hari/tahun} \times 30 \text{ tahun}}$$

$$= 0,042 \text{ mg/m}^3$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan batas aman konsentrasi benzene sepanjang hayat (30 tahun) adalah 0,042 mg/m<sup>3</sup>.

- b. Mengurangi Waktu Kontak

Selain dengan menurunkan konsentrasi *risk agent*, manajemen risiko dapat juga dilakukan dengan mengurangi waktu kontak dengan sumber pajanan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mengurangi lama pajanan (*tE*), mengurangi frekuensi pajanan (*fE*) dan mengurangi durasi pajanan (*Dt*) dengan menggunakan rumus yang sama yaitu  $RQ = 1$ .

- Mengurangi lama pajanan benzene (tE)

$$tE_{aman} = \frac{I \times Wb \times tavg}{C \times R \times fE \times Dt} \quad (5.13)$$

$$= \frac{0,0085 \text{ mg/kg/hari} \times 54,14 \text{ kg} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30\text{tahun}}{0,11809 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} \times \frac{317\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30\text{tahun}}$$

$$= 5,4 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan hasil bahwa lama pajanan yang aman untuk pajanan sepanjang hayat (30 tahun) adalah 5,4 jam/hari.

- Mengurangi frekuensi pajanan benzene (fE)

$$fE_{aman} = \frac{I \times Wb \times tavg}{C \times R \times tE \times fE} \quad (5.14)$$

$$= \frac{0,0085 \text{ mg/kg/hari} \times 54,14 \text{ kg} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30\text{tahun}}{0,11809 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 0,83 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 14,93\text{jam} \times 30 \text{ tahun}}$$

$$= \mathbf{114,78 \text{ hari per tahun atau } 114 \text{ hari per tahun}}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan frekuensi pajanan yang aman untuk pajanan sepanjang hayat (30 tahun) adalah 114 hari per tahun.

- Mengurangi durasi pajanan (Dt)

$$Dt_{aman} = \frac{I \times Wb \times tavg}{C \times R \times tE \times fE} \quad (5.15)$$

$$= \frac{0,0085 \text{ mg/kg/hari} \times 54,14 \text{ kg} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30\text{tahun}}{0,11809 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times \frac{0,83\text{m}^3}{\text{jam}} \times 14,93\text{jam} \times 317 \text{ hari/tahun}}$$

$$= \mathbf{10,86 \text{ tahun}}$$

Berdasarkan perhitungan didapatkan durasi pajanan yang aman untuk untuk pajanan sepanjang hayat (30 tahun) adalah 10,86 tahun.

### 5.8.2 Manajemen Risiko Karsinogenik

Pada manajemen risiko karsinogenik digunakan nilai  $ECR=10^{-4}$ . Karena nilai CSF adalah nilai default, maka dalam manajemen risiko karsinogenik dilakukan dengan menghitung *intake* yang aman. Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan intake yang aman adalah sebagai berikut :

$$I_{aman} = \frac{ECR}{CSF} \quad (5.16)$$

$$= \frac{10^{-4}}{0,055(mg/kg/hari)^{-1}} = \mathbf{0,00182 \text{ atau } 0,002 \text{ mg/kg/hari}}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, nilai *intake* yang aman pada risiko karsinogenik untuk pajanan *lifetime* (30 tahun) adalah 0,002 mg/kg/hari.

Manajemen risiko untuk efek karsinogenik sama dengan manajemen risiko untuk efek non karsinogenik yaitu dengan menurunkan konsentrasi pajanan benzene, dan mengurangi waktu kontak dengan sumber pajanan. Manajemen risiko untuk efek karsinogenik didapatkan dengan perhitungan dibawah ini:

- Menurunkan konsentrasi Pajanan Benzene

$$C_{aman} = \frac{I \times Wb \times tavg}{R \times te \times fE \times Dt} \quad (5.17)$$

$$= \frac{0,002 \text{ mg/kg/hari} \times 54,14 \text{ kg} \times 70 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari/tahun}}{\frac{0,83m^3}{jam} \times 14,93 \frac{jam}{hari} \times 317 \frac{hari}{tahun} \times 30 \text{ tahun}}$$

$$= \mathbf{0,023 \text{ mg/m}^3}$$

Konsentrasi yang aman untuk pajanan sepanjang hayat (30 tahun) untuk risiko karsinogenik (70 tahun) adalah sebesar 0,023 mg/m<sup>3</sup>.

- Mengurangi lama pajanan (tE)

$$tE_{aman} = \frac{I \times Wb \times tavg}{C \times R \times fE \times Dt} \quad (5.18)$$

$$= \frac{0,002 \text{ mg/kg/hari} \times 54,14 \text{ kg} \times 70 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari/tahun}}{0,11809 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times \frac{0,83\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{317 \text{ hari}}{\text{tahun}} \times 30\text{tahun}}$$

$$= 2,96 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}$$

Berdasarkan perhitungan diatas lama pajanan yang aman untuk pajanan sepanjang hayat (30 tahun) untuk risiko karsinogenik (70 tahun) adalah 2,96 jam/hari.

- Mengurangi frekuensi pajanan (fE)

$$fE_{aman} = \frac{I \times Wb \times tavg}{C \times R \times tE \times fE} \quad (5.19)$$

$$= \frac{0,002 \text{ mg/kg/hari} \times 54,14 \text{ kg} \times 70 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari/tahun}}{0,11809 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times \frac{0,83\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{14,93 \text{ jam}}{\text{hari}} \times 30\text{tahun}}$$

$$= 63 \text{ hari/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan bahwa frekuensi pajanan yang aman untuk pajanan sepanjang hayat (30 tahun) untuk risiko karsinogenik (70 tahun) adalah 63 hari per tahun.

- Mengurangi durasi pajanan (Dt)

$$Dt_{aman} = \frac{I \times Wb \times tavg}{C \times R \times tE \times fE} \quad (5.20)$$

$$= \frac{0,002 \text{ mg/kg/hari} \times 54,14\text{kg} \times 70 \text{ tahun} \times 365 \text{ hari/tahun}}{0,11809 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times \frac{0,83\text{m}^3}{\text{jam}} \times \frac{14,93 \text{ jam}}{\text{hari}} \times 317\text{hari/tahun}}$$

$$= 5,96 \text{ tahun}$$

Berdasarkan perhitungan didapat bahwa durasi pajanan yang aman untuk risiko karsinogenik 70 tahun adalah 5,96 tahun.

Berdasarkan perhitungan manajemen risiko yang telah dihitung untuk efek non karsinogenik dan efek karsinogenik dapat dibuat menjadi tabel sebagai berikut:

Tabel 5.8 Manajemen Risiko Pajanan Benzene Non Karsinogenik dan Karsinogenik

	Non Karsinogenik	Karsinogenik
Konsentrasi aman	0,042 mg/m <sup>3</sup>	0,023 mg/m <sup>3</sup>
Lama Pajanan aman	5,4 jam/hari	2,96 jam/hari
Frekuensi Pajanan aman	114,78 hari/tahun	63 hari/tahun
Durasi Pajanan aman	10,86 tahun	5,96 tahun

## **BAB VI**

### **PEMBAHASAN**

#### **6.1 Kelebihan dan Keterbatasan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis risiko untuk mengetahui efek dari suatu agen risiko yaitu benzene terhadap tingkat risiko kesehatan dengan langkah-langkah identifikasi bahaya, analisis dosis respon, analisis pajanan serta karakteristik risiko. Namun dalam penelitian ini memiliki keterbatasan yaitu:

- Studi analisis risiko kesehatan lingkungan adalah suatu nilai prediktif mengenai risiko kesehatan terhadap pajanan agen lingkungan tertentu, sehingga tidak menutup kemungkinan terjadinya kesalahan pada perkiraan risiko.
- Pengukuran sampel dilakukan satu kali di setiap titik sehingga kurang mewakili besarnya konsentrasi benzene selama bekerja.
- Penelitian ini hanya mengukur benzene di lingkungan kerja saja tidak mengukur benzene di luar lingkungan kerja.
- Jumlah bengkel sepatu yang ada di kawasan PIK Pulogadung sedikit yaitu hanya 5 bengkel saja sehingga jumlah titik yang didapatkan juga sedikit.

#### **6.2 Karakteristik Individu**

Berdasarkan hasil analisis data kuesioner didapatkan beberapa hasil mengenai karakteristik 79 individu pekerja yang bekerja di lima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung. Karakteristik individu ini merupakan informasi tambahan dalam penelitian yang berisi mengenai informasi jenis kelamin, tingkat pendidikan, bagian dalam bekerja di bengkel, kebiasaan merokok, jumlah

konsumsi rokok per hari oleh pekerja, serta pemakaian pakaian dan alat pelindung diri.

Kesemua pekerja di lima bengkel sepatu tersebut sebagian besar berjenis kelamin laki-laki dan hanya terdapat satu orang pekerja yaitu berjenis kelamin wanita yang bekerja sebagai administrasi di salah satu bengkel. Berdasarkan jenis kelamin dan kemungkinan terpajan benzene pada pekerja ini diketahui bahwa pekerja laki-laki memiliki risiko terpajan benzene lebih besar dibandingkan wanita. Karena semua pekerja laki-laki terjun langsung dalam proses pembuatan sepatu mulai dari proses awal hingga akhir sehingga kemungkinan terpajan benzene lebih besar dibandingkan wanita yang hanya bekerja sebagai administrasi bengkel.

Apabila dilihat dari segi pendidikan, sebagian besar pekerja disana sekitar 81% merupakan lulusan SMP ke bawah, hanya sekitar 19% pekerja yang merupakan lulusan SMA. Rata-rata semua pekerja ini sudah mulai bekerja di bengkel sepatu setelah lulus sekolah hingga sekarang yang berkisar hingga lebih dari 20 tahunan. Sehingga semakin banyak pajanan uap benzene yang dihirup oleh mereka selama mereka bekerja di bengkel sepatu. Dan hal ini berbanding lurus dengan risiko kesehatan yang mengancam mereka karena uap benzene sangat berbahaya apalagi dihirup secara terus menerus selama bertahun-tahun.

Menurut penelitian ini didapatkan hasil mengenai pakaian yang dipakai pekerja selama bekerja di kelima bengkel sepatu tersebut yaitu pekerja yang memakai baju, celana dan alat pelindung diri berupa masker atau sarung tangan sebanyak 8% dari 79 pekerja yang ada. Sebagian besar pekerja hanya memakai baju, celana dan tanpa APD yaitu sebesar 71%. Dan pekerja yang hanya memakai celana saja tanpa baju dan APD sebanyak 20%. Higiene perorangan di tempat kerja juga mempengaruhi tingkat toksisitas tenaga kerja terhadap bahan kimia. Higiene perorangan ini dapat dicapai antara lain dengan menjelaskan kepada tenaga kerja, misalnya membatasi tercecernya bahan kimia dan sedapat mungkin menghindari kontak langsung dengan bahan berbahaya, serta memakai alat-alat kerja dan alat pelindung diri secara benar selama bekerja dan berada di area bengkel. Dalam mendukung hal tersebut, maka diperlukan prosedur keamanan

dalam bekerja yang disesuaikan dengan potensi resiko paparan benzene serta jenis pekerjaannya.

Berdasarkan penelitian Mahawati didapatkan hasil bahwa paparan benzene berhubungan dengan pemakaian alat pelindung diri berupa masker ataupun sarung tangan. Berdasarkan data hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa jumlah eritrosit sudah mengalami penurunan ( $4.651.428,57 \pm 225.403,465$  sel/ $\mu$ l darah) jika dibandingkan dengan standart normal untuk laki-laki dewasa yaitu  $5.200.000 \pm 300.000$  sel/ $\mu$ l darah. Hal ini berarti elemen darah yang sudah menunjukkan adanya efek paparan benzene adalah penurunan jumlah eritrosit (Mahawati et. Al, 2006). Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa semua pekerja tidak memakai alat pelindung diri berupa masker maupun sarung tangan ketika bekerja. Masker yang tepat dan efektif untuk meminimalkan risiko tersebut seharusnya berupa *canister respirator* yang dapat melindungi paparan partikel gas toksik karena dilengkapi filter. Selain kesesuaian fungsi dan jenis alat pelindung diri, maka juga harus diperhatikan kenyamanan pemakaiannya dan tidak menimbulkan gangguan dalam bekerja.

Keengganan pekerja dalam memakai pakaian dan alat pelindung diri mungkin berhubungan juga dengan rendahnya tingkat pendidikan para pekerja sehingga sulit untuk menghimbau para pekerja untuk memakai alat pelindung diri selama bekerja. Ketika ditanyakan secara langsung kepada pekerja alasan pekerja tidak memakai baju, alat pelindung diri maupun celana disebabkan mereka merasa kepanasan selama bekerja dan merasa tidak nyaman dan merasa terganggu ketika memakai alat pelindung diri tersebut. Hal ini dikarenakan tempat kerja mereka memiliki suhu yang cukup panas, serta kurangnya ventilasi udara serta pendingin ruangan selama bekerja. Hal ini akan memberikan dampak kesehatan tersendiri karena tidak digunakannya alat pelindung diri selama bekerja. Selain itu juga keengganan para pekerja untuk memakai alat pelindung diri dikarenakan masih kurangnya sosialisasi yang diberikan kepada para pekerja mengenai dampak kesehatan yang akan timbul akibat pajanan benzene selama bekerja.

Selain berasal dari lem, benzene juga terdapat dalam asap rokok. Berdasarkan pengamatan pada pekerja di semua bengkel ini, sebagian besar pekerja merupakan perokok aktif. Merokok dapat menambah risiko kesehatan dari

pajanan benzene. Sekitar 84,8% pekerja merupakan perokok aktif. Dari ke 67 pekerja yang merokok tersebut, sebagian besar pekerja yaitu sekitar 65,7% menghabiskan rokok sebanyak 7-12 batang per hari. Jumlah konsumsi rokok yang sangat banyak per hari ini akan menambah risiko kesehatan nantinya pada pekerja. Selain perokok aktif, pekerja yang tidak merokok atau perokok pasif juga pasti akan terkena dampaknya karena asap yang dihasilkan oleh perokok aktif.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Rosewood and Worm, sebanyak 258 penduduk New Jersey dengan satu atau lebih perokok yang ada di dalam rumah memiliki peningkatan sebanyak 68% konsentrasi benzene di udara di dalam rumahnya. Penelitian yang serupa juga pernah dilakukan pada penduduk di Los Angeles yang memberikan hasil terjadi peningkatan sekitar 50% konsentrasi benzene di dalam rumah akibat adanya penghuni rumah yang merokok (Rosebrook & Worm, 1993).

### **6.3 Konsentrasi Benzene Udara**

Berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan langsung ketika dilakukan pengukuran diketahui bahwa lem yang digunakan pada kelima bengkel ini ada dua macam yaitu lem putih dan lem kuning. Berdasarkan studi literatur sebelumnya telah diketahui bahwa lem mengandung benzene. Benzene adalah pelarut yang digunakan dalam lem sepatu yang digunakan sebagai perekat.

Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi benzene udara di lingkungan kerja pada kelima bengkel di kawasan PIK Pulogadung didapatkan bahwa semua konsentrasi benzene di lingkungan kerja apabila dibandingkan dengan dengan dosis respon yang ditetapkan oleh IRIS yaitu  $0,03 \text{ mg/m}^3$ , berarti sebagian besar lokasi pengambilan sampel di setiap bengkel telah melampaui nilai dosis respon. Seperti di Blok E 288-289 terdapat 8 titik pengambilan sampel dari 12 titik yang melampaui dosis respon, Blok B 144 ada 1 titik dari 4 titik pengambilan sampel yang melebihi dosis respon, blok A 66-67 terdapat 1 titik dari 5 titik pengambilan sampel yang melebihi dosis respon, Blok C 106 1 titik dari 2 titik yang melampaui dosis respon, serta blok B 195-196 yang kesemua titik pengambilan sampelnya melebihi dosis respon.

Namun apabila hasil pengukuran dibandingkan dengan nilai ambang batas benzene yang ada di Indonesia berdasarkan SE 01/Menaker/1997 maka ke-28 titik pengambilan sampel ini masih jauh berada di bawah nilai ambang batas sebesar  $32 \text{ mg/m}^3$ . Seperti yang diketahui bahwa benzene adalah bahan karsinogenik dan WHO serta beberapa badan internasional lain telah menetapkan keputusan seperti IRIS bahwa batas konsentrasi benzene yang diizinkan adalah sebesar  $0,003 \text{ mg/m}^3$ . Sehingga perlu dilakukan pemantauan dan pengukuran kembali nilai ambang batas benzene yang sesuai dengan WHO dan IRIS yang ada di Indonesia. Karena nilai ambang batas benzene yang ada di Indonesia sekarang masih jauh dari nilai aman bagi kesehatan.

Konsentrasi benzene pada kelima bengkel sepatu ini tinggi disebabkan karena penggunaan lem yang cukup banyak selama proses produksi sepatu. Selain itu kurangnya ventilasi udara pada ruang produksi adalah salah satu penyebab tingginya konsentrasi benzene di lingkungan kerja karena terhambatnya pertukaran udara di ruang produksi. Hal ini dapat terlihat dari hasil pengamatan langsung pada beberapa bengkel yang tidak memiliki ventilasi udara dan beberapa bengkel hanya memiliki sedikit alat bantu untuk pertukaran udara seperti kipas angin atau exhaust fan. Selain itu kebiasaan para pekerja yang lebih memilih menggunakan tangan dibandingkan menggunakan kuas untuk menempelkan lem pada bagian alas sepatu. Hal ini akan menambah risiko pajanan benzene melalui absorpsi kulit. Faktor lain yang menyebabkan tingginya konsentrasi benzene di bengkel sepatu ini karena lokasi penimbunan bahan baku yaitu lem yang tidak benar seperti tidak ditutupnya kembali lem yang telah digunakan. Hal tersebut tentunya menyebabkan uap benzene akan sangat mudah menguap secara terus menerus di suatu titik. Sehingga menyebabkan tingginya konsentrasi benzene di lingkungan kerja tersebut. Di samping itu rokok merupakan salah satu faktor yang menyebabkan tingginya konsentrasi benzene pada kelima bengkel sepatu tersebut. Seperti yang diketahui rokok merupakan salah satu sumber pajanan benzene. Sehingga konsentrasi pajanan benzene di lingkungan kerja tersebut dapat bertambah dengan banyaknya pekerja yang merokok.

## 6.4 Karakteristik Antropometri

Karakteristik antropometri yang diukur dalam penelitian ini adalah usia, berat badan, lama pajanan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan.

- Usia

Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan bahwa rentang usia pekerja yang bekerja di lima bengkel sepatu ini adalah 17 tahun sampai dengan 65 tahun. Menurut penelitian Eni Mahawati, Suhartono, dan Nurjazuli, semakin tua umur tenaga kerja maka semakin tinggi risiko keracunan benzene berdasarkan kadar fenol dalam urin (Mahawati et. Al, 2006). Sehingga dapat dikatakan bahwa umur seseorang akan mempengaruhi daya tahan tubuh terhadap paparan zat toksik atau bahan kimia. Umur dapat berpengaruh terhadap toksisitas karena pada umur-umur tertentu yaitu pada usia lanjut yaitu lebih dari 45 tahun terjadi penurunan faal organ tubuh sehingga mempengaruhi metabolisme dan penurunan kerja otot.

Menurut ILO, tenaga kerja yang berumur kurang dari 18 tahun sebaiknya tidak bekerja di lingkungan yang terpapar benzene sebab pada umur tersebut ketahanan sumsum tulang terhadap efek toksik benzene masih rendah. Penelitian lain juga pernah dilakukan oleh dr. Lelitasari yang menyebutkan bahwa semakin usia pekerja yang terpajan pelarut organik maka akan berisiko 6 kali lebih besar untuk mengalami gangguan pada sistem syaraf (Lelitasari, 2006).

Pada penelitian ini terdapat pekerja yang berusia 17 tahun dan lebih dari 45 tahun sehingga perlu dilakukan manajemen risiko pada pekerja tersebut karena memiliki risiko kesehatan akibat pajanan benzene yang lebih besar dibanding pekerja lainnya.

- Berat badan

Berat badan adalah salah satu faktor penentu yang mempengaruhi jumlah asupan yang masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi. Besarnya nilai *intake* berbanding lurus dengan nilai konsentrasi bahan kimia, laju asupan, frekuensi

pajanan dan durasi pajanan. Sedangkan asupan berbanding terbalik dengan nilai berat badan dan periode waktu rata-rata. Sehingga semakin besar berat badan maka akan semakin kecil resiko kesehatannya. Berdasarkan hasil analisis data kuesioner diketahui bahwa rata-rata berat badan pekerja pada kelima bengkel sepatu tersebut adalah 54,14 kg, berat badan terendah adalah 32 kg dan berat badan tertinggi adalah 78 kg. Pada penelitian ini berat badan yang digunakan adalah nilai meannya yaitu 54,14 kg karena data tentang berat badan berdistribusi normal. Sehingga dianggap akan representative untuk menggambarkan berat badan rata-rata orang Indonesia yang sebesar 55 kg.

Sedangkan berat badan yang menjadi referensi dalam studi analisis risiko kesehatan adalah 70 kg berdasarkan US EPA untuk standar orang dewasa yang normal (Louvar & Louvar, 1998). Sehingga apabila dihubungkan dengan konsep analisis risiko, dimana semakin rendah berat badan maka semakin berisiko akibat pajanan. Oleh karena itu kemungkinan risiko pekerja ada kelima bengkel sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung untuk mendapatkan efek kesehatan yang merugikan akibat pajanan benzene akan lebih tinggi.

Berdasarkan hasil jarring kuesioner pekerja didapatkan pekerja yang memiliki berat badan di bawah berat badan normal yaitu ada yang mencapai 32 kg. Oleh karena itu, bagi pekerja yang memiliki berat badan di bawah normal berat badan standar maka perlu dilakukan manajemen risiko yang lebih dibanding pekerja lainnya untuk mengurangi efek kesehatan yang mungkin timbul.

- **Lama Pajanan**

Lama pajanan didefinisikan sebagai banyaknya jumlah jam kerja yang dilakukan pekerja setiap hari di lingkungan kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kerja pekerja pada kelima bengkel sepatu ini rata-rata adalah 14,93 jam/hari, jumlah jam terendah adalah 8 jam/hari dan jumlah jam tertinggi adalah 24 jam/hari.

Jumlah jam kerja yang dilakukan para pekerja ini secara garis besar telah melebihi standar jam kerja normal yaitu 8 jam/hari dan 5 hari dalam seminggu (KEP/102/MEN/VI/2004). Hal ini dikarenakan sistem kerja yang digunakan adalah sistem borongan. Sehingga jam kerja tidak dibatasi oleh pemilik bengkel sepatu, yang terpenting memenuhi target pesanan yang ada. Hal inilah yang menyebabkan pekerja bekerja keras sehingga melebihi waktu kerja normal. Selain itu, lamanya jam kerja ini disebabkan oleh banyaknya pekerja yang tinggal di bengkel tersebut sehingga tidak terikat oleh waktu untuk pulang kerumahnya.

Lama pajanan pada pekerja ini berkaitan langsung dengan banyaknya benzene yang memapar mereka selama berada di bengkel. Walaupun benzene yang dihirup setiap hari masih kecil dan berada di bawah nilai ambang batas yang ada namun apabila konsentrasi benzene ini dihirup setiap hari dalam waktu yang lama maka akan mempengaruhi jumlah asupan dari benzene itu sendiri.

Nyatanya dengan adanya sistem kerja yang berlebihan ini tidak hanya akan memberikan dampak kesehatan pada pekerja namun bagi pemilik bengkel juga. Bagi pekerja akan mengakibatkan berkurangnya waktu istirahat sehingga akan menyebabkan cepat lelah dan hilangnya konsentrasi. Sedangkan dampak bagi pemilik bengkel akan berhubungan dengan jumlah pengeluarannya. Jumlah jam kerja yang melebihi waktu normal akan sangat rentan dengan kesalahan-kesalahan yang dilakukan oleh pekerja karena kelelahan. Sehingga kemungkinan hasil kerja yang dilakukan pekerja tidak maksimal serta sangat rentan terjadinya kecelakaan kerja karena pekerja tidak fokus dan lelah. Selain itu mesin-mesin yang digunakan akan cepat rusak karena digunakan terus menerus. Sehingga hal ini akan mengakibatkan menambahnya biaya yang dikeluarkan oleh pemilik bengkel untuk biaya perbaikan mesin, perawatan mesin, dan pengobatan pekerja yang sakit. Oleh karena itu sebaiknya para pemilik bengkel sepatu ini bersikap lebih bijak dalam memberikan tugas dalam mengejar jumlah pesanan sepatu yang ada.

- Frekuensi Pajanan

Frekuensi pajanan ( $fE$ ) adalah lamanya waktu kerja pekerja yang dihitung dalam satuan hari/tahun yang telah dikurangi waktu libur selama kurun waktu satu tahun. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bahwa rata-rata pekerja pada kelima bengkel sepatu ini bekerja selama 309 hari/tahun, dengan frekuensi pajanan terendah adalah 173 hari/tahun dan frekuensi pajanan tertinggi adalah 365 hari/tahun. Berdasarkan hasil wawancara, sebagian besar pekerja bekerja selama 6 hari dalam satu minggu. Mereka biasanya libur pada hari minggu dan bekerja kembali pada hari senin. Selain itu mereka juga akan libur selama satu hingga dua minggu pada hari-hari besar. Namun walaupun mereka libur pada hari minggu, mereka biasanya tetap berada di bengkel sepatu.

Padalah idealnya dalam satu minggu itu hanya 5 hari kerja atau dalam satu tahun apabila dijumlahkan sebanyak 240 hari/tahun. Namun jumlah hari kerja per tahun pada pekerja di lima bengkel ini telah melebihi waktu kerja normal. Hal ini dikarenakan banyaknya jumlah hari kerja dan libur ini tidak ditetapkan oleh pemilik bengkel. Pemilik bengkel menyerahkan waktu kerjanya kepada para pekerja itu sendiri. Para pekerja tidak mengambil banyak waktu libur karena sebagian besar pekerja memiliki keluarga yang jauh sehingga mereka lebih memilih untuk meluangkan waktu libur ketika hari-hari raya besar saja dibanding menghabiskan ongkos untuk pulang setiap akhir minggu. Selain itu ada pula pekerja yang memang bertempat tinggal di bengkel tersebut sehingga selama satu tahun penuh ia berada di bengkel sepatu tersebut.

- Durasi Pajanan

Durasi pajanan adalah lamanya pekerja bekerja di industri bengkel sepatu dalam satuan tahun. Lamanya bekerja ini ditentukan berdasarkan hasil dari penjumlahan lamanya bekerja di bengkel sepatu lain dan lamanya bekerja di bengkel sepatu sekarang. Hasil analisis menunjukkan bahwa rentang waktu durasi pajanan ini berada antara 0,145 tahun sampai 48,3 tahun. Sebagian besar pekerja memiliki rata-rata pengalaman kerja di pembuatan sepatu

selama 10,96 tahun. Hal ini semakin memungkinkan tingginya risiko pekerja terpajan benzene. Karena berdasarkan hasil wawancara individu diketahui bahwa di bengkel tempat mereka bekerja sebelumnya juga menggunakan alat dan bahan yang hampir sama serta lingkungan kerjanya juga hampir sama dengan bengkel tempat mereka bekerja sekarang.

## 6.5 Analisis Pemajanan dan Perhitungan *Intake*

Nilai *intake* adalah nilai yang menunjukkan dosis sebenarnya yang diterima oleh pekerja setiap hari per kilogram berat badan. Dalam penelitian ini perhitungan *intake* atau asupan dilakukan dengan membedakan durasi pajanan, yaitu: durasi untuk pajanan *realtime* dan *lifetime*. Durasi pajanan *realtime* yaitu perhitungan berdasarkan waktu pajanan yang sebenarnya. Sedangkan pajanan *lifetime* yaitu durasi pajanan seumur hidup. Pada pajanan non karsinogenik periode waktu rata-rata selama 30 tahun untuk orang dewasa dan pada karsinogenik selama 70 tahun. Nilai resiko (*RQ*) pajanan non karsinogenik dapat diperhitungkan jika diketahui nilai *RfD* atau *RfC*. Sedangkan pada karsinogenik dapat diperhitungkan jika diketahui nilai *Slope* Faktor.

Besarnya nilai *intake* atau asupan berbanding lurus dengan nilai konsentrasi bahan kimia, laju asupan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan yang artinya semakin besar nilai tersebut maka akan semakin besar asupan seseorang. Berdasarkan perhitungan diketahui bahwa *intake realtime* untuk efek non karsinogenik pada populasi pekerja di lima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung berada antara rentang nilai 0,000010 mg/kg/hari sampai 0,059736 mg/kg/hari, dan *intake lifetime* non karsinogenik mulai dari nilai 0,001007 mg/kg/hari sampai 0,069254 mg/kg/hari. Selain itu dari perhitungan tersebut dapat diketahui pula hasil *intake realtime* untuk efek karsinogenik yaitu sebesar 0,000004 mg/kg/hari sampai 0,017088 mg/kg/hari dan *intake lifetime* karsinogenik yaitu 0,000377 mg/kg/hari sampai 0,029680 mg/kg/hari untuk populasi pekerja yang berada di kelima bengkel di kawasan PIK Pulogadung.

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa durasi pajanan sangat berpengaruh terhadap hasil *intake* atau asupan. Semakin lama pekerja bekerja maka hasil *intake* akan semakin tinggi dan risiko untuk terkena efek

kesehatan yang merugikan akan semakin tinggi juga. Apabila melihat hasil intake sebelumnya didapatkan hasil bahwa dosis yang diterima oleh para pekerja telah melebihi RfC. Hal itu akan mempengaruhi tingkat risiko kesehatan yang diterima untuk masing-masing waktu pemaparan.

## 6.6 Karakteristik Risiko Kesehatan

Karakteristik risiko kesehatan didapatkan dari hasil perbandingan nilai *intake* atau asupan dengan nilai dosis referensi benzene yang diperbolehkan. Hubungan antara nilai *intake* dengan risiko kesehatan adalah berbanding lurus. Apabila nilai *intake* semakin besar maka semakin besar pula risiko kesehatan yang diterima manusia. Pada risiko non karsinogenik karakteristik risiko dinyatakan dalam RQ (*Risk Quotion*) dan untuk risiko karsinogenik dinyatakan dalam ECR (*Excess Cancer Risk*).

Risiko kesehatan non karsinogenik untuk benzene antara lain adalah kantuk, pening, sakit kepala, gemetar, bingung sampai tidak sadarkan diri atau pingsan. Sedangkan risiko kesehatan karsinogenik yang mungkin ditimbulkan akibat pajanan benzene adalah leukemia dan gangguan pada sumsum tulang belakang (Lu, Frank, 1995).

Berdasarkan perhitungan risiko pada ke-79 pekerja di bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung didapatkan bahwa nilai RQ *realtime* terendah adalah 0,14 dan tertinggi adalah 841,59 dan RQ > 1 sebanyak 52 pekerja. Sedangkan nilai RQ *lifetime* terendah adalah 0,12 dan tertinggi adalah 9,67 serta RQ > 1 sebanyak 37 pekerja.

Besarnya risiko kesehatan pada pekerja diakibatkan oleh banyak faktor. Menurut hasil pengamatan langsung dan wawancara selama penelitian dapat dikatakan bahwa semua pekerja pada kelima bengkel sepatu ini tidak menggunakan alat pelindung diri terutama masker selama bekerja. Hal ini dikarenakan para pekerja merasa tidak nyaman dan merasa repot karena penggunaan alat pelindung diri tersebut. Selain itu karena mereka tidak terbiasa dalam penggunaan masker dalam bekerja sehari-hari.

Selain itu kebiasaan merokok merupakan kebiasaan lain yang akan memperburuk kesehatan pekerja. Berdasarkan penelitian diketahui bahwa pekerja dapat mengkonsumsi rokok sebanyak 6-24 per harinya. Mereka juga memiliki kebiasaan tidak menggunakan baju saat bekerja dikarenakan suhu ruangan yang sangat panas. Selain itu mereka juga memiliki kebiasaan dalam mengambil dan mengolesi lem menggunakan jari mereka karena mereka pikir itu lebih cepat dan rata. Hal-hal inilah yang akan menambah risiko pajanan benzene bagi pekerja.

Dengan adanya kemungkinan risiko gangguan kesehatan yang akan dirasakan pada para pekerja ini, seharusnya pihak-pihak terkait seperti BLUD Pengelola Kawasan PIK Pulogadung, Dinas Kesehatan setempat bekerja sama dengan pemilik bengkel untuk membuat suatu manajemen risiko untuk mencegah terjadinya risiko kesehatan akibat pajana benzene. Hal ini dapat dilakukan dengan dilakukannya penyuluhan, pendidikan dan peningkatan pengetahuan mengenai bahaya benzene bagi kesehatan mereka, penggunaan alat pelindung diri selama bekerja terutama penggunaan masker, serta penerapan budaya hidup sehat yaitu dengan mengurangi kebiasaan merokok serta makan makanan yang sehat.

### **6.7 Manajemen Risiko**

Manajemen risiko harus dilakukan apabila nilai  $RQ > 1$  atau  $ECR > 10^{-4}$ . Manajemen risiko atau pengendalian risiko adalah suatu upaya untuk melindungi populasi yang terpajan dengan berbagai cara yaitu: dengan menghindari kontak dengan sumber pajanan, mengurangi kontak dengan sumber pajanan dan menggunakan alat perlindungan diri selama kontak dengan sumber pajanan. Upaya manajemen risiko dilakukan dengan cara memanipulasi komponen yang ada kecuali nilai  $RfC$ , sehingga nilai  $RQ = 1$  untuk non karsinogenik dan nilai  $ECR = 10^{-4}$  untuk karsinogenik. Manajemen risiko yang dilakukan dalam analisis risiko adalah dengan memperhitungkan setiap komponen atau variabel sehingga ditemukan batas aman yang dapat melindungi populasi yaitu dengan menurunkan konsentrasi pajanan, mengurangi waktu keterpajanan atau durasi keterpajanan, dan frekuensi pajanan.

Berdasarkan nilai RQ dan ECR *lifetime* dan *realtime* yang telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya, maka perlu dilakukan pengendalian risiko untuk efek pajanan benzene non karsinogenik dan karsinogenik. Pada perhitungan untuk efek non kanker diketahui bahwa semua durasi pajanan *lifetime* dan *realtime* konsentrasi benzene memiliki nilai RQ > 1 sehingga berisiko dapat menimbulkan efek merugikan kesehatan pada populasi pekerja di kelima bengkel sepatu tersebut. Begitupula untuk hasil perhitungan efek kanker untuk pajanan *lifetime* dan *realtime* konsentrasi benzene berisiko menimbulkan efek merugikan kesehatan juga dengan nilai ECR >  $10^{-4}$  sehingga diperlukan suatu manajemen risiko untuk melindungi populasi pekerja di kelima bengkel sepatu tersebut.

Manajemen risiko di tempat kerja memiliki tujuan untuk meminimalkan kerugian akibat kecelakaan, kesakitan dan kematian, meningkatkan kesempatan meningkatkan produksi melalui lingkungan kerja yang aman, sehat dan nyaman, serta memotong kerugian akibat kegagalan produksi. Selain itu instansi terkait juga perlu melakukan pemeriksaan kesehatan berkala bagi para pekerja. Tujuannya adalah untuk mendeteksi secara dini kemungkinan gangguan kesehatan yang akan terjadi pada pekerja akibat pajanan benzene di tempat kerja, serta mendeteksi perubahan status kesehatan sebelum bekerja dan setelah bekerja di industri sepatu.

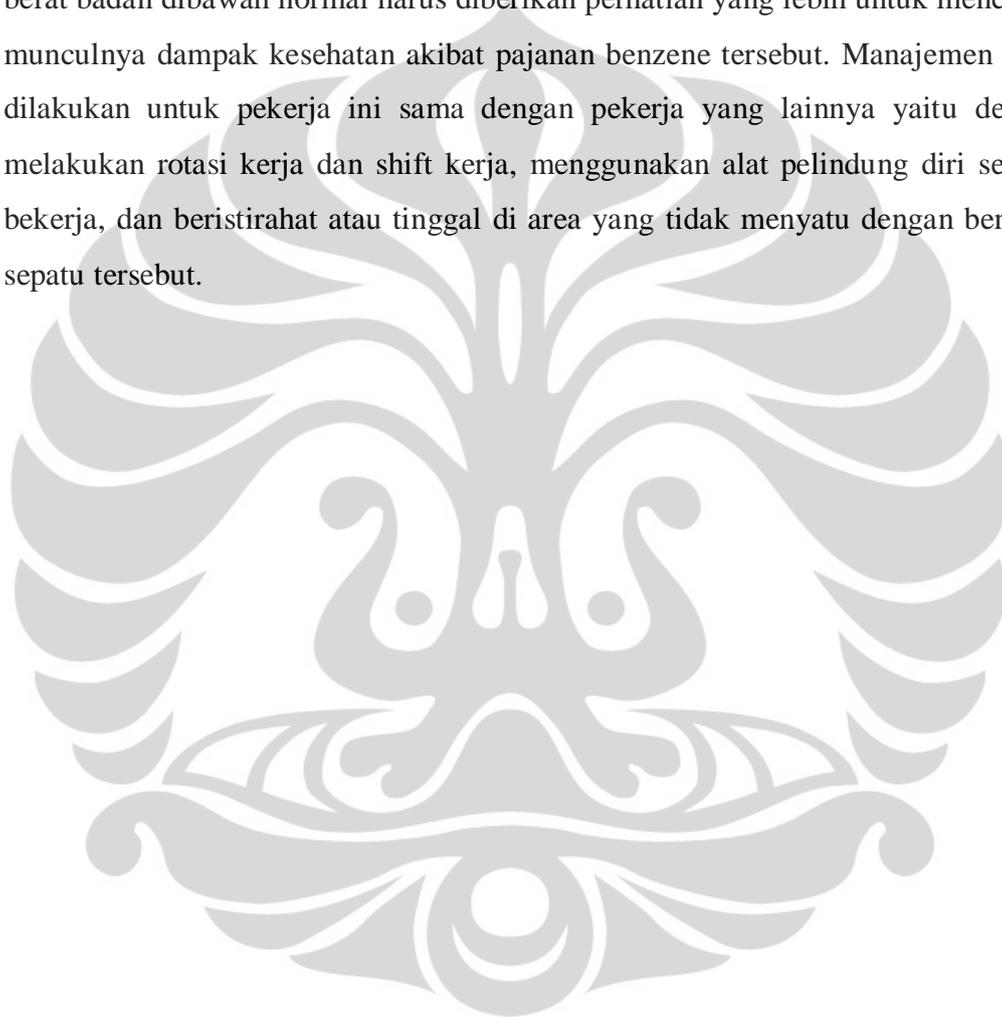
Berdasarkan hasil penelitian ini didapatkan bahwa konsentrasi yang aman untuk pajanan non karsinogenik adalah  $0,042 \text{ mg/m}^3$  dan sebesar  $0,023 \text{ mg/m}^3$  untuk risiko pajanan karsinogenik 70 tahun. Konsentrasi yang aman ini sangat jauh nilainya apabila dibandingkan dengan nilai konsentrasi rata-rata di kelima bengkel tersebut sebelum dilakukan manajemen penurunan pajanan yaitu sebesar  $0,206 \text{ mg/m}^3$ . Penurunan pajanan ini dapat dilakukan dengan menurunkan konsentrasi benzene. Menurunkan konsentrasi benzene di lingkungan kerja dapat dilakukan dengan menggunakan bahan yang mengandung benzene dengan konsentrasi yang lebih rendah yaitu menggunakan lem yang berbasis air, menggunakan alat pelindung diri selama berada di lingkungan bengkel (Anonim, 2008). Selain itu cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan membuat ventilasi udara yang lebih banyak dan menambahkan alat untuk sirkulasi udara seperti kipas untuk mengurangi konsentrasi benzene di dalam ruangan kerja.

Cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan mengurangi waktu pajanan benzene pada pekerja yang dapat dilakukan dengan mengurangi lama pajanan, frekuensi pajanan dan durasi pajanan. Berdasarkan perhitungan pada efek risiko non karsinogenik didapatkan pajanan harian yang aman bagi pekerja selama pajanan 30 tahun adalah 5,4 jam/hari atau 5 jam/hari, frekuensi pajanan yang aman adalah 114,78 hari/tahun atau 114 hari per tahun, dan durasi pajanan tahunan yang aman bagi pekerja adalah selama 10,86 tahun atau sekitar 10 tahun. Berdasarkan perhitungan didapatkan bahwa lama pajanan yang aman bagi pekerja untuk efek pajanan karsinogenik adalah 2,96 jam/hari atau 3 jam/hari. Sedangkan untuk frekuensi pajanan yang aman bagi pekerja sebesar 63 hari/tahun dan durasi pajanan yang aman bagi pekerja adalah 5,96 tahun atau sekitar 6 tahun.

Pengurangan waktu pajanan ini dapat dilakukan dengan menetapkan sistem kerja shift yaitu bergantian dalam bekerja yang bermanfaat untuk mengurangi pajanan benzene selama bekerja. Menetapkan aturan jam kerja per hari yang sesuai dengan jam kerja normal sehingga tidak melebihi waktu kerja normal. Cara lain adalah dengan melakukan perputaran tempat kerja sehingga pajanan benzene dapat dikurangi bagi para pekerja. Dan untuk melakukan perputaran atau rotasi kerja tersebut maka sebelumnya harus dilakukan pelatihan bagi para pekerja sehingga para pekerja tidak hanya terampil di satu proses produksi saja melainkan di semua proses produksi yang ada. Pajanan benzene berhubungan dengan durasi seseorang kontak dengan benzene tersebut. Sebagian besar pekerja di industri sepatu ini tinggal di bengkel sepatu dan beristirahat di bengkel sepatu sehingga semakin banyak waktu kontak pekerja dengan bahan berbahaya ini. Oleh karena itu salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah asupan benzene pada setiap pekerja adalah dengan menyediakan tempat tinggal dan istirahat bagi para pekerja yang terpisah dari bengkel sepatu. Karena apabila pekerja beristirahat di bengkel sepatu selama seharian maka ia akan tetap menghirup udara yang mengandung benzene.

Berdasarkan variable antropometri yaitu usia dan berat badan terdapat beberapa pekerja yang tidak sesuai dengan batas yang ditetapkan seperti terdapat pekerja yang berusia 17 tahun dan 6 tahun dimana seharusnya usia pekerja yang normal dan aman terhadap pajanan benzene adalah yang berada pada rentang usia

18 tahun sampai 45 tahun. Begitupula dengan variable berat badan dimana berat badan yang digunakan dalam referensi perhitungan intake adalah berat badan orang Amerika yaitu 70 kg dan berat badan rata-rata orang Indonesia adalah 55 kg. Sedangkan pada penelitian ini terdapat pekerja yang memiliki berat badan dibawah berat badan normal orang Indonesia yaitu di bawah 55 kg. Sehingga pekerja yang berusia 17 tahun, dan berusia 45 tahun, serta pekerja yang memiliki berat badan dibawah normal harus diberikan perhatian yang lebih untuk mencegah munculnya dampak kesehatan akibat pajanan benzene tersebut. Manajemen yang dilakukan untuk pekerja ini sama dengan pekerja yang lainnya yaitu dengan melakukan rotasi kerja dan shift kerja, menggunakan alat pelindung diri selama bekerja, dan beristirahat atau tinggal di area yang tidak menyatu dengan bengkel sepatu tersebut.



## BAB VII PENUTUP

### 7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini antara lain adalah :

1. Dari kelima bengkel sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung terdapat 3 bengkel yang memiliki konsentrasi benzene rata-rata yang sama sekitar  $0,2 \text{ mg/m}^3$  yaitu Blok E.288-289, Blok C.106, Blok B.195-196. Sedangkan bengkel Blok B.144 memiliki konsentrasi benzene rata-rata  $0,0194 \text{ mg/m}^3$  dan bengkel Blok A 66-67 memiliki konsentrasi benzene rata-rata  $0,1298 \text{ mg/m}^3$ .
2. Konsentrasi benzene di lingkungan kerja pada 17 titik dari 28 titik pengambilan sampel di 5 bengkel sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung telah melampaui dosis respon yang telah ditetapkan IRIS tahun 2003 yaitu sebesar  $0,03 \text{ mg/m}^3$ .
3. Usia rata-rata pekerja pada kelima bengkel sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung adalah 36 tahun.
4. Berat badan rata-rata pekerja pada kelima bengkel sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung adalah 54,14 kg.
5. Lama pajanan rata-rata pekerja pada kelima bengkel sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung adalah 14,9 atau sekitar 15 jam per hari.
6. Frekuensi pajanan rata-rata pekerja pada kelima bengkel sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung adalah 309,8 atau sekitar 310 hari per tahun.
7. Durasi pajanan rata-rata pekerja pada kelima bengkel sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung adalah 10,96 atau 11 tahun.
8. Populasi pekerja sepatu di lima bengkel sepatu di kawasan PIK Pulogadung ini memiliki risiko untuk mendapatkan efek non kanker dan kanker akibat pajanan benzene pada semua durasi pajanan *realtime* dan *lifetime* karena nilai  $RQ > 1$  dan  $ECR > 10^{-4}$ .

9. Manajemen risiko efek non kanker yang dapat dilakukan antara lain adalah dengan menurunkan konsentrasi benzene dari 0,206 mg/m<sup>3</sup> menjadi 0,042 mg/m<sup>3</sup>, mengurangi lama pajanan dari 14,93 jam/hari menjadi 5,4 jam/hari, mengurangi frekuensi pajanan dari 310 hari/tahun menjadi 114 hari/tahun, dan menentukan durasi pajanan pekerja terhadap benzene yaitu 10,86 tahun.
10. Manajemen risiko efek kanker yang dapat dilakukan antara lain adalah dengan menurunkan konsentrasi benzene dari 0,206 mg/m<sup>3</sup> menjadi 0,023 mg/m<sup>3</sup>, mengurangi lama pajanan dari 14,93 jam/hari menjadi 2,96 jam/hari, mengurangi frekuensi pajanan tahunan dari 310 hari/tahun menjadi 63 hari/tahun, dan menentukan lama durasi pajanan pekerja terhadap benzene yaitu selama 5,9 tahun.

## **7.2 Saran**

### **7.2.1 Bagi Dinas Tenaga Kerja Setempat**

- Melakukan monitoring berkala terhadap konsentrasi benzene di udara lingkungan kerja khususnya bagi sektor industri informal sepatu kulit.
- Melakukan perhitungan kembali konsentrasi benzene dalam SNI agar didapatkan dosis repon yang sesuai dengan karakteristik antropometri dan pola penduduk Indonesia.
- Melakukan sosialisasi waktu kerja yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku bagi pekerja industri di sektor informal.
- Melakukan pelatihan rutin bagi pekerja Dinas Tenaga Kerja yang mengambil sampel udara.

### **7.2.2 Bagi Dinas Kesehatan Setempat dan BLUD Pulogadung**

- Melakukan penyuluhan kepada pekerja maupun pemilik bengkel mengenai risiko dan dampak penggunaan bahan-bahan berbahaya seperti benzene serta efek kesehatan yang akan dihasilkan nantinya.
- Melatih kader kesehatan kerja sehingga dapat melakukan penyuluhan kesehatan kerja pada para pekerja di industri sepatu rumahan.

- Meningkatkan program kesehatan kerja pada sektor industri non formal.

### 7.2.3 Bagi Pemilik Bengkel Sepatu dan Pekerja

- Sosialisasi penggunaan alat pelindung diri selama bekerja atau selama berada di dalam bengkel sepatu.
- Melakukan aturan mengurangi atau berhenti merokok untuk mengurangi jumlah pajanan benzene bagi para orang yang ada di lingkungan bengkel sepatu.
- Melakukan penataan dan penyimpanan bahan baku dengan benar dan sesuai.
- Melakukan pergantian tempat kerja secara berkala bagi para pekerja sehingga tingkat risiko kesehatan bagi pekerja dapat berkurang.
- Melakukan pelatihan bagi para pekerja sehingga pekerja dapat terampil di semua bagian produksi sepatu.
- Menentukan aturan jam kerja dan lamanya hari kerja selama bekerja di bengkel sepatu.
- Memperbanyak ventilasi udara dan alat bantu pertukaran udara di area bekerja bengkel sepatu.
- Menyediakan tempat tinggal yang tidak menyatu dengan bengkel bagi para pekerja yang menetap di bengkel.
- Mengganti lem yang memiliki kadar benzene yang tinggi dengan lem yang berbasis air.

### 7.2.4 Bagi Peneliti Lain

- Melakukan penelitian lanjutan dengan mempertimbangkan kemungkinan asupan benzene yang berasal dari sumber lain di lingkungan kerja.
- Melakukan penelitian dengan menggunakan pemeriksaan biomarker pada pekerja.
- Melakukan penelitian dengan menggunakan alat bantu *personal kit* exposure yang ditempelkan pada masing-masing pekerja untuk

mengetahui pajanan benzene yang sebenarnya diterima pekerja selama berada di lingkungan bengkel sepatu.



## DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, Umar Fahmi. (2006). *Imunisasi Mengapa Perlu?*. Jakarta : Kompas.
- American Cancer Society*. (2011). *Genetics and Cancer*. 4 Desember 2011. <http://cancer.org>
- Anonim. (2008). *Serba Serbi Lem dan Kegunaanya*. 3 Oktober 2011. [http://www.housing-estate.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1627&itemid=51](http://www.housing-estate.com/index.php?option=com_content&task=view&id=1627&itemid=51)
- Anonim. (2010). *Industri Sepatu Makin Bergairah*. 11 Juli 2011, 10.32 WIB. <http://matanews.com/2010/01/28/industri-sepatu-makin-bergairah/>
- Anonim. (2011). *Benzene Myelogenous Leukimia*. 7 Oktober 2011. [www.benzene-myelogenous-leukimia.com/html/reports.html](http://www.benzene-myelogenous-leukimia.com/html/reports.html)
- Anonim. (2011). *Pedoman Umum Rumah Sederhana Sehat*. 16 Desember 2011. [www.pu.go.id](http://www.pu.go.id)
- Anonim. (2011). *SNI Penguat Daya Saing Bangsa*. 15 Desember 2011. [http://www.bsn.go.id/files/1704711/genapsnibuku/BAB\\_6.pdf](http://www.bsn.go.id/files/1704711/genapsnibuku/BAB_6.pdf)
- ATSDR. (2000). *Benzene*. 3 November 2010. <http://www.atsdr.cdc.gov/csem/benzene/docs/benzene.pdf>
- Bakta, I Made. (2003). *Hematologi Klinis Ringkas*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran ECG.
- Calyton, G. D. & CLyton, F. E. (1991). *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology* (4th Ed. Volume II). USA : John Wiley and Sons, USA.
- CDC. (2005). *Facts About Benzene*. 17 Oktober 2011. <http://www.bt.cdc.gov/agent/benzene/basics/facts.asp>

- Dayanara, Amira Dewi. (2011). *Jumlah Penduduk Dunia Diperkirakan Capai 7 Miliar Tahun 2011*. 9 Oktober 2011. <http://m.detik.com/read/2011/08/18/115937/1705821/jumlah-penduduk-dunia-diperkirakan-capai-7-miliar-tahun-2011>
- Departemen Tenaga Kerja RI. (1997). Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja RI Nomor : SE-OI/MENAKER/I997 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja. Jakarta,
- Didin. (2007). *Lem Kuning Dapat Menyebabkan Leukimia*. 26 Juli 2010. <http://nbudiman.blogspot.com/2007/09/lem-kuning-dapat-menyebabkan-leukimia.html>
- Djamaloeddin, Joesri. (1996). *Thesis: Hubungan Pemaparan Uap Benzene dengan Kandungan Fenol Dalam Urin Pada Karyawan Pertamina yang Bekerja di Suppon Palembang, Balikpapan, Semarang dan Surabaya Tahun 1996*. Depok : Universitas Indonesia.
- European Committee For Standardization. (2009). *Indicative List of Regulated Dangerous Substance Possibly Associated With Construction Products Under The CPD*. Nederlands : Nederlands Normalisatie Instituut.
- ILO. (2004). *Pekerja Anak Di Industri Sepatu Informal Di Jawa Barat Sebuah Kajian Cepat*. 12 Oktober 2011. [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/---ilo-jakarta/documents/publication/wcms\\_123817.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/---ilo-jakarta/documents/publication/wcms_123817.pdf)
- IPCS. (1993). *Environmental Health Criteria 150. Benzene*. WHO. Geneva.
- IPCS. (2000). *Environmental Health Criteria 214. Human Exposure Assessment*. WHO. UNEP.
- IPCS. (2005). *Environmental Health Criteria 239. Principles of Modelling Dose Response for The Risk Assessment of Chemical Human Exposure Assessment*. WHO.
- IRIS. (2003). *Benzene*. 3 November 2011. <http://www.epa.gov/iris/subst/0276.htm>
- Kolluru, et. Al. (1996). *Risk Assessment and Management Handbook For Environmental, Health, and Safety Professionals*. McGraw-Hill: United States
- Landis, Wayne & Yu, Ming. (2004). *Introduction to Environmental Toxicology Impacts of Chemicals Upon Ecological Systems*. New York : Lewis Publisher.

- Lelitasari. (2006). *Tesis : Hubungan Pelarut Organik dengan Gejala Neurotoksik pada Pekerja Alas Kaki di Sektor Informal Ciomas Bogor (Menggunakan Kuesioner Swedish Q16)*. Jakarta : FK UI.
- Leo & Rosen. (2010). *Benzene*. 17 Oktober 2011. <http://www.cancer.org/Cancer/CancerCauses/OtherCarcinogens/IntheWorkplace/benzene>
- Lestari, Fatma. (2010). *Bahaya Kimia : Sampling & Pengukuran Kontaminan Kimia di Udara*. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Lippmann, Marton & Schelsinger, Richard. (1979). *Chemical Contamination in The Human Environment*. New York : Oxford University Press.
- Louvar, Joseph & Louvar, B. (1998). *Health and Environmental Risk Analysis Fundamental with Applications (Vol 2)*. USA : Prentice Hall PTR.
- Low, et. al. (1989). Pharmacokinetics and metabolism of benzene in Zymbal gland and other key tissues after oral administration in rats. *Environmental Health Perspective*.
- Lu, Frank. 1995. *Toksikologi Dasar: Asas, organ sasaran, dan penilaian risiko Edisi II*. Jakarta. Penerbit Universitas Indonesia.
- Mahawati, et. al. (2006, April). Hubungan Antara Kadar Fenol Dalam Urin Dengan Kadar Hb, Eritrosit, Trombosit Dan Leukosit (Studi Pada Tenaga Kerja Di Industri Karoseri CV Laksana Semarang. *J Kesehatan Lingkungan Indonesia*.
- Notoatmojo, Soekidjo. (2007). *Promosi Kesehatan & Ilmu Perilaku*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Pekari, et.al. (1992). Biological monitoring of occupational exposure to low levels of benzene. *Scand J Work Environmental Health*.
- Prasetya, Bambang. (2008). *Serba Serbi Lem dan Kegunaannya*. 7 Oktober 2011. [http://www.housing-estate.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1627&Itemid=51](http://www.housing-estate.com/index.php?option=com_content&task=view&id=1627&Itemid=51)

- Pudjoko, Sigit. (2010). *Tesis: Hubungan Paparan Benzene Dengan Kadar Fenol Dalam Urin dan Gangguan Sistem Hematopoietic Pada Pekerja Instalasi BBM*. Semarang : Univeritas Diponegoro.
- Rosebrook & Worm. (1993). Cigarettes: Point Source for Benzene Exposure? Volume 101, Number 1, April 22.. *Environmental Health Perspectives*.
- Rsulan Burhani, (2011). *Mendag: Industri Sepatu Cibaduyut Miliki Potensi Internasional*. 11 Juli 2011. <http://www.antaraneews.com/berita/245873/mendag-industri-sepatu-cibaduyut-miliki-potensi-internasional>
- Suma'mur. (2009). *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (Hiperkes)*. Jakarta: Sagung Seto.
- Sofia, Nur Azizah. (2011). *Skripsi : Karakteristik Risiko Paparan Benzene dan Toluene Terhadap Pekerja Sektor Informal Alas Kaki di Kecamatan Ciomas, Bogor Tahun 2011 (Studi Kasus Pada 11 Bengkel Sepatu Informal)*. Depok : FKM UI.
- Travis, et.al. (1994). Hematopoietic Malignancies and Related Disorders Among Benzene-Exposed Workers in China. *Leukemia and Lymphoma Vol. 14, pp. 91–102*.
- Uhud, et. Al. (2008). *Buku Pedoman Pelaksanaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja Untuk Praktek dan Praktikum*. Unair : Surabaya.
- Vlaanderen, Jelle. (2010). Occupational Benzene Exposure and the Risk of Lymphoma Subtypes: A Meta-analysis of Cohort Studies Incorporating Three Study Quality Dimensions. *Environmental Health Perspectives*.
- Widodo, Tri. (2005). *Peran Sektor Informal Di Indonesia*. 21 Oktober 2011. <http://www.ugm.ac.id/index.php?page=rilis&artikel=322>
- Zuliyawan. (2010). *Skripsi : Analisis Risiko Kesehatan Paparan Benzene Melalui Penentuan Levbel Trans, Trans-Muconic Acid Dalam Urin Pada Karyawan Di SPBU "X" Jakarta Utara 2010*. Depok : FKM UI.

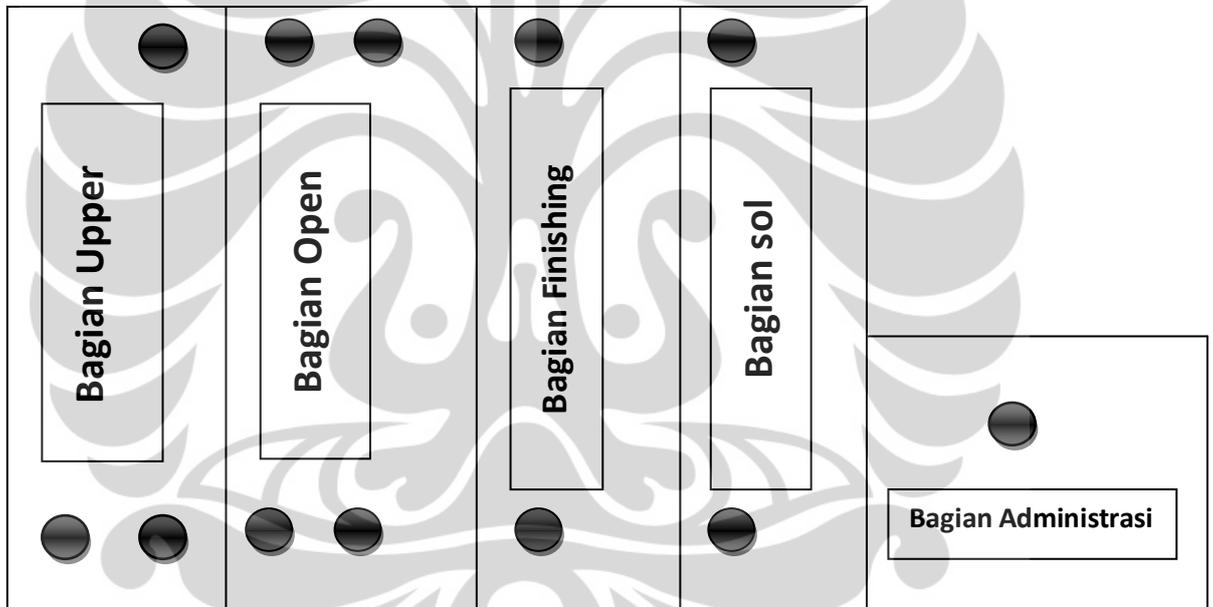
**LOKASI PENGAMBILAN SAMPEL BENZENE PADA  
KELIMA BENGKEL SEPATU YANG BERLOKASI DI PIK  
PULOGADUNG TAHUN 2011**

Berikut adalah denah lokasi pengambilan sampel benzene di udara lingkungan kerja bengkel sepatu yang berada di kawasan PIK Pulogadung. Lokasi pengambilan sampel tersebar di lima bengkel sepatu. Pengambilan sampel dilakukan didekat pekerja bekerja dengan denah seperti di bawah ini :

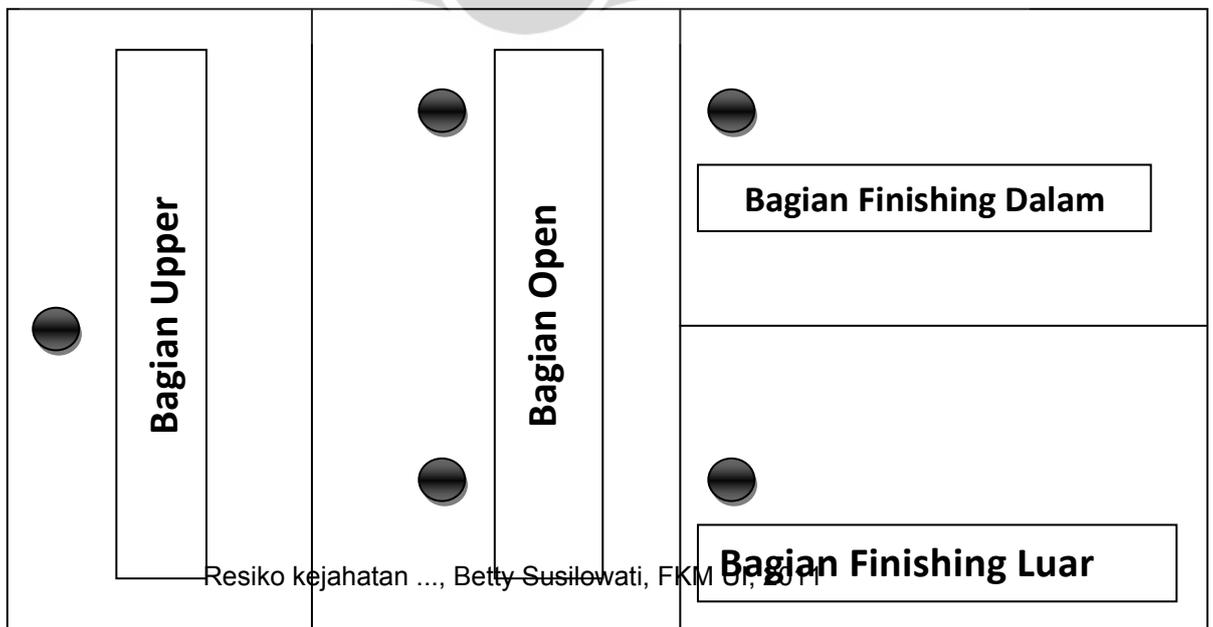
Keterangan :

● : Lokasi Pengambilan sampel

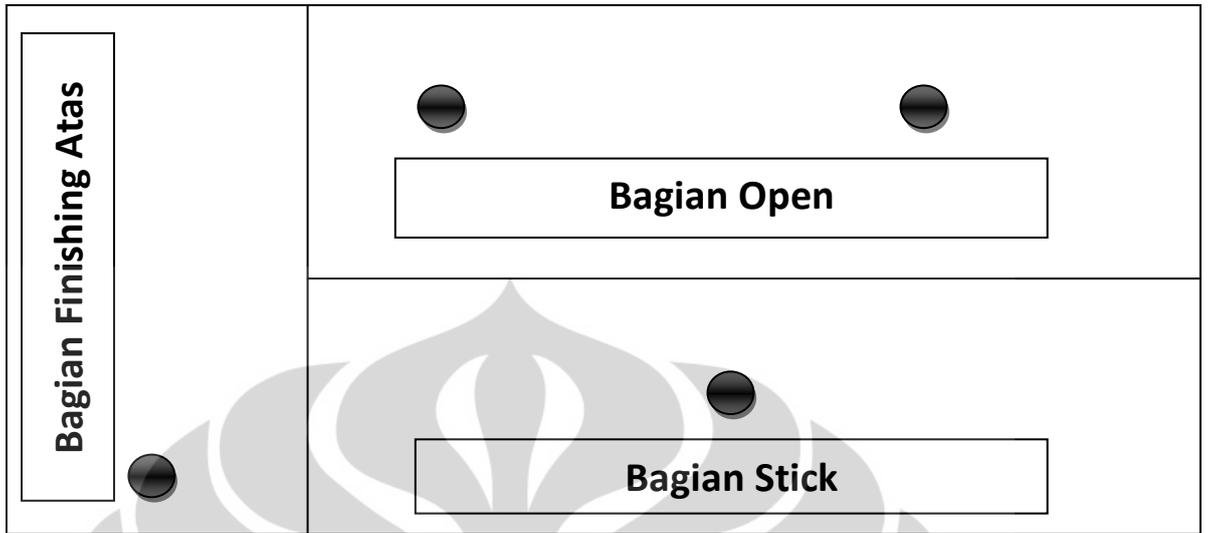
**Blok E 288-289**



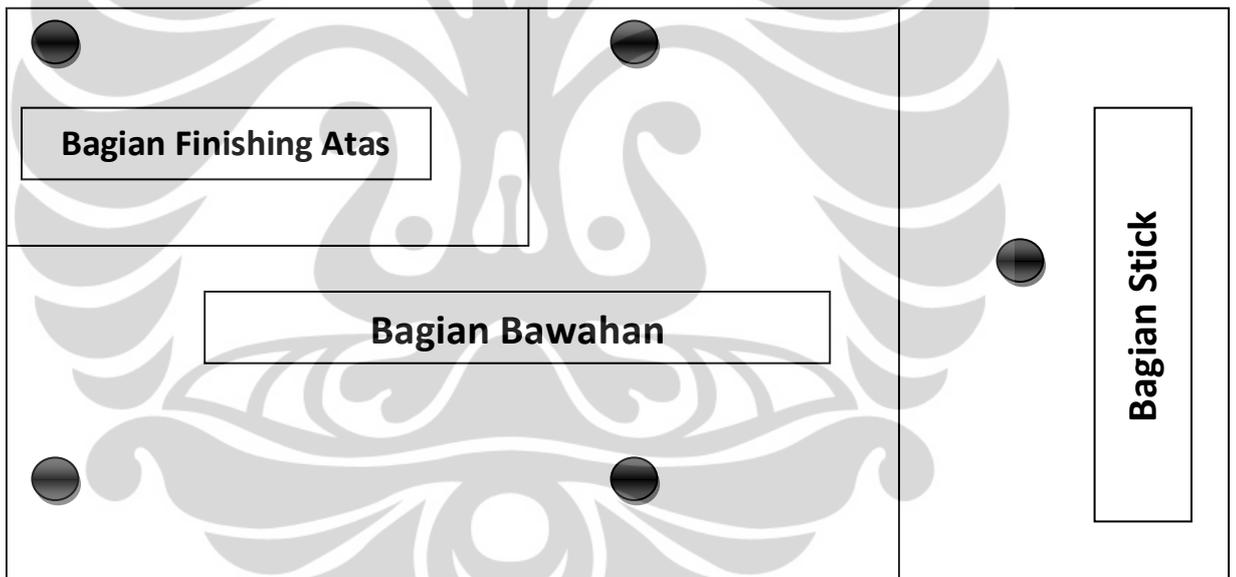
**BLOK A 66-67**



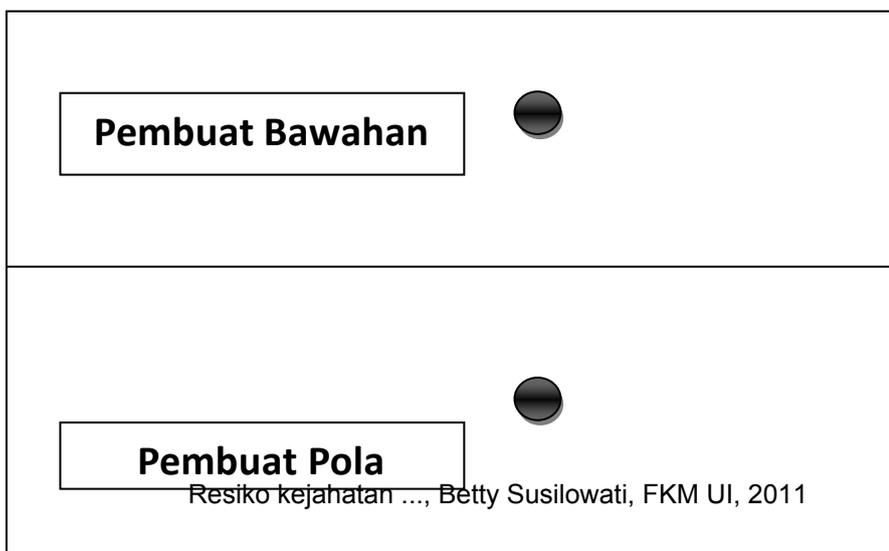
**BLOK B 144**



**BLOK B 195-196**



**BLOK C 106**



# HYDROCARBONS, AROMATIC

1501

FORMULA: Table 1

MW: Table 1

CAS: Table 1

RTECS: Table 1

**METHOD:** 1501, Issue 3

**EVALUATION:** Full

**Issue 1:** 15 August 1990  
**Issue 3:** 15 March 2003

**OSHA:** Table 2  
**NIOSH:** Table 2  
**ACGIH:** Table 2

**PROPERTIES:** Table 1

<b>SYNONYMS:</b>	<u>Group A:</u> benzene	toluene	ethylbenzene	o-xylene	m-xylene	p-xylene
<b>(Synonyms in Table 1)</b>	<u>Group B:</u> cumene	p-tert-butyltoluene	α-methylstyrene	β-methylstyrene	styrene	

SAMPLING	MEASUREMENT
<p><b>SAMPLER:</b> SOLID SORBENT TUBE (coconut shell charcoal, 100 mg/50 mg)</p> <p><b>FLOW RATE:</b> Table 3</p> <p><b>VOL-MIN:</b> Table 3 <b>-MAX:</b> Table 3</p> <p><b>SHIPMENT:</b> Routine</p> <p><b>SAMPLE STABILITY:</b> 30 days @ 5°C</p> <p><b>BLANKS:</b> 10% of samples</p>	<p><b>TECHNIQUE:</b> GAS CHROMATOGRAPHY, FID</p> <p><b>ANALYTE:</b> Hydrocarbons listed above</p> <p><b>DESORPTION:</b> 1 mL CS<sub>2</sub>, stand 30 min with agitation</p> <p><b>INJECTION VOLUME:</b> 1 µL (<u>Group A:</u> split 5:1; <u>Group B:</u> split 1:1)</p> <p><b>TEMPERATURE</b>  <b>-INJECTION:</b> 250 °C  <b>-DETECTOR:</b> 300 °C  <b>-COLUMN:</b> <u>Group A:</u> 40 °C (10 min) to 230°C (10 °C/min)  <u>Group B:</u> 35°C (8 min) to 225°C (10°C/min)</p> <p><b>CARRIER GAS:</b> He @ 2.6 mL/min</p> <p><b>COLUMN:</b> Capillary, fused silica  <u>Group A:</u> 30m x 0.32-mm ID; 1-µm film 100% PEG or equivalent  <u>Group B:</u> 30m x 0.53-mm ID; 3-µm film crossbonded@ 35% diphenyl 65% dimethyl polysiloxane or equivalent</p> <p><b>CALIBRATION:</b> Solutions of analytes in CS<sub>2</sub></p> <p><b>RANGE:</b> Table 4</p> <p><b>ESTIMATED LOD:</b> Table 4</p> <p><b>PRECISION (S<sub>r</sub>):</b> Table 4</p>
ACCURACY	
<p><b>RANGE STUDIED:</b> Table 3</p> <p><b>BIAS:</b> Table 3</p> <p><b>OVERALL PRECISION (S<sub>r</sub>):</b> Table 3</p> <p><b>ACCURACY:</b> Table 3</p>	

**APPLICABILITY:** This method is for peak, ceiling, and TWA determinations of aromatic hydrocarbons. Interactions between analytes may reduce breakthrough volumes and affect desorption efficiencies. Naphthalene, originally validated in S292 [4], failed to meet acceptable desorption efficiency recovery and storage stability criteria at the levels evaluated in this study. However, the application of this method to naphthalene levels at or near the REL/PEL continues to meet acceptable recovery criteria. Styrene failed to meet acceptable recovery criteria at the two lowest levels evaluated in this study (highest level to meet the criteria was 181 µg/sample).

**INTERFERENCES:** Under conditions of high humidity, the breakthrough volumes may be reduced. Other volatile organic compounds such as alcohols, ketones, ethers, and halogenated hydrocarbons are potential analytical interferences.

**OTHER METHODS:** This method updates NMAM 1501 issued on August 15, 1994 [1] which was based upon P&CAM 127 (benzene, styrene, toluene, and xylene) [2]; S22 (p-tert-butyltoluene) [3]; S23 (cumene) [3]; S29 (ethylbenzene) [3]; S26 (α-methylstyrene) [3]; S30 (styrene); S311 (benzene) [4]; S343 (toluene) [4]; and S318 (xylenes) [4].

**REAGENTS:**

1. Carbon disulfide\*, low benzene, chromatographic quality.
2. Analytes, reagent grade.
3. Helium, prepurified and filtered.
4. Hydrogen, prepurified and filtered.
5. Air, prepurified and filtered.

\* See SPECIAL PRECAUTIONS

**EQUIPMENT:**

1. Sampler: glass tube, 7 cm long, 6-mm OD, 4-mm ID, flame-sealed ends, containing two sections of activated coconut shell charcoal (front = 100 mg, back = 50 mg) separated by a 2-mm urethane foam plug. A silylated glass wool plug precedes the front section and a 3-mm urethane foam plug follows the back section. Tubes are commercially available.
2. Personal sampling pump, 0.01 to 1.0 L/min (Table 3), with flexible connecting tubing.
3. Gas chromatograph, FID, integrator, and columns (page 1501-1).
4. Autosampler vials, glass, 1.8 mL, with PTFE-lined caps.
5. Pipets, 1-mL, and pipet bulb.
6. Syringes, 10- $\mu$ L, 25- $\mu$ L, and 250- $\mu$ L.
7. Volumetric flasks, 10-mL.

---

**SPECIAL PRECAUTIONS:** Carbon disulfide is toxic and extremely flammable (flash point = -30°C), benzene is a suspect carcinogen. Prepare standards and samples in a well ventilated hood.

---

**SAMPLING:**

1. Calibrate each personal sampling pump with a representative sampler in line.
2. Break the ends of the sampler immediately before sampling. Attach sampler to personal sampling pump with flexible tubing.
3. Sample at an accurately known flow rate between 0.01 and 0.2 L/min for a total sample size as shown in Table 3.
4. Cap the samplers with plastic (not rubber) caps and pack securely for shipment.

**SAMPLE PREPARATION:**

5. Place the front and back sorbent sections of the sampler tube in separate vials. Include the glass wool plug in the vial along with the front sorbent section.
6. Add 1.0 mL eluent to each vial. Attach crimp cap to each vial immediately.
7. Allow to stand at least 30 min with occasional agitation.

**CALIBRATION AND QUALITY CONTROL:**

8. Calibrate daily with at least six working standards from below the LOD to 10 times the LOQ. If necessary, additional standards may be added to extend the calibration curve.
  - a. Add known amounts of analytes to carbon disulfide solvent in 10-mL volumetric flasks and dilute to the mark. Prepare additional standards by serial dilution in 10-mL volumetric flasks.
  - b. Analyze together with samples and blanks (steps 11 through 12).
  - c. Prepare calibration graph (peak area of analyte vs.  $\mu$ g analyte per sample).

9. Determine desorption efficiency (DE) at least once for each batch of charcoal used for sampling in the calibration range (step 8).
  - a. Prepare three tubes at each of five levels plus three media blanks.
  - b. Inject a known amount of DE stock solution (5 to 25  $\mu\text{L}$ ) directly onto front sorbent section of each charcoal tube with a microliter syringe.
  - c. Allow the tubes to air equilibrate for several minutes, then cap the ends of each tube and allow to stand overnight.
  - d. Desorb (steps 5 through 7) and analyze together with standards and blanks (steps 11 and 12).
  - e. Prepare a graph of DE vs.  $\mu\text{g}$  analyte recovered.
10. Analyze a minimum of three quality control blind spikes and three analyst spikes to insure that the calibration graph and DE graph are in control.

**MEASUREMENT:**

11. Set gas chromatograph according to manufacturer's recommendations and to conditions given on page 1501-1. Inject a 1- $\mu\text{L}$  sample aliquot manually using the solvent flush technique or with an autosampler.  
Note: If peak area is above the linear range of the working standards, dilute with solvent, reanalyze, and apply the appropriate dilution factor in the calculations.

Analyte	Approximate Retention Time (min)
benzene <sup>a</sup>	3.52
toluene <sup>a</sup>	6.13
ethylbenzene <sup>a</sup>	10.65
<i>o</i> -xylene <sup>a</sup>	12.92
<i>m</i> -xylene <sup>a</sup>	11.33
<i>p</i> -xylene <sup>a</sup>	11.04
cumene <sup>b</sup>	18.61
<i>p</i> -tert-butyltoluene <sup>b</sup>	21.45
$\alpha$ -methylstyrene <sup>b</sup>	19.99
$\beta$ -methylstyrene <sup>b</sup>	20.82
styrene <sup>b</sup>	18.33

<sup>a</sup> Separation achieved using a 30-m Stabilwax fused silica capillary column.

<sup>b</sup> Separation achieved using a 30-m Rtx-35 fused silica capillary column.

12. Measure peak areas.

**CALCULATIONS:**

13. Determine the mass,  $\mu\text{g}$  (corrected for DE) of analyte found in the sample front ( $W_f$ ) and back ( $W_b$ ) sorbent sections, and in the average media blank front ( $B_f$ ) and back ( $B_b$ ) sorbent sections.  
NOTE: If  $W_b > W_f/10$ , report breakthrough and possible sample loss.
14. Calculate concentration,  $C$ , of analyte in the air volume sampled,  $V$  (L):

$$C = \frac{(W_f + W_b - B_f - B_b)}{V}, \text{mg} / \text{m}^3$$

NOTE:  $\mu\text{g}/\text{L} = \text{mg}/\text{m}^3$

#### EVALUATION OF METHOD:

The desorption efficiency, at levels ranging from 5 times the LOQ to 0.1x the REL, was determined for each analyte by spiking known amounts (in CS<sub>2</sub>) on coconut shell charcoal tubes. Both groups of analytes (A and B) were spiked together on the charcoal sorbent tubes. All analytes, with the exception of styrene and naphthalene, exhibited acceptable desorption efficiency recovery results at all five levels evaluated. Styrene failed to meet the 75% recovery criteria at the 18.1 µg and 90.6 µg levels. Naphthalene failed to meet the 75% criteria at all levels evaluated ranging from 48.8 µg to 976.0 µg.

Each analyte, at a level approximately 0.05x REL/PEL, was evaluated for its storage stability @ 5°C after 7, 14, and 30 days. All analytes, with the exception of naphthalene, had acceptable recoveries after 30 days storage.

#### REFERENCES:

- [1] NIOSH [1984]. Hydrocarbons, Aromatic: Method 1501. In: Eller PM, ed. NIOSH Manual of Analytical Methods. 4th rev. ed. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 94-113.
- [2] NIOSH [1977]. NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd. ed., V. 1, P&CAM 127, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-A.
- [3] Ibid, V. 2, S22, S23, S25, S26, S29, S30, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-B (1977).
- [4] Ibid, V. 3, S292, S311, S318, S343, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Publ. (NIOSH) 77-157-C (1977).
- [5] NIOSH [1977]. Documentation of the NIOSH Validation Tests, S22, S23, S25, S26, S29, S30, S292, S311, S318, S343, U.S. Department of Health, Education, and Welfare; Publ. (NIOSH) 77-185.

#### METHOD WRITTEN BY:

Stephanie M. Pendergrass, NIOSH/DART

**TABLE 1. SYNONYMS, FORMULA, MOLECULAR WEIGHT, PROPERTIES**

Name/Synonyms	Empirical Formula	Molecular Weight	Boiling Point (°C)	Vapor Pressure @ 25 °C (mm Hg)	(kPa)	Density @ 20 °C (g/mL)
benzene CAS #71-43-2 RTECS CY1400000	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78.11	80.1	95.2	12.7	0.879
<u>p</u> -tert-butyltoluene CAS #98-51-1 RTECS XS8400000 1-tert-butyl-4-methylbenzene	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub>	148.25	192.8	0.7	0.09	0.861
cumene CAS #98-82-8 RTECS GR8575000 isopropylbenzene	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub>	120.20	152.4	4.7	0.63	0.862
ethylbenzene CAS #100-41-4 RTECS DA0700000	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106.17	136.2	9.6	1.28	0.867
α-methylstyrene CAS #98-83-9 RTECS WL5075300 isopropenylbenzene (1-methylethenyl)-benzene	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub>	118.18	165.4	2.5	0.33	0.909
β-methylstyrene CAS #873-66-5 RTECS DA8400500	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub>	118.18	175.0	—	—	0.911
toluene CAS #108-88-3 RTECS XS5250000 methylbenzene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92.14	110.6	28.4	3.79	0.867
xylene <sup>e</sup> CAS #1330-20-7 RTECS ZE2100000 dimethylbenzene ( <u>p</u> -xylene)	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> ( <u>ortho</u> ) ( <u>meta</u> ) ( <u>para</u> )	106.17	144.4 139.1 138.4	6.7 8.4 8.8	0.89 1.12 1.18	0.880 0.864 0.861
styrene CAS #100-42-5 RTECS WL3675000 vinylbenzene	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	104.15	145.2	6.1	0.81	0.906

**TABLE 2. PERMISSIBLE EXPOSURE LIMITS, PPM**

Substance	OSHA TWA	NIOSH			ACGIH		mg/m <sup>3</sup> per ppm
		TWA	C	STEL	TLV	STEL	
benzene	1	0.1 <sup>a</sup>	1		10 <sup>b</sup>		3.19
<u>p-tert</u> -butyltoluene	10	10		20	1		6.06
cumene	50 (skin)	50 (skin)			50 (skin)		4.91
ethylbenzene	100	100		125	100	125	4.34
$\alpha$ -methylstyrene	100	50		100	50	100	4.83
$\beta$ -methylstyrene	100	50		100	50	100	4.83
toluene	200	100		150	50 (skin)		3.77
<u>o</u> -xylene	100	100 <sup>c</sup>		150	100	150	4.34
<u>m</u> -xylene	100	100			100	150	4.34
<u>p</u> -xylene	100	100			100	150	4.34
styrene	100	50		100	50	100 (skin)	4.26

<sup>a</sup> Potential carcinogen

<sup>b</sup> Suspect carcinogen

<sup>c</sup> Group I Pesticide

**TABLE 3. SAMPLING FLOWRATE<sup>a</sup>, VOLUME, CAPACITY, RANGE, OVERALL BIAS AND PRECISION**

Substance	Flowrate (L/min)	Sampling Volume <sup>b</sup> (L)		Breakthrough Volume @ Concentration		Range at VOL-MIN (mg/m <sup>3</sup> )	Overall		Accuracy ( $\pm$ %)
		MIN	MAX	(L)	(mg/m <sup>3</sup> )		Bias (%)	Precision ( $\dot{S}_{\cdot}$ )	
benzene	$\leq 0.20$	5	30	>45	149	42 - 165	-0.4	0.059	11.4
<u>p-tert</u> -butyltoluene	$\leq 0.20$	1	29	44	112	29 - 119	-10.3	0.071 <sup>c</sup>	20.7
cumene	$\leq 0.20$	1	30	>45	480	120 - 480	5.6	0.059	15.2
ethylbenzene	$\leq 0.20$	1	24	35	917	222 - 884	-7.6	0.089 <sup>c</sup>	17.1
$\alpha$ -methylstyrene	$\leq 0.20$	1	30	>45	940	236 - 943	-7.6	0.061 <sup>c</sup>	16.9
$\beta$ -methylstyrene	$\leq 0.20$	1	30	>45	940	236 - 943	-7.6	0.061	16.9
toluene	$\leq 0.20$	1	8	12	2294	548 - 2190	1.6	0.052	10.9
xylene (o-,m-,p-)	$\leq 0.20$	2	23	35	870	218 - 870	-1.2	0.060	12.2
styrene	$\leq 1.00$	1	14	21	1710	426 - 1710	-7.9	0.058 <sup>c</sup>	16.7

<sup>a</sup> Minimum recommended flow is 0.01 L/min.

<sup>b</sup> V<sub>Min</sub> = minimum sample volume @ OSHA TWA;

V<sub>Max</sub> = maximum sample volume @ OSHA TWA

<sup>c</sup> Corrected value, calculated from data in Reference 5.

TABLE 4. MEASUREMENT RANGE AND PRECISION<sup>a</sup>

Substance	LOD ( $\mu\text{g}/\text{sample}$ )	Measurement	
		Range (mg)	Precision ( $\hat{S}_r$ )
benzene	0.5	0.004-0.35	0.013
<i>p</i> - <i>tert</i> -butyltoluene	1.1	0.013-1.09	0.017 <sup>a</sup>
cumene	0.6	0.039-3.46	0.017
ethylbenzene	0.5	0.045-8.67	0.015
$\alpha$ -methylstyrene	0.6	0.036-3.57	0.014
$\beta$ -methylstyrene	0.6	0.036-0.728	0.014
toluene	0.7	0.024-4.51	0.022
<i>o</i> -xylene	0.8	0.044-10.4	0.014
<i>m</i> -xylene	0.8	0.043-0.864	0.013
<i>p</i> -xylene	0.7	0.043-0.861	0.015
styrene	0.4	0.181-8.49	0.014

<sup>a</sup> Corrected value, calculated from data in [5].

## Kuesioner

### ANALISIS REGRESI BIOMARKER t,t-MUCONIC ACID UNTUK ESTIMASI RISIKO KANKER DAN NONKANKER PAJANAN BENZENE PADA PEKERJA INDUSTRI SEPATU DAN OPSI-OPSI PENGENDALIANNYA

Tanggal Wawancara dan Pengukuran : / / 2011

#### Paraf Pengecekan

Pewawancara		Supervisor	Data Entry
Re-Check	Cross Check		

#### PETUNJUK UMUM

Setiap Pewawancara harus benar-benar memahami maksud setiap pertanyaan agar dapat menggali informasi setepat mungkin. Tata cara pengisian kuesioner adalah sebagai berikut:

1. Subjek studi adalah pekerja bengkel sepatu termasuk (karyawan administrasi), berusia dewasa (>18 tahun), laki-laki dan perempuan, dengan kriteria inklusif telah bekerja di bengkel sepatu (termasuk di bengkel sepatu lain di luar lokasi saat ini) sedikitnya satu tahun.
2. Isi kuesioner ini dengan **ballpoint** bertinta hitam atau biru. **Pinsil** atau **pulpen bertinta cair tidak boleh digunakan**. Jangan melipat, mensteples atau merobek setiap lembar kuesioner.
3. Siapkan alat-alat pengukur antropometri (timbangan berat badan dan pengukur tinggi badan) sebelum mewawancarai subyek.
4. Setelah bertemu dengan pembuat sepatu, bacakan **Penjelasan Lisan** yang telah disiapkan. Jika subyek studi setuju menjadi responden, mintalah responden tersebut mengisi dan menandatangani **Pernyataan Kesediaan** (*inform consent*) yang disediakan.
5. Sebelum mewawancarai responden, pastikan **No. Responden** (empat digit) telah diisi lengkap pada setiap lembar kuesioner.
6. Responden diharapkan memberikan perkiraan jawaban jika ia tidak yakin akan jawaban yang sebenarnya. Jangan biarkan pertanyaan dalam kuesioner ini kosong tanpa jawaban, namun Pewawancara tidak boleh mempengaruhi dalam menjawab setiap pertanyaan.
7. Semua pertanyaan dan isian ini hanya ditujukan kepada responden sebagai subjek. Usahakan agar hanya responden yang menjawab, bukan yang lain (teman atau tetangga sekerja).
8. Untuk pertanyaan dengan jawaban **PILIHAN**, tandai jawaban dengan **menuliskan angka dari kriteria jawaban yang benar**. Apabila ada perubahan jawaban, **coret jawaban yang salah** dengan tanda **X** dan **lingkari jawaban yang benar**. Jangan menghapus jawaban yang salah agar jawaban yang salah tetap terbaca.

No.			
Responden			

9. Pada akhir wawancara, setiap Pewawancara harus memaraf setiap kuesioner yang telah diisinya pada kolom yang disediakan dan **harus saling menukarkan kuesioner** yang telah diisinya dengan Pewawancara lain sebagai cara **periksa silang** (*cross check*) untuk memastikan bahwa semua pertanyaan telah diisi lengkap. Kuesioner yang belum lengkap harus dilengkapi oleh Pewawancara yang bersangkutan pada hari itu juga. Kuesioner yang telah dilengkapi ulang harus diparaf oleh Pewawancara pemeriksa silang.
10. Semua kuesioner yang telah diperiksa silang diserahkan kepada Supervisor Lapangan untuk diperiksa lebih lanjut. Pewawancara harus memperbaiki kuesioner-kuesioner yang telah diisi jika diminta Supervisor Lapangan. Jika Supervisor Lapangan tidak mengembalikannya kuesioner kepada Pewawancara berarti kuesioner itu dianggap telah lengkap dan benar.
11. Supervisor Lapangan harus memaraf kuesioner yang telah lengkap dan benar untuk diteruskan kepada petugas entri data. Hanya kuesioner-kuesioner yang diparaf oleh tiga orang (Pewawancara yang bersangkutan, Pewawancara pemeriksa silang, Supervisor Lapangan) yang dientri.

### PENJELASAN LISAN

*Ucapkan salam (Assalamualaikum wr,wb)*

- *Saya (sebutkan nama), adalah tim penelitian Analisis Regresi Biomarker T,T-Muconic Acid Untuk Estimasi Risiko Kanker Dan Nonkanker Paparan Benzene Pada Pekerja Industri Sepatu Dan Opsi-Opsi Pengendaliannya. Benzene adalah zat kimia yang terdapat dalam lem yang Bapak/Ibu gunakan untuk membuat sepatu.*
- *Saya akan mewawancarai Bapak/Ibu dengan menanyakan beberapa hal mengenai karakteristik tubuh (berat badan dan tinggi badan), pola makan, kebiasaan penggunaan waktu sehari-hari, dan gangguan kesehatan.*
- *Keterangan dan informasi yang dikumpulkan dengan wawancara ini diperlukan secara rahasia dan tanpa nama (anonym).*
- *Bapak/Ibu berhak memperoleh hasil pengukuran diri Bapak/Ibu jika Bapak/Ibu menghendakinya.*
- *Bapak/Ibu dapat menghentikan keikutsertaan Bapak/Ibu dalam penelitian ini setiap saat tanpa paksaan siapa pun.*
- *Apakah Bapak/Ibu ada pertanyaan mengenai wawancara ini?*
- *Jika tidak ada, apakah Bapak/Ibu bersedia turut serta dalam penelitian ini?*

YA / TIDAK

- *Saya mengucapkan terima kasih atas kesediaan Bapak/Ibu berpartisipasi dalam penelitian ini.*

*Wawancara segera dimulao, jika Bapak/Ibu sudah siap.*

*Pewawancara*

**PERNYATAAN KESEDIAAN**

**(INFORMED CONSENT)**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : \_\_\_\_\_

Alamat : \_\_\_\_\_

Bengkel sepatu : \_\_\_\_\_

Dengan ini menyatakan bersedia ikut serta sebagai responden dalam penelitian *Analisis Regresi Biomarker T,T-Muconic Acid Untuk Estimasi Risiko Kanker Dan Nonkanker Paparan Benzene Pada Pekerja Industri Sepatu Dan Opsi-Opsi Pengendaliannya*. Saya bersedia diwawancarai dan diukur untuk memberikan data dan informasi bagi penelitian ini.

Jakarta, \_\_\_\_\_ 2011

Yang Membuat Pernyataan

\_\_\_\_\_  
(Tanda tangan dan nama jelas)

**A. IDENTITAS, ANTROPOMETRI, DAN SOSIO-DEMOGRAFI RESPONDEN**

1. Nama responden : \_\_\_\_\_

2. Alamat: \_\_\_\_\_

3. Bagian : upper/finishing/sol/open/jahit/lainnya: \_\_\_\_\_

4. Jenis kelamin : L/P

5. Status perkawinan :

- (1) Menikah
- (2) Belum menikah
- (3) Janda/Duda

6. Umur : \_\_\_\_ tahun (dibulatkan satu tahun bila >6 bulan)

7. Berat badan: \_\_\_\_ kg ( $\pm$  100g)

8. Tinggi badan : \_\_\_\_ cm ( $\pm$  1 cm)

9. Pendidikan Terakhir :
- (1) Tidak tamat SD/MI
  - (2) SD/MI
  - (3) SMP/MTs
  - (4) SMA/Aliyah
  - (5) Diploma/Sarjana ke atas (sebutkan :\_\_\_\_\_)

**B. POLA AKTIVITAS DAN KONSUMSI**

1. Durasi bekerja sebagai pembuat sepatu di bengkel ini : \_\_\_\_\_ tahun
2. Durasi bekerja sebagai pembuat sepatu di tempat lain : \_\_\_\_\_ tahun
3. Lama pajanan setiap hari : \_\_\_\_\_ jam (dari pukul \_\_\_\_\_ s.d. \_\_\_\_\_)
4. Lama kerja dalam seminggu : \_\_\_\_\_ hari
5. Lama meninggalkan tempat kerja (cuti, izin, dsb) dalam :
  - (1) Seminggu :
  - (2) Sebulan :
  - (3) Setahun :
6. Kebiasaan sarapan :
  - (1) Setiap hari
  - (2) Kadang-kadang (tidak setiap hari)
  - (3) Tidak pernah (→ lanjut ke pertanyaan 8)
7. Menu sarapan 24 jam terakhir (kemarin) :
  - (1) Nasi uduk
  - (2) Nasi goreng
  - (3) Mie instan
  - (4) Lontong sayur
  - (5) Gado-gado/ketoprak
  - (6) Nasi padang/warung tegal/bungkus
  - (7) Bubur ayam
  - (8) Sate ayam-lontong/sate padang
  - (9) *Junk food*
  - (10) Mie ayam/mie baso/soto mie
  - (11) Soto ayam/daging/Madura/Makassar/bandung/banjar/lainnya:\_\_\_\_\_

- (12) Siomay
- (13) Roti/pisang goreng/tahu tempe goreng/singkong/ubi/batagor
- (14) Lainnya : \_\_\_\_\_

8. Menu sarapan sehari-hari :

- (1) Nasi uduk
- (2) Nasi goreng
- (3) Mie instan
- (4) Lontong sayur
- (5) Gado-gado/ketoprak
- (6) Nasi padang/warung tegal/bungkus
- (7) Bubur ayam
- (8) Sate ayam-lontong/sate padang
- (9) *Junk food*
- (10) Mie ayam/mie baso/soto mie
- (11) Soto ayam/daging/Madura/Makassar/bandung/banjar/lainnya: \_\_\_\_\_
- (12) Siomay
- (13) Roti/pisang goreng/tahu tempe goreng/singkong/ubi/batagor
- (14) Lainnya : \_\_\_\_\_

9. Kebiasaan makan siang :

- (1) Setiap hari
- (2) Kadang-kadang (tidak setiap hari)
- (3) Tidak pernah (→ lanjut ke pertanyaan 13)

10. Menu makan siang 24 jam terakhir (kemarin) :

- (1) Nasi uduk
- (2) Nasi goreng
- (3) Mie instan
- (4) Lontong sayur
- (5) Gado-gado/ketoprak
- (6) Nasi padang/warung tegal/bungkus
- (7) Bubur ayam
- (8) Sate ayam-lontong/sate padang
- (9) *Junk food*

- (10) Mie ayam/mie baso/soto mie
- (11) Soto ayam/daging/Madura/Makassar/bandung/banjar/lainnya: \_\_\_\_\_
- (12) Siomay
- (13) Roti/pisang goreng/tahu tempe goreng/singkong/ubi/batagor
- (14) Lainnya : \_\_\_\_\_

11. Menu makan siang sehari-hari :

- (1) Nasi uduk
- (2) Nasi goreng
- (3) Mie instan
- (4) Lontong sayur
- (5) Gado-gado/ketoprak
- (6) Nasi padang/warung tegal/bungkus
- (7) Bubur ayam
- (8) Sate ayam-lontong/sate padang
- (9) *Junk food*
- (10) Mie ayam/mie baso/soto mie
- (11) Soto ayam/daging/Madura/Makassar/bandung/banjar/lainnya: \_\_\_\_\_
- (12) Siomay
- (13) Roti/pisang goreng/tahu tempe goreng/singkong/ubi/batagor
- (14) Lainnya : \_\_\_\_\_

12. Menu minum makan siang :

- (1) Air mineral/putih
- (2) Susu
- (3) Jamu-telur
- (4) Kopi
- (5) The
- (6) Lainnya : \_\_\_\_\_

13. Kebiasaan makan malam :

- (1) Setiap hari
- (2) Kadang-kadang (tidak setiap hari)
- (3) Tidak pernah (→ lanjut ke pertanyaan 16)

14. Menu makan malam 24 jam terakhir (kemarin) :

- (1) Nasi uduk
- (2) Nasi goreng
- (3) Mie instan
- (4) Lontong sayur
- (5) Gado-gado/ketoprak
- (6) Nasi padang/warung tegal/bungkus
- (7) Bubur ayam
- (8) Sate ayam-lontong/sate padang
- (9) *Junk food*
- (10) Mie ayam/mie baso/soto mie
- (11) Soto ayam/daging/Madura/Makassar/bandung/banjar/lainnya: \_\_\_\_\_
- (12) Siomay
- (13) Roti/pisang goreng/tahu tempe goreng/singkong/ubi/batagor
- (14) Lainnya : \_\_\_\_\_

15. Menu makan malam sehari-hari :

- (1) Nasi uduk
- (2) Nasi goreng
- (3) Mie instan
- (4) Lontong sayur
- (5) Gado-gado/ketoprak
- (6) Nasi padang/warung tegal/bungkus
- (7) Bubur ayam
- (8) Sate ayam-lontong/sate padang
- (9) *Junk food*
- (10) Mie ayam/mie baso/soto mie
- (11) Soto ayam/daging/Madura/Makassar/bandung/banjar/lainnya: \_\_\_\_\_
- (12) Siomay
- (13) Roti/pisang goreng/tahu tempe goreng/singkong/ubi/batagor
- (14) Lainnya : \_\_\_\_\_

16. Jenis air minum yang dikonsumsi selama bekerja :

- (1) Air mineral/putih
- (2) The manis/tawar/es manis

- (3) Jus buah
  - (4) Jamu-telur
  - (5) Kopi tubruk/instan
  - (6) Susu/ kopi susu/kopi jahe/STMJ
  - (7) Minuman botol/ kaleng berkarbonat/beralkohol
  - (8) Lainnya : \_\_\_\_\_
17. Jumlah konsumsi air minum selama bekerja :
- (1) \_\_\_\_\_ botol @ \_\_\_\_\_ ml
  - (2) \_\_\_\_\_ gelas @ \_\_\_\_\_ ml
  - (3) \_\_\_\_\_ cangkir @ \_\_\_\_\_ ml
18. Kebiasaan mengkonsumsi buah-buahan :
- (1) Setiap hari
  - (2) Kadang-kadang (tidak setiap hari)
  - (3) Jarang sekali (<1 kali per minggu)
  - (4) Hampir tidak pernah (< 1 kali per bulan)
19. Tempat untuk istirahat dan atau makan siang selama bekerja :
- (1) Bengkel/tempat kerja
  - (2) Mushala/masjid
  - (3) Tempat makan
  - (4) Tempat lainnya : \_\_\_\_\_
20. Lama istirahat : \_\_\_\_\_ jam (dari pukul \_\_\_\_\_ s.d. \_\_\_\_\_)
21. Pemanfaatan waktu istirahat (selain makan dan shalat) :
- (1) Ngobrol
  - (2) Merokok
  - (3) Minum kopi/susu/the/jus
  - (4) Main catur/game/kartu
  - (5) Membaca (buku/Koran/majalah dll)
  - (6) Nonton tv/mendengarkan radio
  - (7) Duduk/tiduran di tempat kerja
  - (8) Lainnya : \_\_\_\_\_
22. Jika merokok, berapa batang rata-rata per hari ? \_\_\_\_\_ batang.
23. Jenis rokok :

- (1) Sigaret
- (2) Kretek
- (3) Sigaret kretek
- (4) Kretek filter
- (5) Lainnya : \_\_\_\_\_

24. Tempat istirahat (tidur) setelah bekerja :

- (1) Rumah/ kontrakan
- (2) Bengkel sepatu
- (3) Lainnya : \_\_\_\_\_

### C. KONDISI LINGKUNGAN KERJA DAN HIGIENE PRIBADI

1. Penerangan/pencahayaan :

- (1) Cukup terang
- (2) Redup
- (3) Gelap

2. Suhu

- (1) Sejuk/dingin
- (2) Biasa
- (3) Panas

3. Ventilasi

- (1) Pintu/jendela terbuka
- (2) *Exhaust van*

4. Pendingin

- (1) AC
- (2) Kipas angin
- (3) Ventilasi tanpa kipas (*Exhaust van*)

5. Posisi kerja dominan

- (1) Duduk di kursi/di bangku rendah/ di lantai
- (2) Jongkok
- (3) Berdiri
- (4) Lainnya : \_\_\_\_\_

6. Pakaian kerja sehari-hari

- (1) Baju, celana, APD (\_\_\_\_\_)
  - (2) Celana + APD (\_\_\_\_\_) tanpa baju
  - (3) Celana tanpa baju tanpa APD
7. Kebiasaan mencuci tangan sebelum makan
- (1) Ya, pakai sabun
  - (2) Ya, tidak pakai sabun
  - (3) Tidak
  - (4) Kadang-kadang
8. Kebiasaan mandi setelah bekerja
- (1) Setiap hari
  - (2) Kadang-kadang
9. Kebiasaan bersuci untuk ibadah (shalat) :
- (1) Setiap waktu shalat
  - (2) Kadang-kadang
  - (3) Seminggu sekali

**D. GANGGUAN KESEHATAN**

1. Apakah selama bekerja di bengkel sepatu ini Bapak/Ibu pernah sakit atau mengalami gangguan kesehatan :
  - (1) Ya
  - (2) Tidak (→ lanjut ke pertanyaan 4)
2. Dalam dua minggu terakhir, apakah Bapak/Ibu merasakan penyakit atau gangguan kesehatan berikut :
  - (1) Sakit kepala/pusing
  - (2) Sempoyongan/mata berkunang-kunang ketika bangun dari duduk/jongkok
  - (3) Sesak napas/dada
  - (4) Batuk-batuk
  - (5) Kurang napsu makan
  - (6) Mata perih/berair/rasa terbakar
  - (7) Mual/gangguan lambung/maag
  - (8) Kulit gatal-gatal/rasa terbakar

3. Apakah penyakit atau gangguan kesehatan tersebut dirasakan juga sebelum bekerja sebagai pembuat sepatu :
  - (1) Ya, semuanya
  - (2) Ya, sebagian
  - (3) Tidak sama sekali
4. Dalam setahun terakhir, apakah Bapak/Ibu merasakan penyakit atau gangguan kesehatan berikut :
  - (1) Sakit kepala/pusing
  - (2) Sempoyongan/mata berkunang-kunang ketika bangun dari duduk/jongkok
  - (3) Sesak napas/dada
  - (4) Batuk-batuk
  - (5) Kurang napsu makan
  - (6) Mata perih/berair/rasa terbakar
  - (7) Mual/gangguan lambung/maag
  - (8) Kulit gatal-gatal/rasa terbakar
5. Dalam setahun terakhir, apakah Ibu mengalami gangguan reproduksi berikut selama bekerja di bengkel sepatu ?
  - (1) Gangguan siklus haid
  - (2) Keguguran
  - (3) Sulit hamil/punya anak
  - (4) Lainnya : \_\_\_\_\_
6. Dalam satu tahun terakhir, selain gangguan kesehatan tersebut di atas apakah Bapak/Ibu pernah didiagnosis oleh dokter/bidan/perawat/mantra/petugas lainnya ( \_\_\_\_\_ ) menderita penyakit tertentu ?
  - (1) Ya, penyakit \_\_\_\_\_
  - (2) Tidak
7. Dalam satu tahun terakhir, apakah Bapak/Ibu mempunyai rasa ketergantungan ingin mencium bau tertentu?
  - (1) Ya
  - (2) Tidak
8. Apakah Bapak/Ibu merasa terganggu oleh bau di tempat membuat sepatu?
  - (1) Ya

No. Responden			
------------------	--	--	--

(2) Tidak

Akhir kuesioner

*Ucapkan terima kasih kepada responden atas partisipasinya dan permintaan maaf bila wawancara ini telah mengganggu waktu bekerja. Berikan souvenir sebagai tanda terima kasih dan penghargaan atas waktu dan kesempatan wawancara yang diberikan oleh responden.*



## **PERTANYAAN KUESIONER PENELITIAN SKRIPSI**

### **RESIKO KESEHATAN TERHADAP PAJANAN BENZENE PADA PEKERJA INDUSTRI SEPATU KULIT DI PIK PULOGADUNG TAHUN 2011**

Kuesioner yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuesioner penelitian utama yang berjudul Analisis Regresi Biomarker T,T-Muconic Acid Untuk Estimasi Risiko Kanker Dan Nonkanker Paparan Benzene Pada Pekerja Industri Sepatu Dan Opsi-Opsi Pengendaliannya karena penelitian ini dilakukan bersama dengan penelitian tersebut. Berdasarkan pertanyaan yang ada di kuesioner tersebut, saya hanya mengambil beberapa poin yaitu mengenai data antropometri, pola aktivitas dan hygiene pribadi. Berikut adalah data yang saya ambil dari kuesioner penelitian Analisis Regresi Biomarker T,T-Muconic Acid Untuk Estimasi Risiko Kanker Dan Nonkanker Paparan Benzene Pada Pekerja Industri Sepatu Dan Opsi-Opsi Pengendaliannya. Pengambilan data ini sudah disetujui oleh pemilik kuesioner penelitian Analisis Regresi Biomarker T,T-Muconic Acid Untuk Estimasi Risiko Kanker Dan Nonkanker Paparan Benzene Pada Pekerja Industri Sepatu Dan Opsi-Opsi Pengendaliannya.

#### **A. Identitas dan Antropometri,**

- Nama : \_\_\_\_\_
- Alamat tempat kerja : \_\_\_\_\_
- Jenis kelamin : L/P
- Umur : \_\_\_\_ tahun
- Berat badan : \_\_\_\_ kg
- Pendidikan terakhir :

- (1) Tidak tamat SD/MI
- (2) SD/MI
- (3) SMP/MTs
- (4) SMA/aliyah
- (5) Diploma/Sarjana ke atas

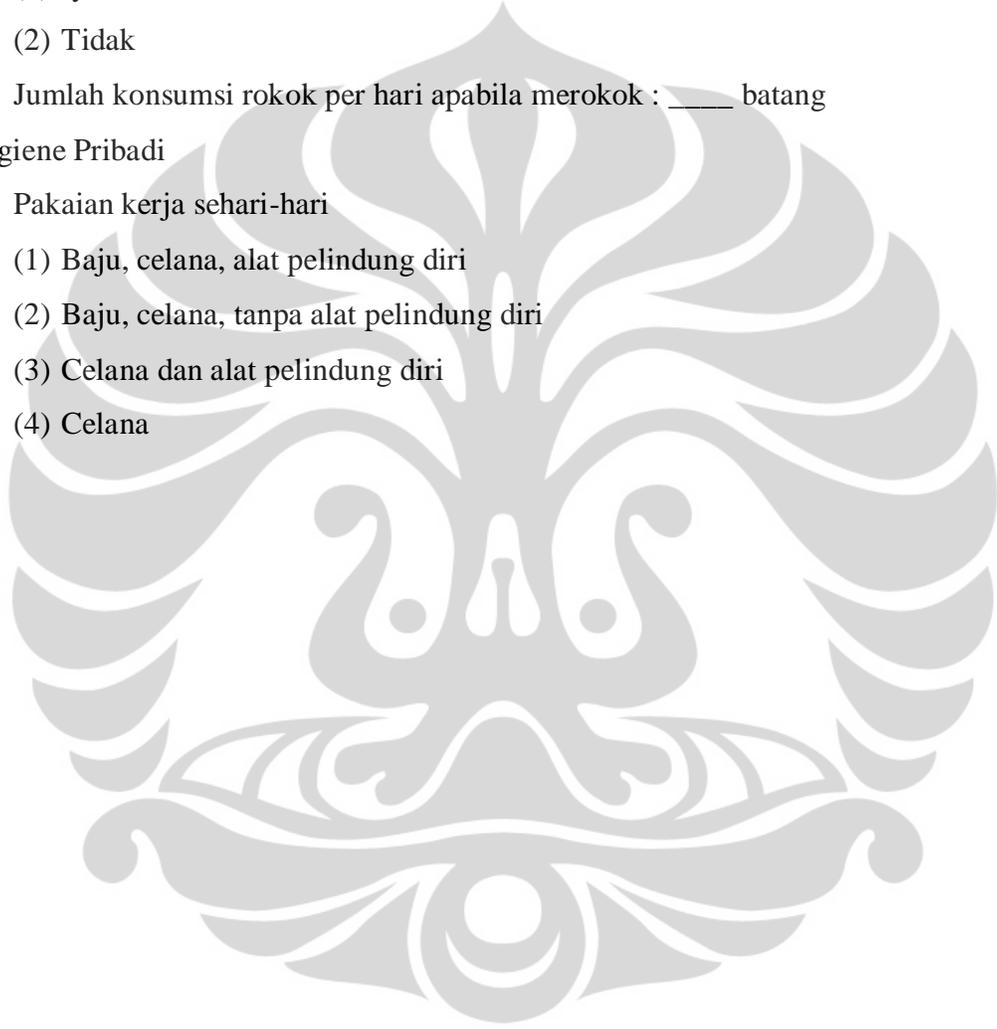
#### **B. Pola Aktivitas**

- Durasi bekerja di bengkel ini : \_\_\_\_ tahun

- Durasi bekerja di bengkel lain : \_\_\_\_ tahun
- Lama bekerja setiap hari : \_\_\_\_ jam (dari pukul \_\_\_\_ s.d \_\_\_\_)
- Lama kerja dalam seminggu : \_\_\_\_ hari
- Lama meninggalkan tempat kerja (izin, cuti, dsb) : \_\_\_\_ Hari
- Kebiasaan merokok :
  - (1) Iya
  - (2) Tidak
- Jumlah konsumsi rokok per hari apabila merokok : \_\_\_\_ batang

### C. Higiene Pribadi

- Pakaian kerja sehari-hari
  - (1) Baju, celana, alat pelindung diri
  - (2) Baju, celana, tanpa alat pelindung diri
  - (3) Celana dan alat pelindung diri
  - (4) Celana



## KARAKTERISTIK ANTROPOMETRI

			Statistic	Std. Error	
usia	Mean		36,32	1,298	
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	33,73		
		Upper Bound	38,90		
	5% Trimmed Mean		35,99		
	Median		37,00		
	Variance		133,193		
	Std. Deviation		11,541		
	Minimum		17		
	Maximum		65		
	Range		48		
	Interquartile Range		15		
	Skewness		,290	,271	
	Kurtosis		-,624	,535	
	BB	Mean		54,139	,9488
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	52,250	
Upper Bound			56,028		
5% Trimmed Mean			53,916		
Median			54,000		
Variance			71,121		
Std. Deviation			8,4333		
Minimum			32		
Maximum			78		
Range			46,0		
Interquartile Range			10,0		
Skewness			,395	,271	
Kurtosis			1,119	,535	
total_durasi		Mean		10,96019	1,271532
		95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	8,42876	
	Upper Bound		13,49162		
	5% Trimmed Mean		9,87038		
	Median		7,00000		
	Variance		127,727		
	Std. Deviation		11,301622		
	Minimum		,145		
	Maximum		48,3		
	Range		48,185		
	Interquartile Range		12,584		
	Skewness		1,386	,271	
	Kurtosis		1,245	,535	
	lama_pajanan	Mean		14,930	,2878

frekuensi_pajanan	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	14,357	
		Upper Bound	15,503	
	5% Trimmed Mean		14,970	
	Median		15,000	
	Variance		6,543	
	Std. Deviation		2,5580	
	Minimum		8	
	Maximum		24	
	Range		16,0	
	Interquartile Range		2,0	
	Skewness		,208	,271
	Kurtosis		4,013	,535
	Mean		309,85	3,173
	95% Confidence Interval for Mean	Lower Bound	303,53	
		Upper Bound	316,17	
	5% Trimmed Mean		310,75	
	Median		317,00	
	Variance		795,541	
	Std. Deviation		28,205	
	Minimum		173	
Maximum		365		
Range		192		
Interquartile Range		0		
Skewness		-1,642	,271	
Kurtosis		6,165	,535	

### KONSENTRASI BENZENE

N	Valid	28
	Missing	0
Mean		,2064643
Std. Error of Mean		,04475205
Median		,1180900
Std. Deviation		,23680559
Variance		,056
Skewness		,967
Std. Error of Skewness		,441
Range		,70168
Minimum		,00072
Maximum		,70240

## Frequencies

### Statistics

		konsentrasi_28 8	konsentrasi_14 4	konsentrasi_66	konsentrasi_10 6	konsentrasi_19 5
N	Valid	12	4	5	2	5
	Missing	16	24	23	26	23
Mean		,2603342	,0194100	,1297700	,2602100	,2820160
Std. Error of Mean		,07822964	,00777922	,12353280	,25359000	,04074000
Median		,2008200	,0163900	,0064100	,2602100	,2498300
Std. Deviation		,27099541	,01555843	,27622774	,35863042	,09109740
Skewness		,776	1,023	2,234		1,890
Std. Error of Skewness		,637	1,014	,913		,913
Minimum		,00436	,00421	,00072	,00662	,21044
Maximum		,70240	,04065	,62382	,51380	,43975



**LABORATORIUM PENGUJIAN  
BALAI HIPERKES DAN KESELAMATAN KERJA  
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI  
PROPINSI DKI JAKARTA**

Jl. Jen. A. Yani No. 69 – 70, Telp./Fax. 021 - 4240284 Jakarta Pusat 10510

Nomor : 068 A /LAB/06/11

Formulir : F.2.10.03.a

Edisi / revisi : 3/0

**LAPORAN HASIL UJI**

Nama Perusahaan : Pusat Industri Kecil Pulogadung  
Alamat : Kawasan PIK Pulogadung  
Tanggal Pengambilan Sampel : 24 s/d 30 Juni 2011

**JENIS PENGUJIAN : KUALITAS UDARA LINGKUNGAN KERJA**

No	Lokasi	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian	Metode	NAB
<b>Dian Bersaudara</b>						
1	Bag. Administrasi	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.29996	NIOSH : 1501-1994	32
2	Bag. Lem Bawah 1	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.00436	NIOSH : 1501-1994	32
3	Bag. Lem Bawah 2	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.00853	NIOSH : 1501-1994	32
4	Bag. Lem Bawah 3	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.22868	NIOSH : 1501-1994	32
5	Bag. Jahit 1	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.00438	NIOSH : 1501-1994	32
6	Bag. Jahit 2	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.70240	NIOSH : 1501-1994	32
7	Bag. Jahit 3	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.17296	NIOSH : 1501-1994	32
8	Bag. Jahit 4	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.67836	NIOSH : 1501-1994	32
9	Bag. Finishing 1	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.02964	NIOSH : 1501-1994	32
10	Bag. Finishing 2	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.06322	NIOSH : 1501-1994	32
11	Bag. Sol 1	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.63389	NIOSH : 1501-1994	32
12	Bag. Sol 2	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.29763	NIOSH : 1501-1994	32
<b>Revo</b>						
1	Bag. Open 1	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.04065	NIOSH : 1501-1994	32
2	Bag. Open 2	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.01998	NIOSH : 1501-1994	32
3	Bag. Open 3	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.00421	NIOSH : 1501-1994	32
4	Bag. Finishing Atas	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.01280	NIOSH : 1501-1994	32

- Hasil pengujian berlaku untuk sampel yang diambil pada waktu/tanggal tersebut di atas.
- NAB : Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja berdasarkan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No.SE.01/MEN/1997.

Jakarta, 22 Juli 2011

Kepala Seksi Analisis  
Sebagai  
Manajer Teknis



RICKI M. MULIA, ST, MSc  
NIP. 19701002 199603 1 001

**LABORATORIUM PENGUJIAN  
BALAI HIPERKES DAN KESELAMATAN KERJA  
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI  
PROPINSI DKI JAKARTA**

**Jl. Jen. A. Yani No. 69 – 70, Telp./Fax. 021 - 4240284 Jakarta Pusat 10510**

Nomor : 068 A /LAB/06/11

Formulir : F.2.10.03.a

Edisi / revisi : 3/0

**LAPORAN HASIL UJI**

Nama Perusahaan : Pusat Industri Kecil Pulogadung  
Alamat : Kawasan PIK Pulogadung  
Tanggal Pengambilan Sampel : 24 s/d 30 Juni 2011

**JENIS PENGUJIAN : KUALITAS UDARA LINGKUNGAN KERJA**

No	Lokasi	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian	Metode	NAB
<b>Dian Bersaudara</b>						
1	Bag. Administrasi	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.29996	NIOSH : 1501-1994	32
2	Bag. Lem Bawah 1	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.00436	NIOSH : 1501-1994	32
3	Bag. Lem Bawah 2	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.00853	NIOSH : 1501-1994	32
4	Bag. Lem Bawah 3	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.22868	NIOSH : 1501-1994	32
5	Bag. Jahit 1	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.00438	NIOSH : 1501-1994	32
6	Bag. Jahit 2	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.70240	NIOSH : 1501-1994	32
7	Bag. Jahit 3	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.17296	NIOSH : 1501-1994	32
8	Bag. Jahit 4	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.67836	NIOSH : 1501-1994	32
9	Bag. Finishing 1	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.02964	NIOSH : 1501-1994	32
10	Bag. Finishing 2	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.06322	NIOSH : 1501-1994	32
11	Bag. Sol 1	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.63389	NIOSH : 1501-1994	32
12	Bag. Sol 2	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.29763	NIOSH : 1501-1994	32
<b>Revo</b>						
1	Bag. Open 1	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.04065	NIOSH : 1501-1994	32
2	Bag. Open 2	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.01998	NIOSH : 1501-1994	32
3	Bag. Open 3	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.00421	NIOSH : 1501-1994	32
4	Bag. Finishing Atas	Benzene	mg/m <sup>3</sup>	0.01280	NIOSH : 1501-1994	32

- Hasil pengujian berlaku untuk sampel yang diambil pada waktu/tanggal tersebut di atas.
- NAB : Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja berdasarkan Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No.SE.01/MEN/1997.

Jakarta, 22 Juli 2011

Kepala Seksi Analisis  
Sebagai  
Manajer Teknis



RICKI M. MULIA, ST, MSc  
NIP. 19701002 199603 1 001