



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS GEJALA NEUROTOKSIK AKIBAT PAJANAN  
PELARUT ORGANIK *XYLENE* PADA PEKERJA  
PEMBUATAN CAT  
PT. X TAHUN 2012**

**TESIS**

**MIRTA DWI RAHMAH RUSDY**

**1006747593**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
PROGRAM MAGISTER KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA  
UNIVERSITAS INDONESIA  
JULI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS GEJALA NEUROTOKSIK AKIBAT PAJANAN PELARUT  
ORGANIK *XYLENE* PADA PEKERJA PEMBUATAN CAT  
PT. X TAHUN 2012**

Tesis ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja

**MIRTA DWI RAHMAH RUSDY  
1006747593**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
PROGRAM MAGISTER KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA  
UNIVERSITAS INDONESIA  
JULI 2012**

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

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

**Nama : Mirta Dwi Rahmah**

**NPM : 1006747593**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : 16 Juli 2012**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mirta Dwi Rahmah Rusdy  
NPM : 1006747593  
Mahasiswa Program : Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja  
Tahun Akademik : 2010/2011

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

**Analisis Gejala Neurotoksik Akibat Paparan Pelarut Organik *Xylene* Pada Pekerja Pembuatan Cat PT. X Tahun 2012**

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 16 Juli 2012



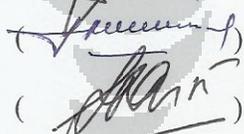
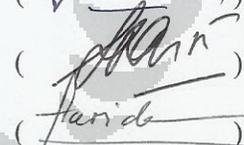
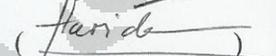
Mirta Dwi Rahmah Rusdy

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Mirta Dwi Rahmah  
NPM : 1006747593  
Program Studi : Keselamatan dan Kesehatan Kerja  
Judul Tesis : Analisis Gejala Neurotoksik Akibat Paparan Pelarut Organik *Xylene* pada Pekerja Pembuatan Cat PT. X Tahun 2012

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Hendra, S.K.M., M.KKK (  )  
Penguji : Dr. Ir. Sjahrul M. Nasri, M.Sc (  )  
Penguji : Yuni Kusminanti, S.K.M., M.Si (  )  
Penguji : Farida Tusafariah, Dra., M.Kes (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 16 Juli 2012

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah*, segala puji dan syukur hanya milik *Allah azza wa jalla*, *Rabb* semesta alam, yang menaburkan kehidupan ini dengan srata hikmah, Shalawat dan salam senantiasa disampaikan kepada manusia terbaik, Muhammad SAW. Peneliti mengucapkan syukur kepada Illahi yang telah memberikan rahmat, hidayah, kuasa serta kekuatan sehingga peneliti dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.

Tesis dengan judul 'Analisis Gejala Neurotoksik Akibat Paparan Xylene pada Pekerja Pembuatan Cat PT. X Tahun 2012' ini dibuat untuk melengkapi persyaratan mendapatkan gelar Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

Tesis ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu peneliti ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu peneliti dalam penyusunan tesis ini. Ucapan terima kasih peneliti tujukan kepada:

1. Bapak Hendra, S.K.M., M.KKK. atas bimbingan yang telah diberikan selama penyusunan tesis ini.
2. Bapak Dr. Ir. Sjahrul M. Nasri, M.Sc selaku penguji yang telah memberikan masukan dan arahan pada tesis ini.
3. Ibu Yuni Kusminanti, S.K.M., M.Si selaku penguji pada sidang tesis yang bersedia meluangkan waktunya dan memberikan kritik serta sumbang saran untuk penyempurnaan tesis ini.
4. Ibu Farida Tusafariah, M.Kes selaku penguji pada sidang tesis yang meluangkan waktunya dan memberikan kritik serta sumbang saran untuk penyempurnaan tesis ini.

Penyelesaian tesis ini juga tidak terlepas dari bantuan pihka-pihak yang telah memberi mutiara indah kehidupan dengan cara masing-masing memberikan inspirasi dan pembelajaran bagi peneliti. Untuk itu peneliti ingin mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Papa dan Mama serta Uwo dukungan doa dan semangat yang telah diberikan.

2. Suamiku tercinta Firmansyah dan putri cantik Zara Aisha Lanafarra atas segala kasih sayang, dukungan, perhatian dan doa yang telah diberikan sehingga bunda bisa menyelesaikan tesis ini.
3. Kak Mirna, Mutia dan Danty atas segenap cinta, doa dan dukungannya;
4. Semua rekan “Safetyequal10” yang tidak dapat disebutkan satu per satu, Vita, Hani, Desya, Ses Komang, Madschen ‘ChenChen’ dan Endi (teman seperjuangan selama tesis). Terima kasih atas seluruh dukungannya selama ini.

Peneliti menyadari masih banyak kekurangan disana-sini dalam proses penelitian dan penyusunan tesis ini. Semoga semua hasil dan proses yang telah dilakukan bisa menjadi nilai pembelajaran yang bermanfaat bagi peneliti dan pembaca, aamiin.

Depok, 16 Juli 2012

Penulis

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

---

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

Nama : Mirta Dwi Rahmah Rusdy  
NPM : 1006747593  
Program Studi : Keselamatan dan Kesehatan Kerja  
Departemen : Keselamatan dan Kesehatan Kerja  
Fakultas : Kesehatan Masyarakat  
Jenis Karya : Tesis

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

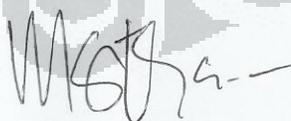
“Analisis Gejala Neurotoksik Akibat Paparan Pelarut Organik *Xylene* Pada Pekerja Pembuatan Cat PT. X Tahun 2012”

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmediakan/ 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 : 16 Juli 2012

Yang menyatakan



Mirta Dwi Rahmah Rusdy

## ABSTRAK

FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT UNIVERSITAS INDONESIA  
PROGRAM PASCA SARJANA  
DEPARTEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA

Tesis, Juli 2012

MIRTA DWI RAHMAH RUSDY

### Analisis Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene* pada Pekerja Pembuatan Cat PT. X Tahun 2012

Untuk menganalisis hubungan antara paparan *xylene* sebagai pelarut organik dan gejala neurotoksik yang diakibatkan paparan *xylene* pada pekerja pembuatan cat di PT. X tahun 2012. Empat puluh lima pekerja laki-laki menyelesaikan kuesioner Q18 versi Jerman. Empat belas pekerja mengalami gejala neurotoksik positif dari hasil kuesioner. Dalam uji *chi-square*, variabel *confounding* untuk masa kerja, kebiasaan merokok, kebiasaan olahraga, lama paparan per minggu, penggunaan perlindungan pernapasan, dan riwayat penyakit ditemukan tidak berhubungan signifikan dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene*. Hubungan antara tingkat paparan *xylene* dan faktor usia, baik lewat uji korelasi dan analisis regresi linier menunjukkan hubungan yang lemah dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gejala neurotoksik dan beberapa perubahan perilaku terjadi pada paparan *xylene* tingkat rendah. Namun, tidak ada gambaran yang menunjukkan pola yang linier yang diamati sehubungan dengan efek paparan *xylene* pada gangguan neurobehavioral, berkaitan dengan faktor-faktor pengganggu yang dipelajari.

Kata kunci: *xylene*, paparan di tempat kerja, gejala neurotoksik, gejala neurobehavioral

## **ABSTRACT**

**FACULTY OF PUBLIC HEALTH UNIVERSITY OF INDONESIA  
POST GRADUATE PROGRAM  
OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY DEPARTMENT**

**Thesis, July 2012**

**MIRTA DWI RAHMAH RUSDY**

### **Analysis of Neurotoxic Symptoms Caused by Exposure of Xylene in Paint Manufacturing Workers PT. X Year 2012**

To analyze the relationship between exposure to xylene as organic solvents and neurotoxic symptoms as affect of xylene exposure between paint manufacture workers. Fourty-five male workers completed a symptom questionnaire 18 Germany version. Fourteen workers underwent the positive neurotoxic symptoms from the questionnaire results. In chi-square tests, confounding variables for working period, smoking habits, exercise habits, duration of xylene exposure, usage of respiratory protection, and historical disease were found a not significant relation with the symptoms of neurotoxic with affect of xylene exposure. The relation between level of exposure and age factor, in both correlation and linier regression analysis were poor relation with the symptoms of neurotoxic with affect of xylene exposure. The results suggest that a symptom and some behavioral changes shows the neurotoxic effects to low levels of xylene exposure. However, no consistent pattern was observed in regard to the effects of xylene exposure on neurobehavioral dysfunction, in regards with the confounding factors that studied.

Keyword: xylene, occupational exposure, neurotoxic, neurobehavioral symptoms

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Pertanyaan Penelitian .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
1.6 Ruang Lingkup Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Pelarut Organik ( <i>Organic Solvent</i> ) .....	6
2.2. <i>Xylene</i> .....	10
2.3. Karakteristik Fisika-Kimia <i>Xylene</i> .....	12
2.4 Risiko Utama dan Organ Target .....	13
2.5 Toksikokinetik <i>Xylene</i> .....	14
2.5.1 Absorpsi .....	14
2.5.2 Distribusi.....	15
2.5.3 Metabolisme .....	15
2.5.4 Ekskresi.....	17
2.6 Toksikologi <i>Xylene</i> .....	18
2.7 Efek Klinis Keracunan <i>Xylene</i> .....	18

2.7.1	Keracunan Akut .....	19
2.7.2	Keracunan Kronis .....	20
2.8	<i>Biological Monitoring Indices Xylene</i> .....	22
2.9	Efek Klinis Neurologis Papanan <i>Xylene</i> pada Sistem Saraf Pusat .....	22
2.10	Papanan <i>Xylene</i> di Tempat Kerja.....	24
2.11	Dampak Cat Terhadap Kesehatan.....	28
2.12	Faktor Risiko Gejala Neurotoksik Pada Pekerja Pembuatan Cat .....	29
2.13	Apa itu Neurotoksik dan Gejalanya .....	33
 <b>BAB III. KERANGKA TEORI, KERANGKA KONSEP, DEFINISI OPERASIONAL .....</b>		<b>40</b>
3.1	Kerangka Teori .....	40
3.2	Kerangka Konsep.....	41
3.3	Definisi Operasional.....	42
 <b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>45</b>
4.1	Desain Penelitian.....	45
4.2	Lokasi dan Waktu Penelitian .....	45
4.3	Populasi Target dan Populasi Penelitian .....	45
4.4	Metode Pengumpulan Data .....	45
4.4.1	Instrumen Penelitian.....	46
4.5	Manajemen Data .....	46
4.6	Analisis Data.....	47
 <b>BAB V HASIL PENELITIAN.....</b>		<b>50</b>
5.1	Gambaran Kegiatan Pembuatan Cat .....	50
5.2.	Analisis Univariat.....	53
5.2.1	Tingkat Papanan <i>Xylene</i> Pada Pekerja.....	54
5.2.2	Gejala Neurotoksik Akibat Papanan <i>Xylene</i> .....	55
5.2.3	Umur .....	59
5.2.4	Masa Kerja .....	59
5.2.5	Kebiasaan Merokok .....	60
5.2.6	Kebiasaan Berolahraga .....	60
5.2.7	Penggunaan Alat Pelindung Pernafasan .....	61
5.2.8	Lama Papanan per Minggu .....	61

5.2.9 Riwayat Penyakit.....	62
5.3 Analisis Bivariat.....	62
5.3.1. Hubungan tingkat Paparan <i>Xylene</i> pada Pekerja dengan Gejala Neurotoksik akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	63
5.3.2 Hubungan Umur dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	65
5.3.3 Hubungan Masa Kerja dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	67
5.3.4 Hubungan Kebiasaan Merokok dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	68
5.3.5 Hubungan Kebiasaan Berolahraga dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	69
5.3.6 Hubungan Penggunaan Alat Pelindung Pernafasan dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	70
5.3.7 Hubungan Lama Paparan per Minggu dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	71
5.3.8 Hubungan Riwayat Penyakit dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	72
<b>BAB VI PEMBAHASAN.....</b>	<b>73</b>
6.1. Keterbatasan Penelitian .....	73
6.2. Pembahasan .....	73
6.2.1 Tingkat Paparan <i>Xylene</i> Pada Pekerja.....	73
6.2.2 Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	75
6.2.3 Umur .....	78
6.2.4 Masa Kerja .....	80
6.2.5 Kebiasaan Merokok .....	80
6.2.6 Kebiasaan Berolahraga .....	81
6.2.7 Penggunaan Alat Pelindung Pernafasan .....	81
6.2.8 Lama Paparan per Minggu .....	82
6.2.9 Riwayat Penyakit.....	83
6.3.1. Hubungan tingkat Paparan <i>Xylene</i> pada Pekerja dengan Gejala Neurotoksik akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	84
6.3.2 Hubungan Umur dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	84
6.3.3 Hubungan Masa Kerja dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	86
6.3.4 Hubungan Kebiasaan Merokok dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	86

5.3.5 Hubungan Kebiasaan Berolahraga dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	87
5.3.6 Hubungan Penggunaan Alat Pelindung Pernafasan dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	88
5.3.7 Hubungan Lama Paparan per Minggu dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	89
5.3.8 Hubungan Riwayat Penyakit dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	89

<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	91
7.1 Kesimpulan .....	91
7.2 Saran .....	91

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Media dan Jalur Paparan Pelarut.....	10
Gambar 2.2	Skema Metabolisme <i>Xylene</i> .....	17
Gambar 2.3	Model Konsep yang Menggambarkan Pendekatan Teoritik Interdisiplin dari Eiselen (2006) .....	35
Gambar 3.1	Kerangka Teori .....	40
Gambar 3.2	Kerangka Konsep.....	41
Gambar 5.1	Diagram Alir Umum Proses Pembuatan Cat.....	52
Gambar 5.2.	Diagram Alir Tahap Pembuatan Cat.....	53
Gambar 5.3	Distribusi Tingkat Paparan <i>Xylene</i> pada Pekerja .....	55
Gambar 5.4	Hubungan tingkat paparan dengan gejala neurotoksik akibat paparan <i>xylene</i> .....	65
Gambar 5.5	Hubungan umur dengan gejala neurotoksik akibat paparan <i>xylene</i> .....	67
Gambar 5.6	Hubungan kebiasaan merokok dengan gejala neurotoksik akibat paparan <i>xylene</i> .....	66
Gambar 6.1	Tingkat Paparan <i>Xylene</i> pada Pekerja .....	75
Gambar 6.2.	Distribusi Jumlah Jawaban ‘Ya’ pada Kuesioner Q18 versi Jerman .....	78
Gambar 6.3	Distribusi Umur .....	80

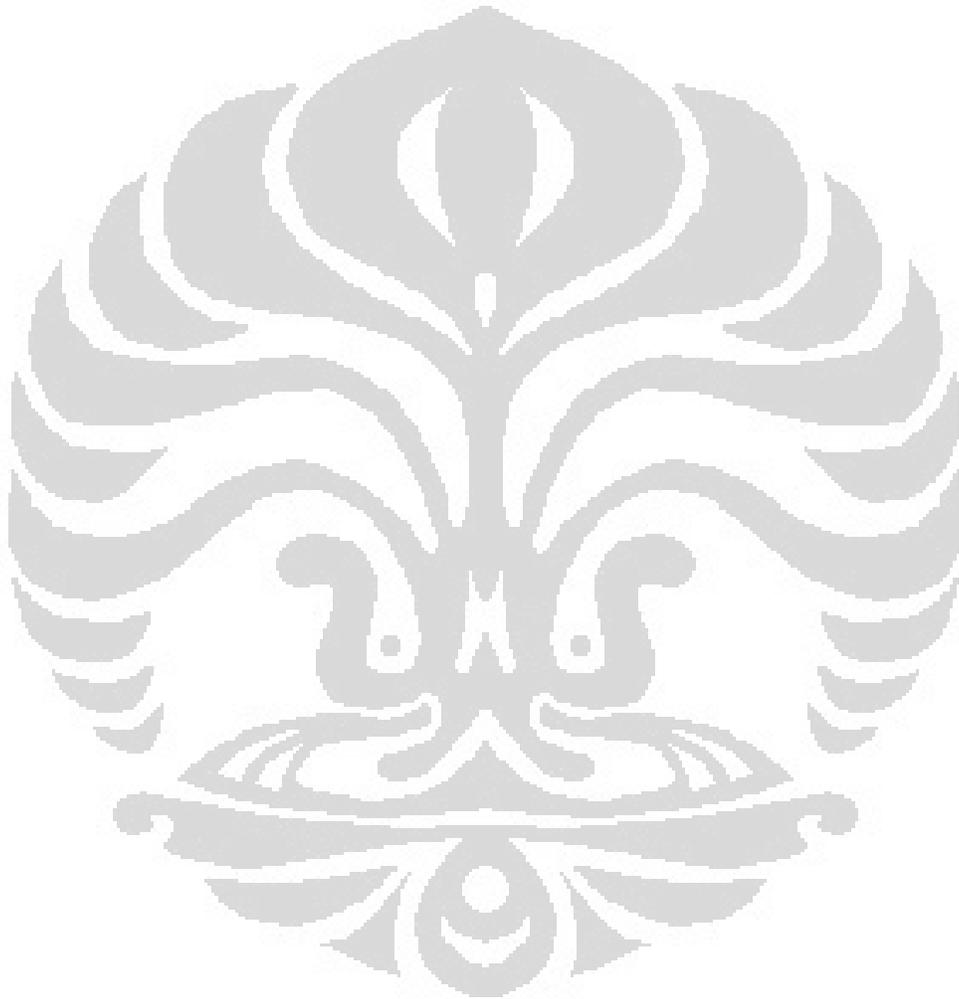
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Fisika dan Kimia <i>Xylene</i> .....	12
Tabel 2.2	Toksisitas <i>Xylene</i> .....	18
Tabel 2.3	<i>Available Biological Monitoring Indices</i> .....	22
Tabel 2.4	Efek Toksik <i>Xylene</i> pada Manusia.....	27
Tabel 5.1	Distribusi Tingkat Paparan <i>Xylene</i> pada Pekerja .....	54
Tabel 5.2	Distribusi Hasil Kuesioner Q18 versi Jerman .....	56
Tabel 5.3	Distribusi Jawaban ‘Ya’ Pada Kuesioner Q18 versi Jerman per responden.....	58
Tabel 5.4	Jumlah Responden Yang Positif Mengalami Gejala Neurotoksik.....	59
Tabel 5.5	Distribusi Umur .....	59
Tabel 5.6	Distribusi Masa Kerja .....	60
Tabel 5.7	Distribusi Kebiasaan Merokok .....	60
Tabel 5.8	Distribusi Kebiasaan Berolahraga .....	61
Tabel 5.9	Distribusi Penggunaan Alat Pelindung Pernafasan.....	61
Tabel 5.10	Distribusi Lama Paparan per Minggu .....	62
Tabel 5.11	Distribusi Riwayat Penyakit yang Mungkin Berkontribusi .....	62
Tabel 5.12	Distribusi Responden Menurut Tingkat Paparan <i>Xylene</i> dan Gejala Neurotoksik .....	64
Tabel 5.13	Analisis Korelasi dan Regresi Linier Sederhana Tingkat Paparan <i>Xylene</i> pada pekerja dengan Gejala Neurotoksik akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	64
Tabel 5.14	Analisis Korelasi dan Regresi Linier Sederhana Umur dengan Gejala Neurotoksik akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	65
Tabel 5.15	Distribusi Hubungan Umur Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	69
Tabel 5.16	Distribusi Responden Menurut Masa Kerja dan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	70
Tabel 5.17	Distribusi Responden Menurut Kebiasaan Merokok dan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	71
Tabel 5.18	Distribusi Responden Menurut kebiasaan Berolahraga dan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	72
Tabel 5.19	Distribusi Responden Menurut Penggunaan Alat Pelindung Diri dan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	72
Tabel 5.20	Distribusi Responden Menurut Lama Paparan per Minggu dan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan <i>Xylene</i> .....	73

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Kuesioner Penelitian

Lampiran II Hasil Perhitungan Program Statistik Komputer



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan jumlah penduduk di seluruh dunia yang demikian cepat telah mendorong lahirnya era industrialisasi. Sebuah masa yang ditandai dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga manusia dapat lebih mudah memenuhi kebutuhan hidupnya. Keadaan tersebut selanjutnya membuka keberagaman lapangan kerja. Meskipun terbukanya lebih banyak lapangan kerja tersebut di satu sisi sangat dibutuhkan, namun di lain pihak perlu disadari adanya permasalahan yang perlu diperhatikan yaitu berkaitan dengan dampak penyakit akibat kerja.

Dampak kemajuan industrialisasi yang berupa timbulnya penyakit akibat kerja tersebut di atas perlu mendapat perhatian yang serius. Hal ini disebabkan laju pertumbuhan angkatan kerja yang cukup besar, yaitu selama periode tahun 1980 – 1990 adalah sebesar 35%, dan pada tahun 2000 tercatat sebesar 101 juta. Jumlah pekerja yang cukup besar tersebut apabila tidak mendapat perhatian kesehatan dan keselamatan kerjanya, maka pada gilirannya dapat menyebabkan turunnya produktivitas dan daya saing pekerja. Selain itu dapat menimbulkan beban ekonomi yang sangat besar jika terjadi penyakit terkait kerja.

Meskipun dampak negatif dari timbulnya penyakit terkait kerja telah diketahui, namun data tentang penyakit terkait kerja di Indonesia sampai saat ini belum terekam dengan baik. Untuk menunjukkan besaran masalah penyakit terkait kerja ini, jika dilihat dari adanya kecenderungan peningkatan prevalensi di beberapa negara maju, maka dapat diperkirakan di Indonesia prevalensinya juga meningkat.

Berbagai macam zat kimia dalam jumlah besar dibuat dan digunakan di berbagai industri, seperti yang banyak digunakan adalah zat tambahan makanan, pestisida, logam dan senyawanya, dan berbagai zat kimia organik termasuk pelarut organik (Lu, 2006). Luasnya pemakaian bahan kimia di tempat kerja dan di industri pada khususnya dapat berpotensi menimbulkan dampak kesehatan yang merugikan bagi pekerja. Berbagai jenis kontaminan kimia dapat berada di

udara sebagai akibat dari kegiatan proses produksi maupun kegiatan lainnya yang menunjang proses produksi seperti uap, gas, partikulat di udara dapat menyebabkan pekerja terpajan pada berbagai kontaminan (Lestari, 2010). Bahan kimia yang bersifat racun (toksik) di lingkungan dapat mengakibatkan dampak kesehatan baik terhadap fisik maupun psikologis pada individu (Eiselen, 2006).

Salah satu bidang pekerjaan yang perlu mendapat perhatian adalah penyakit akibat kerja pada pekerja yang terpajan pelarut organik misalnya pada pekerja pembuatan cat, pekerja pengecatan di galangan kapal, bengkel mobil, dan lain-lain. Beragam konsekuensi kesehatan termasuk risiko penyakit akibat kerja karena pajanan bahan kimia yang terkandung dalam pelarut organik tersebut misalnya iritasi kulit, iritasi mata, gangguan pernafasan, karsinogenik, gangguan sistem saraf pusat, dan lain lain.

Pekerja pembuatan cat dan lak (*lacquer*) mengoperasikan dan mengendalikan peralatan dan instalasi yang membuat dan mencampurkan bahan kimia, pelarut dan pigmen untuk memproduksi lak dan cat sintetis berdasarkan formula dan spesifikasi order pekerjaan (ILO, 2009).

Pajanan terhadap uap pelarut, cat dan lak dapat menyebabkan iritasi dan kerusakan mata dan membran mukosa, saluran pernafasan dan pencernaan, serta kulit. Pajanan terhadap bahan kimia organik (*toluene, n-hexane, methylalcohol* dan lain lain) dapat menyebabkan kerusakan pada sistem saraf.

Kerusakan sistem saraf pusat dapat terjadi akibat pajanan bahan kimia bersifat neurotoksik, penggunaan obat-obatan bersifat neurotoksik, dan memiliki gangguan metabolisme seperti diabetes atau uremia. Yang menjadi fokus kesehatan masyarakat adalah hubungan antara kerusakan neurologis dan zat yang bersifat racun (toksin) yang ditemukan di tempat kerja. Gangguan neurotoksik adalah salah satu dari sepuluh penyakit dan cedera yang berhubungan dengan kerja di Amerika Serikat. Pajanan terhadap zat racun seperti timbal, pelarut organik dan insektisida di tempat kerja dianggap berkontribusi pada perkembangan terjadinya gangguan neurobehavioral (CDC, 1993).

Pelarut organik digunakan secara luas di industri bahan bakar, *degreasant*, adesif dan cat. Diperkirakan sekitar 2 juta pekerja (9% dari populasi kerja) di Inggris menggunakan bahan kimia ini secara rutin. Seperti diungkapkan *The*

*Health and Safety Executive* dalam buku *Health Risk Management: A Guide to Working with solvents* (Dick, F., et al., 2000).

Ruijten MWMM dkk (1994) melakukan penelitian pada pekerja pengecatan dengan cara *spray* (semprot) di galangan kapal yang terpajan *organic solvent* yang terdapat dalam cat berbahan dasar *solvent* yang mengandung >50% *xylene*. Hasilnya mengindikasikan keluhan terkait perubahan *mood*, *equilibrium* dan *fatigue* tidak berhubungan dengan *life-time exposure index*. Sedangkan penurunan fungsi saraf diobservasi terjadi pada ekstremitas bawah dan beberapa menjalar ke ekstremitas atas. Sebagian besar parameter neuropsikologis diinvestigasikan berhubungan signifikan dengan tingkat pajanan.

Hartman (1995) didalam bukunya *Neuropsychological Toxicology* mengungkapkan, salah satu pekerjaan dan aktivitas yang berisiko terhadap pajanan neurotoksik adalah pekerja pembuat cat yang berisiko terpajan timbal, *benzene*, *toluene*, *xylene* dan pelarut lain.

Hasil penelitian dari Choong Ryeol Lee (2005) pada pekerja pengecatan di galangan kapal menunjukkan pajanan di tempat kerja terhadap pelarut organik dapat memicu perubahan neurobehavioral pada pekerja.

Beberapa individu secara rutin bekerja pada kondisi yang tidak dapat dikendalikan dan terpajan secara periodik terhadap uap pelarut tingkat tinggi yang menimbulkan efek akut seperti intoksikasi, *fatigue*, *poor endurance*, sakit kepala, mual (*nausea*), pusing (*dizziness*), tremor, gangguan keseimbangan sampai depresi ringan. Pekerja yang terlibat dalam pembuatan cat biasanya bekerja pada kondisi dimana program pengendalian dilakukan lebih baik sehingga tingkat pajanan diperkirakan lebih rendah dibandingkan yang dihadapi oleh pengguna produk cat tersebut. Penelitian yang dilakukan di Amerika Serikat terhadap pekerja pembuatan cat mendefinisikan secara baik tingkat neurobehavioral yang didukung dengan data pengukuran lingkungan secara rutin selama beberapa tahun (Spurgeon, A., et al., 1994).

Penelitian sebelumnya menunjukkan pajanan kepada bermacam homolog *benzene* seperti *toluene*, *xylene* dan *styrene* banyak ditemukan di tempat kerja. Seperti misalnya pada pekerja di pembangunan kapal, industri tinta cetak dan pekerja pengecatan terpajan pelarut organik yang dapat memproduksi efek

narkotik pada sistem saraf pusat. Paparan kronik terhadap pelarut organik mengakibatkan terjadinya gangguan baik kepada sistem saraf pusat dan saraf tepi. Penelitian lain menyimpulkan pekerja yang terpapar pelarut organik memiliki risiko 2 kali lebih tinggi terhadap terjadinya diagnosis kecacatan neurologis dan/ atau psikiatri jika dibandingkan dengan pekerja yang tidak terpapar (Que Hee, 1993).

## 1.2 Perumusan Masalah

Penggunaan pelarut organik *xylene* selama ini selalu dianggap sebagai faktor risiko terhadap terjadinya gangguan kesehatan pada pekerja di pabrik pembuatan cat. Seperti diungkapkan Spurgeon et.al (1994) bahwa pekerja yang terlibat dalam pembuatan cat biasanya bekerja pada kondisi dimana program pengendalian dilakukan lebih baik sehingga tingkat paparan diperkirakan lebih rendah dibandingkan yang dihadapi oleh pengguna produk cat tersebut.

Partikel cat dalam aktivitas pengecatan terdiri dari bahan kimia berbahaya seperti cadmium, plumbum, merkuri, dan *acrylic resin, isocyanate* dan pelarut *xylene*. Bahan-bahan tersebut ada yang bersifat toksik dan merupakan bahan karsinogenik, dan dapat menimbulkan gangguan sistem saraf pusat dan neurobehavioral. Gangguan kesehatan dan penyakit akibat kerja yang diakibatkan oleh paparan *xylene* dianggap dapat mempengaruhi fungsi kerja ataupun kinerja sehingga tindakan pengendalian harus dilakukan untuk mencegah terjadinya gangguan dan penyakit-penyakit tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah “mengetahui gejala neurotoksik akibat paparan pelarut organik jenis *xylene*” pada pekerja pembuatan cat. Dengan rincian pertanyaan penelitian sebagai berikut:

## 1.3 Pertanyaan Penelitian

1.3.1 Seberapa besar paparan *xylene* pada pekerja pembuatan cat di PT. X tahun 2012?

- 1.3.2 Berapa prevalensi angka kejadian gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat di PT. X tahun 2012?
- 1.3.3 Bagaimana hubungan antara tingkat pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat dengan gejala neurotoksik?
- 1.3.4 Bagaimana karakteristik pekerja (umur, masa kerja, kebiasaan olahraga, kebiasaan merokok, lama pajanan per minggu, pemakaian alat perindung pernafasan dan riwayat penyakit) dan hubungannya dengan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat PT. X tahun 2012?

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

##### **1.4.1 Tujuan umum**

Menganalisis tingkat kejadian gejala neurotoksik akibat pajanan pelarut organik *xylene* dan faktor determinannya pada pekerja pembuatan cat di PT. X tahun 2012.

##### **1.4.2 Tujuan Khusus**

- 1.4.2.1 Menganalisis besaran pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat di PT. X tahun 2012.
- 1.4.2.2 Menganalisis tentang prevalensi angka kejadian gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat di PT. X tahun 2012.
- 1.4.2.3 Menganalisis hubungan antara tingkat pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat dengan gejala neurotoksik.
- 1.4.2.4 Menganalisis tentang karakteristik pekerja (umur, masa kerja, kebiasaan olahraga, kebiasaan merokok, lama pajanan per minggu, pemakaian alat perindung pernafasan dan riwayat penyakit) dan hubungannya dengan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat PT. X tahun 2012.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

### **1.5.1 Manfaat bagi perusahaan**

Memberi informasi angka fenomena gejala neurotoksik pekerja yang terpajan *xylene*.

### **1.5.2 Manfaat bagi pekerja pembuatan cat**

Mengetahui pengetahuan mengenai pajanan pelarut *xylene* dan gejala neurotoksik sehingga dapat dicegah/ diubah perilaku yang tidak aman sehingga meminimalkan risiko terjadinya gangguan terhadap sistem saraf pusat pada pekerja pembuatan cat.

## **1.6 Ruang Lingkup Penelitian**

Penelitian ini termasuk dalam bidang ilmu kesehatan masyarakat, khususnya kesehatan dan keselamatan kerja. Variabel yang diteliti dari tingkat pajanan *xylene*, faktor karakteristik pekerja, yang meliputi umur, kebiasaan olah raga, dan kebiasaan merokok; dan karakteristik pekerjaan yang meliputi masa kerja, lama pajanan per minggu, penggunaan alat pelindung pernafasan dan riwayat penyakit serta gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja; di pabrik cat PT. X Bekasi Jawa Barat. Penelitian dilakukan pada bulan April-Juni 2012 dengan tujuan mengetahui angka kejadian gejala neurotoksik akibat pajanan pelarut organik *xylene* pada pekerja pembuatan cat di PT. X tahun 2012. Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara menggunakan kuesioner, observasi dan analisis data sekunder dan diuji dengan menggunakan uji *chi-square*, uji korelasi serta regresi linier.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pelarut Organik (*Organic Solvent*)

Pelarut (*solvent*) adalah senyawa kelas luas yang umum memajan kita ketika di stasiun pengisian bahan bakar, mengganti oli mobil, mengecat rumah, merekat sesuatu menggunakan lem, meminum alkohol, atau menggunakan anestesi saat dilakukan pembedahan. Produk rumahan yang mungkin mengandung pelarut seperti cat, *paint remover*, pernis (*varnish*), perekat, gemuk dan agen pembersih, pewarna, tinta spidol, tinta mesin cetak, lantai dan pemoles sepatu, *wax*, pestisida, obat-obatan, kosmetik dan bahan bakar (Gilbert, 2004).

Pelarut ditemukan berabad-abad lalu tetapi tidak digunakan untuk pembedahan sampai tahun 1840-an. Beberapa ahli fisika dan dokter gigi yang pertama menyadari efek dari eter selama "*ether frolics*" ketika di bangku sekolah. Kemudian banyak macam dari berbagai jenis pelarut yang digunakan sebagai agen anestesi seperti *nitrous oxide*, *chloroform*, *cyclopropane*, dan lain-lain. Penggunaan pelarut mulai banyak dipakai secara luas seiring dengan terjadinya Revolusi Industri, yang mengakibatkan pelepasan pelarut ke lingkungan ikut menyebar. Pelarut seperti *volatile organic compounds* (VOCs) mudah menguap ke udara, contohnya, ketika cat berbahan dasar minyak mengering. Pelepasan di industri juga terjadi selama proses manufaktur atau saat terjadinya tumpahan. Pelarut sangat volatil (mudah menguap) di udara dan siap dihirup oleh paru ketika uapnya terhirup. Dari perspektif biologi, karakteristik yang paling menggambarkan pelarut disebut VOCs adalah sifatnya yang mudah menguap, kelarutan tinggi lemak (lipofil), dan ukuran molekul kecil (Gilbert, 2004).

Pelarut organik (*organic solvent*) terdiri dari berbagai jenis zat organik seperti hidrokarbon aromatik (misalnya *benzene*, *toluene*, *xylene*), hidrokarbon alifatik, alkohol, atau glikol dan eternya. Zat-zat kimia ini digunakan secara luas dalam cat, tinta, tiner, bahan perekat, farmasi, kosmetik, dan lain-lain (Lu, 2006).

Jutaan pekerja di seluruh dunia terpajan setiap hari pada pelarut dalam jumlah besar yang bisa mempengaruhi kesehatan. Pekerja sering kontak dengan lebih dari satu pelarut selama jam kerjanya. Bahaya kesehatan dari pajanan pelarut

bervariasi dari ringan sampai yang mengancam nyawa tergantung dari senyawa yang terkandung dan tingkat serta durasi pajanan. Ditambah lagi dengan sifat pelarut yang sangat mudah terbakar.

Pelarut yang memiliki titik didih rendah seperti *xylene* adalah contoh cairan yang dapat melepaskan uap. Uap pelarut cat dihasilkan dari proses pengecatan dengan cara *spray*.

Pelarut (*solvent*) adalah komponen terpenting dalam cat/ pelindung (*coatings*). Tujuan utama dari aplikasi pelarut adalah untuk mencairkan (mengencerkan) cat pada penanganan konsistensi yang sesuai atau viskositas (kelekatan) sehingga memudahkan proses pembuatan atau aplikasi cat tersebut. Setelah aplikasi cat, pelarut yang terkandung didalam cat tersebut akan menguap meninggalkan lapisan cat kering pada permukaan yang dicat. Pada pabrik pembuatan cat, uap pelarut (*solvent vapor*) dihasilkan melalui proses manufaktur. Jika proses dibiarkan tidak dikendalikan dan dipantau, konsentrasi tinggi dari pelarut organik dapat terjadi di tempat kerja, membahayakan keselamatan dan kesehatan pekerja. Pelepasan VOCs ke atmosfer dapat meningkatkan kadar pencemar ozon dan fotokimia yang dapat mengakibatkan efek kesehatan di masyarakat (Jafari, et al., 2009)

Pajanan kronik terhadap pelarut mengakibatkan beragam efek pada organ sistemik. Kerusakan sistem saraf periferil berupa efek kesemutan dan rasa kebal pada tangan dan kaki, meningkatnya waktu merespon dan menurunkan daya koordinasi. Efek reproduksi termasuk menurunkan dan merusak sperma, yang berakhir fertilitas. Kerusakan hati dan ginjal termasuk risiko pajanan pelarut. Kanker juga termasuk efek yang disebabkan oleh pelarut misalnya oleh *benzene* dan *tetrachloride* (Gilbert, 2004).

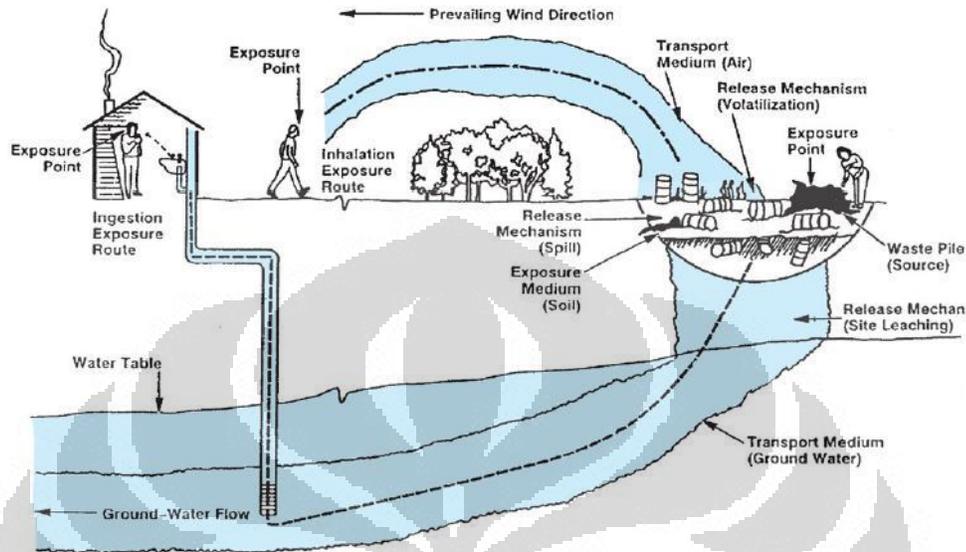
Pajanan pelarut di tempat kerja banyak ditemukan, dengan perkiraan 10 juta pekerja di Amerika Serikat terpajan baik melalui inhalasi ataupun kontak kulit (Gilbert, 2004). Pada suhu kamar, pelarut berada dalam bentuk cair. Bila zat ini bersentuhan dengan kulit, iritasi mungkin terjadi. Karena pelarut mudah menguap, penghirupan uapnya dapat menyebabkan iritasi pada saluran nafas, dan dapat juga menyebabkan iritasi mata (Lu, 2006).

Pajanan berulang pada pelarut konsentrasi tinggi dapat berefek kerusakan

permanen pada sistem saraf. Perubahan ini bisa berbentuk gangguan belajar dan ingatan (memori), menurunkan rentang perhatian, dan efek psikologis lain. Ada pula data lain yang dipertimbangkan mengindikasikan pajanan kronik terhadap pelarut dengan tingkat rendah dapat mengakibatkan kumpulan gejala yang disebut *painter's syndrome*, *organic solvent syndrome* atau *encephalopathy* akibat pelarut kronik. *The painter's syndrome* pertama kali ditemukan di Skandinavia di akhir 1970-an dan diketahui sebagai penyakit akibat kerja (*occupational disease*) di negara tersebut. Kumpulan gejala tersebut termasuk sakit kepala, fatigue, gangguan tidur, perubahan kepribadian, dan ketidakstabilan emosional, yang berkembang menjadi gangguan fungsi intelektual dan berakhir *dementia* (Gilbert, 2004).

Sedangkan menurut Lu (2006), manifestasi klinis dari pajanan pelarut organik sebagai depresan sistem saraf pusat dimulai dengan disorientasi, perasaan pusing dan euforia. Sindrom ini dapat berkembang menjadi paralisis, ketidaksadaran, dan kejang-kejang. Kematian dapat terjadi. Cara kerjanya diketahui lebih dari setengah abad lalu oleh Meyer dalam Lu (2006) yang mengamati bahwa narkosis (depresi sistem saraf pusat) berkaitan dengan daya larut zat-zat tersebut dalam lipid dan tidak berhubungan dengan struktur kimianya; karena itu ia menduga bahwa narkosis disebabkan oleh gangguan fungsi sel sistem saraf pusat setelah pelarut masuk ke dalam membran sel.

**Gambar 2.1**  
**Media dan Jalur Paparan Pelarut**



Sumber: Cassarets & Doule (1989)

## 2.2 Xylene

*Xylene* adalah hidrokarbon aromatik yang ada dalam tiga bentuk isomer bentuk: orto, meta dan para. Tingkatan teknis *xylene* mengandung campuran dari tiga isomer dan juga *ethylbenzene*. Perkiraan produksi dunia pada tahun 1984 adalah sebanyak 15,4 juta ton. *Xylene* adalah cairan tak berwarna pada suhu kamar dengan bau beraroma. Tekanan uapnya terletak antara 0,66 dan 0,86 kPa untuk tiga isomer. Sekitar 92% dari campuran *xylene* dicampur ke dalam bensin. *Xylene* ini juga digunakan dalam berbagai aplikasi pelarut, khususnya di cat dan industri tinta cetak (WHO, 1997).

Mayoritas *xylene* dilepaskan ke lingkungan langsung memasuki atmosfer. Di atmosfer, isomer *xylene* dapat segera terdegradasi, terutama oleh fotooksidasi. Volatilisasi ke atmosfer dari air yang cepat untuk ketiga isomer. Di dalam tanah dan air, isomer meta dan para dapat segera dibiodegradasi dalam berbagai kondisi aerob dan anaerob, tetapi isomer orto lebih tahan. Bukti terbatas yang tersedia menunjukkan bahwa bioakumulasi isomer *xylene* oleh ikan dan avertebrata

rendah. Eliminasi *xylene* dari organisme air cukup cepat sekali setelah pajanan telah berhenti (WHO, 1997).

Setelah pajanan inhalasi *xylene*, retensi di paru-paru adalah sekitar 60% dari dosis inhalasi. *Xylene* dimetabolisme secara efisien. *Xylene* diserap melalui paru dan kulit, diproses dalam metabolisme dan diekskresikan sebagai *methylhippuric acid* dalam urin (Dossing et al, 1983). Lebih dari 90% mengalami biotransformasi menjadi *methylhippuric acid*. *Xylene* tidak menumpuk secara signifikan dalam tubuh manusia (WHO, 1997)

Pajanan akut *xylene* konsentrasi tinggi dapat mengakibatkan efek pada sistem saraf pusat dan iritasi pada manusia. Toksisitas kronis tampaknya relatif rendah pada hewan penelitian. Terdapat bukti sugestif, bagaimanapun, bahwa efek kronis pada sistem saraf pusat dapat terjadi pada hewan dengan konsentrasi *xylene* moderat *xylene* (WHO, 1997). Efek terhadap kesehatan akibat pajanan *xylene* diketahui mengakibatkan gejala neurologis akut dan kronik pada sistem saraf pusat (Sullivan and Ert, 1991).

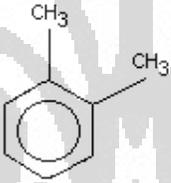
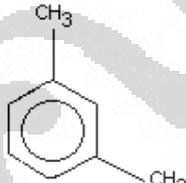
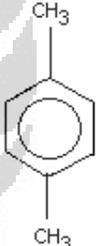
*Xylene* tampaknya tidak menjadi mutagen ataupun karsinogen. Titik kritis akhir adalah perkembangan toksisitas, terlihat pada tingkat pajanan dari 870 mg/m<sup>3</sup> (200 ppm) pada tikus. Berdasarkan titik kritis akhir ini, nilai panduan yang direkomendasikan untuk *xylene* di udara adalah 0,87 mg/m<sup>3</sup> (0,2 ppm) (WHO, 1997).

Isomer *xylene* adalah sedang sampai rendah untuk toksisitas organisme air. Untuk avertebrata yang terendah nilai LC<sub>50</sub>, berdasarkan konsentrasi yang diukur, adalah untuk *o-xylene* pada 1 mg/liter (*Daphnia magna*). Nilai LC<sub>50</sub> terendah tercatat untuk ikan adalah 7,6 mg/liter untuk *o-xylene* (*rainbow trout*; berdasarkan konsentrasi terukur), dan 7,9 dan 1,7 mg/liter untuk *m-* dan *p-xylene* masing-masing (baik untuk *striped bass*; berdasarkan nominal konsentrasi). Informasi terbatas yang tersedia mengenai pajanan kronis pada organisme air untuk *xylene*, namun volatilisasi cepat membuat pajanan kronis di air tidak mungkin terjadi. Toksisitas akut *xylene* pada burung rendah (WHO, 1997).

### 2.3 Karakteristik Fisika-Kimia Xylene

*Xylene* atau dimetilbenzen adalah bahan kimia aromatik dalam bentuk 3 isomer: *ortho*-, *meta*- dan *para*-*xylene* atau 1,2-, 1,3-, dan 1,4-dimetilbenzen. Produksi komersil menghasilkan campuran *xylene*, yang mengandung ketiga isomer ini, dengan tambahan etilbenzen dan sejumlah *non-xylene hydrocarbon*. Diantara ketiga isomernya, *m-xylene* adalah konstituen dominan sebanyak 60-70% dalam penggunaan *xylene* secara komersial sebagai pelarut industri. Spesifik isomer *xylene* diproduksi dari campuran *xylene* dan digunakan untuk mensintesis bahan kimia lain (CDC, 2012). Produk teknis, "xylene campuran" mengandung kurang lebih 40% *m-xylene* dan 20% masing-masing etilbenzene, *o-xylene*, dan *p-xylene* serta sejumlah kecil *toluene* dan fraksi aromatik C<sub>9</sub> (WHO, 1997).

**Tabel 2.1**  
Karakteristik Fisika dan Kimia Xylene

Rumus formula	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
Struktur kimia			
Nama kimia	<i>ortho-xylene</i>	<i>meta-xylene</i>	<i>para-xylene</i>
Sinonim	1,2-dimethyl-benzene <i>o</i> -methyltoluene 1,2-xylene <i>o</i> -xylol <i>ortho-xylene</i>	1,3-dimethyl-benzene <i>m</i> -methyltoluene 1,3-xylene <i>m</i> -xylol <i>meta-xylene</i>	1,4-dimethyl-benzene <i>p</i> -methyltoluene 1,4-xylene <i>p</i> -xylol <i>para-xylene</i>
Titik didih	144°C	139°C	138°C
Titik leleh	-25°C	-47°C	13.4°C
Flash point	34.4°C	30.6°C	30.0°C
Vapour pressure	0.91kPa	1.12kPa	1.118kPa
Massa molekul relatif	0.876	0.860	0.857
Autoignition temperature	Sekitar 500°C		
Relative vapour density	3.7		
Explosive limit	LEL 1% UEL 7%		

Sumber: IPCS (2004)

Faktor konversi

*Xylene* di udara: 1 ppm = 4.34 mg/m<sup>3</sup>; 1 mg/m<sup>3</sup> = 0.230 ppm at 25°C

*Xylene* dalam darah: 1 mg/L = 0.0094 mmol/L; 1 mmol/L = 106 mg/L

*Methylhippuric acid*: 1 mg/L = 0.0052 mmol/L; 1 mmol/L = 193 mg/L

Kemungkinan pajanan terkait pekerjaan dan tidak terkait pekerjaan.

*Xylene* adalah pelarut yang banyak digunakan dan merupakan bahan untuk sintesis organik di industri. *Xylene* juga merupakan konstituen bahan bakar otomobil tanpa timbal. *Xylene* juga ditemukan di udara atmosfer [e.g. 40ug/m<sup>3</sup>], tetapi perpanjangan pajanan non-okupasi (*non-occupational exposure*) pada lingkungan umum dapat dikesampingkan dibandingkan dengan pajanan terkait pekerjaan (*occupational exposure*).

Rute pajanan yang banyak ditemukan pada populasi umum adalah terhisap uap *xylene*, dengan kontak kulit dengan cairan yang mengandung *xylene* juga dapat berkontribusi. Pajanan di tempat kerja dapat terjadi ketika proses produksi, transportasi, dan menggunakan petrokimia dan pelarut industri (CDC, 2012).

Selain secara inhalasi, kontak kulit atau pajanan oral, *xylene* diserap dengan baik dan secara cepat dan luas didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh, khususnya ke jaringan adiposa. Sejumlah fraksi dari dosis *xylene* yang terserap diekskresikan dalam bentuk yang sama di udara, dan sekitar 90% dari dosis yang terserap tersebut diproses melalui metabolisme oleh hati (*liver*) dan kemudian dieliminasi di urin beberapa hari kemudian. *Methylhippuric acid* adalah metabolit urin yang digunakan untuk memantau pajanan di tempat kerja (CDC, 2012).

#### 2.4 Risiko Utama dan Organ Target

Risiko utama dari *xylene* melibatkan situasi yang tidak umum relatif terjadi dari pajanan yang sangat tinggi menyebabkan penghambatan fungsi sistem saraf progresif, memuncak dengan keadaan koma, depresi pernapasan dan kematian karena otak anoksia. Dan bahaya ancaman jiwa karena aritmia jantung

(IPCS, 2004).

Meskipun pajanan terhadap *xylene* secara spesifik lebih terbatas, pajanan sedang sampai tinggi terhadap campuran pelarut termasuk senyawa *xylene* atau yang lain yang sangat mirip (misalnya *toluene*) dapat mempengaruhi sejumlah sistem organ. Hal ini telah diobservasi paling sering pada penyalahguna pelarut (*solvent abuser*). Mungkin terdapat gangguan pada fungsi ginjal, keseimbangan cairan dan elektrolit serta rangka otot, yang dapat menjadi saling terkait. Iritasi non-spesifik pada saluran pernapasan dan pencernaan juga bisa terjadi, dan kadang efek samping pada hati (IPCS, 2004).

Organ target utama adalah sistem saraf. Di tingkat bawah, sekitar dan sedikit di atas nilai ambang batas (NAB), efek neurobehavioral yang bersifat *reversible* (dapat kembali) adalah yang pertama diamati. Hal ini dapat berupa misalnya gangguan keseimbangan dan reaksi waktu, dapat memberikan risiko yang lebih besar terkait cedera yang berhubungan dengan pekerjaan (IPCS, 2004).

## **2.5 Toksikokinetik Xylene**

### **2.5.1 Absorpsi**

#### **2.5.1.1 Oral**

Penyerapan yang terjadi di usus terjadi dengan cepat, hal ini dikemukakan oleh Bergman (1979) bahwa kadar puncak dalam darah terjadi 1-2 jam setelah kejadian tertelan (IPCS, 2004).

#### **2.5.1.2 Inhalasi**

Rute utama masuknya *xylene* ke dalam tubuh adalah melalui paru. Retensi atau absorpsi paru ditemukan sekitar  $63.6 \pm 4.2\%$  oleh Sedivec dan Fleck (1976), berbeda sedikit antar individu dan sedikit tergantung pada tingkat dan durasi pajanan. Bergman (1979) mengatakan kadar puncak dalam darah terjadi 15-30 menit setelah kejadian terhirup atau inhalasi (IPCS, 2004).

### 2.5.1.3 Kulit

*Xylene* dapat terabsorpsi melalui kulit. Pada kondisi pajanan berat melalui kulit, misalnya kulit terendam dalam waktu lama (konstan), cairan murni *m-xylene* utuh dapat menembus kulit tangan dengan laju sekitar  $2 \text{ g/cm}^2/\text{menit}$  (Engstrom et al. 1977). Perhitungan ini didasarkan pada perkiraan 35 mg *xylene* diserap lebih dari 15 menit. Percobaan lain pada relawan dilaporkan Dutkiewicz & Tyras tahun 1968 menunjukkan *xylene* cair diserap melalui kulit pada 4,5-9,6  $\text{mg/cm}^2/\text{jam}$  ( $75 - 160 \text{ g/cm}^2/\text{menit}$ ), dianggap jauh lebih tinggi dari perkiraan (IPCS, 2004).

### 2.5.2 Distribusi

*Xylene* didistribusikan ke berbagai jaringan, seperti dikemukakan oleh Riihimaki dan Savolainen (1980) jaringan dengan perfusi baik mencapai kesetimbangan dalam beberapa menit; otot menjadi seimbang hanya setelah beberapa jam, terutama karena secara signifikan perfusi lebih rendah per satuan volume dari jaringan otot; kesetimbangan jaringan adiposa tercapai hanya setelah beberapa hari kerja dari pajanan terus-menerus karena kombinasi peningkatan tinggi jaringan afinitas, dan karena kapasitas serta perfusi rendah per satuan volume (IPCS, 2004).

### 2.5.3 Metabolisme

Jumlah kadar kedua jenis *methylhippuric acid*, sebagaimana isomer individu *methylhippuric acid* dalam urin dapat digunakan untuk pemantauan biologi dari pajanan *xylene* di tempat kerja. Selama pajanan dapat berupa campuran dari tiga isomer *xylene* atau isomer individual dari *xylene*, tergantung dari persiapan sewaktu penggunaan, analisis dari persiapan pelarut atau udara kerja yang direkomendasikan untuk mengidentifikasi isomer yang terkait (WHO, 1996).

*Xylene* dikuantifikasikan dalam darah dengan *gas chromatography*. Beberapa metode yang dipublikasikan untuk mengkuantifikasi *methylhippuric acid* dalam darah menggunakan teknik *chromatographic*. Program pengukuran udara lingkungan kerja dan pengukuran biologi harus dilakukan dan dievaluasi

secara rutin.

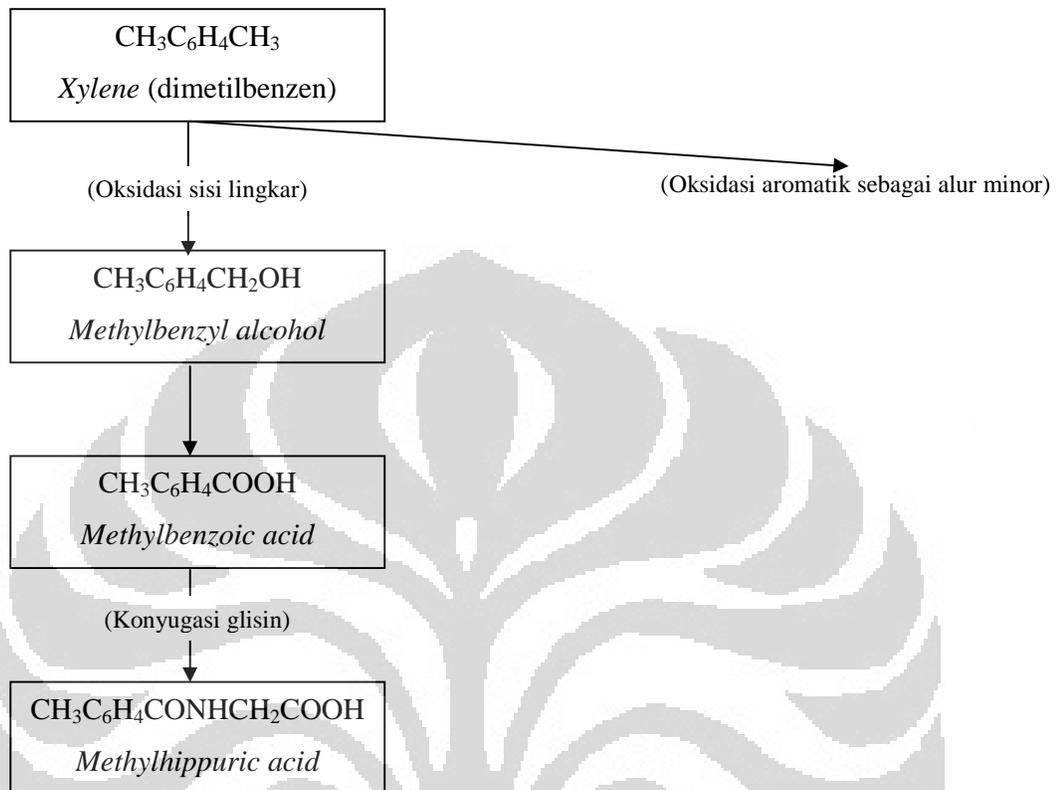
Metabolisme *xylene* pada manusia sama dengan *toluene*. Katakan, porsi utama dari *xylene* yang diserap dioksidasikan secara primer pada satu dari dua-*chain methyl moieties*. Intermediate yang teroksidasi, asam metilbenzoat (atau asam toluet) mengalami konyugasi glisin dan kemudian diekskresikan dalam urin sebagai *methylhippuric acid*. Porsi utama pada *xylene* yang terabsorpsi diekskresikan sebagai *xylenol* (dalam bentuk sulfat atau glucuronida).

Pada manusia, *xylene* dimetabolismekan menjadi *methylhippuric acid* dan terdeteksi pada pemeriksaan urin, yang tidak ditemukan pada urin orang yang tidak terpajan. Tingkat *methylhippuric acid* dalam urin diukur dengan gas kromatografi (Engström & Bjurström, 1978), kolorimetri (Ogata & Hobara, 1979), *thin-layer chromatography* (Bieniek et al, 1982.) dan *high performance liquid chromatography* (Ogata & Taguchi, 1986) (WHO, 1997).

Lebih dari 95% metabolisme melibatkan jalur oksidasi menjadi *methylbenzyl alcohol* dan pengurangan berikutnya, melalui dehidrogenase alkohol oleh *aldehyde dehydrogenase*, menjadi *methyl benzaldehyde* dan *methyl benzoat* (atau *toluic acid*) masing-masing. Yang terakhir ini diekskresikan dalam bentuk yang berbeda, tetapi terutama terkonjugasi dengan glisin sebagai *toluric* atau *methylhippuric acid*. Dengan isomer-*o*, bagaimanapun, *o-toluic acid* diekskresikan dalam bentuk bebas (Sedivec dan Fleck, 1976) dalam IPCS (2004).

Jalur kecil (setidaknya pada hewan) melibatkan oksidasi mikrosomal dengan hidroksilasi dari cincin aromatik untuk membentuk *xylenol*, diikuti oleh konjugasi dengan sulfat atau asam glukuronat. Kadar *methylhippuric acid* dalam urin secara erat mengikuti waktu eliminasi *xylene* dari darah (IPCS, 2004).

**Gambar 2.2**  
**Skema Metabolisme Xylene**



Sumber: WHO (1996)

#### 2.5.4 Ekskresi

Hanya sekitar 5% dari *xylene* diserap melalui rute pernapasan keluar dalam bentuk yang tidak berubah sewaktu menghembuskan nafas (Astrand et al., 1978), sekitar 95% diekskresikan sebagai metabolit dalam urin. Se jauh ini yang paling signifikan senyawa adalah *methylhippuric* (atau *toluric*) *acid*, yang dibentuk oleh konjugasi dengan glisin dari *methylbenzoic* (*toluic*) *acid*, metabolit utama dari *xylene* (Riikimaki et al., 1979). Kemudian Sedivec dan Flek (1976) memperkirakan bahwa *toluric acid* mewakili 97,1%, 99,2% dan 95,1% dari orto-, meta- dan para-*xylene* yang diekskresikan, sedangkan metabolit *xyleneol* hanya mewakili 0,86%, 1,98% dan 0,05% masing-masingnya.

Studi pada sukarelawan oleh Ogata dkk, (1970) menunjukkan eliminasi secara efisien, dengan sekitar 72% dari *m-xylene* tersimpan diekskresikan dalam 26 jam pada pajanan *m-toluric acid*. 10 - 20% dari *xylene* yang diserap

didistribusikan ke jaringan adiposa (Riihimaki dan Savolainen, 1980) dengan penghapusan waktu paruh dari lemak yaitu 58 jam (Engstrom dan Riihimaki, 1979). Akibatnya, beberapa akumulasi terjadi dalam jaringan adiposa dalam beberapa minggu setelah pajanan harian berulang.

*Xylene* dalam jaringan adiposa dihilangkan jauh lebih lambat karena lemak/ koefisien partisi darah yang tinggi (sekitar 100). Dan sebaliknya, eliminasi waktu paruh dalam jaringan sebagian besar sekitar 0.5-1 jam. Beberapa akumulasi terjadi pada pajanan sekitar tingkat  $3,9 \text{ mmol/m}^3$  selama 5 hari berturut-turut dalam 6 jam per hari (Riihimaki et al., 1979).

## 2.6 Toksikologi *Xylene*

Toksisitas *xylene* yang dikemukakan IPCS (2004) pada manusia melalui jalur inhalasi adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.2**  
**Toksisitas *Xylene***

200 ppm (870 mg/m <sup>3</sup> )		Efek iritasi, misalnya pada konjungtivitis, mata, hidung dan iritasi tenggorokan
10,000 ppm	6-18.5 jam	
6,125 ppm		
300 ppm (1350 mg/m <sup>3</sup> )	70 menit	Penurunan waktu bereaksi dan memori jangka pendek (Gamberale, 1978)
100 ppm (435 mg/m <sup>3</sup> )	6 jam	Penurunan waktu bereaksi dan memori jangka pendek. Peningkatan badan bergoyang (lebih buruk terjadi saat latihan/ berolahraga)

Sumber: IPCS (2004)

## 2.7 Efek Klinis Keracunan *Xylene*

Profil toksik dari tiga isomer *xylene* sama dengan *toluene*, yang paling penting nama efek toksik yang terkait kondisi kerja adalah supresi (penekanan)

pada fungsi sistem syaraf pusat, dengan bukti naiknya beberapa gejala subjektif yang dirasakan seperti intoksikasi, *fatigue*, *poor endurance*, sakit kepala, mual (*nausea*), pusing (*dizziness*), tremor, gangguan keseimbangan sampai depresi ringan (Spurgeon, 1994).

Studi pada binatang mengindikasikan *xylene* lebih bersifat toksik dibanding *toluene*. Efek mulai terjadi pada batas bawah dosis *toluene*, bagaimanapun pada dosis tingkat tinggi *xylene* lebih bersifat toksik (Clayton, 1994).

Lebih jelasnya dijabarkan dalam IPSC (2004) mengenai keracunan akut dan kronik *xylene* sebagai berikut:

## **2.7.1 Keracunan akut**

### **2.7.1.1 Ingesti**

Tanda dan gejala gastrointestinal parah. Jika aspirasi terjadi, pneumonitis kimia dan edema paru bisa terjadi. Hepatotoksisitas reversibel dan glikosuria telah dijelaskan dengan satu kasus ingestasi dalam jumlah yang relatif kecil (Ghislandi dan Fabiani, 1957).

### **2.7.1.2 Inhalasi**

Gejala awal berupa iritasi pada mata, hidung dan tenggorokan diikuti dengan pusing dan sakit kepala ringan, terkait dengan gangguan memori jangka pendek dan waktu respon (reaksi) lebih lama, mengantuk, kelelahan, sakit kepala, mual. Beberapa kejadian dapat berkembang lebih jauh. Pada pajanan berat, gangguan pernapasan, naiknya serum transaminase, histologi hati yang abnormal, kerusakan ginjal reversibel dengan albuminuria, piuria dan hematuria, dan mungkin keterlibatan jantung. Depresi sistem saraf progresif dengan konfusi dan koma. Pada kasus ekstrim, kematian dapat timbul dari depresi pernafasan anoksik dengan kemungkinan aritmia jantung sebagai faktor penunjang yang berkontribusi dalam beberapa kasus.

### **2.7.1.3 Pajanan pada kulit**

Kulit pada tangan yang terendam pada cairan *xylene* akan menyebabkan

eritema dan rasa panas (Riihimaki, 1979).

#### 2.7.1.4 Kontak mata

Kontak langsung dapat menyebabkan konjungtivitis dan rasa panas dan luka pada kornea.

### 2.7.2 Keracunan kronis

#### 2.7.2.1 Inhalasi

Banyak laporan dari efek kronis yang melibatkan pajanan campuran pelarut dan pengetahuan mengenai toksisitas spesifik *xylene* lebih terbatas, khususnya yang terkait dengan hubungan dosis-respons. Namun, studi terhadap relawan menjelaskan efek pada tingkat pajanan rendah. Selain efek lokal seperti mata kering dan iritasi pada mata, hidung dan tenggorokan, serta mual dan anoreksia, perhatian yang paling sering berhubungan ke sistem saraf dengan efek seperti sakit kepala, kelelahan, mudah marah, dan penurunan kinerja pada tes waktu reaksi sederhana (*tests of simple reaction time*), kecepatan persepsi, dan memori jangka pendek. Pemeriksaan neurologis klinis dan EEG dalam beberapa hal seperti umumnya normal meskipun ENMG telah terpengaruh, bahkan pada konsentrasi dibawah NAB campuran (Anshelm Olson, 1982). Studi terkontrol lainnya dari pajanan jangka panjang pada campuran pelarut (Elofsson S et al, 1980.) menunjukkan bahwa gejala dan tanda neurologis seperti sakit kepala, insomnia dan mudah marah, serta perubahan psikologis dan neurofisiologis, juga dapat terjadi. Dijelaskan sebuah eksitasi awal pada saraf dengan ketakutan dan tremor terjadi. Parestesia, kelemahan dan vertigo juga dapat terjadi.

Efek ginjal, khususnya proliferasi glomerulonefritis, dapat terjadi. Terdapat hasil studi epidemiologi yang saling bertentangan tetapi sebagian besar menunjukkan peningkatan risiko. Namun, peran *xylene* khususnya dalam beragam pajanan sulit untuk dinilai. Misalnya studi terkontrol pada pengecat yang terpajan terutama oleh *xylene* dan *toluene* menunjukkan peningkatan albumin dan sel darah dalam urin (Askergren, 1981). Sebuah studi lebih lanjut oleh Franchini et al. (1983) menunjukkan efek tubular yang sedikit, bahkan pada konsentrasi yang

relatif rendah, pada basis peningkatan beta-glukuronidase dan lisozim dalam urin (IPCS, 2004).

Sedikit bukti bahwa hepatotoksisitas pada umumnya ditemui di tempat kerja: dalam sebuah studi terkontrol, tidak ada peningkatan kejadian (insidens) pada tes fungsi hati yang abnormal, yang ditemukan pada pekerja yang terpajan berbagai pelarut termasuk *xylene* (Kurppa dan Husman, 1982). Menurut Morley (1970) efek merugikan di hati dapat terjadi pada tingkat pajanan yang sangat tinggi (IPCS, 2004).

Tidak ada laporan toksisitas pada sumsum tulang manusia yang teinduksi secara khusus oleh *xylene*.

#### 2.7.2.2 Pajanan kulit

Kontak kulit dalam waktu lama akan berpotensi menyebabkan atau memperburuk efek sistemik ringan. Selain itu, kontak berulang menyebabkan *defatting* dan iritasi kulit ditandai dengan kekeringan, retak dan *blistering* (Von Oettingen, 1940).

#### 2.7.2.3 Kontak mata

Pajanan campuran pelarut termasuk *xylene* dihubungkan dengan iritasi mata dan fotofobia. Terjadi vakuola kornea dan lesi ini juga terlihat ketika *xylene* merupakan komponen utama dalam campuran (Schmid, 1956). Nelson et al, (1943), diamati iritasi mata terjadi pada 200 ppm.

## 2.8 *Biological Monitoring Indices Xylene*

Indeks pemantauan biologi yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.3**  
*Available Biological Monitoring Indices*

<b>Indikator</b>	<b>Ketersediaan untuk digunakan</b>
Jumlah kandungan <i>methylhippuric acid</i> dalam urine	Non-invasif
Individual isomer <i>methylhippuric acid</i> dalam urin	Non-invasif
Kandungan <i>xylene</i> dalam darah	Spesifik, tapi invasif

Sumber: WHO (1996)

## 2.9 **Efek Klinis Neurologis Paparan Xylene Pada Sistem Saraf Pusat**

Dalam IPCS (2004) dibahas bahwa efek sistem saraf pusat adalah manifestasi yang paling konsisten dalam toksisitas sistemik. Efek dari *xylene* secara khusus telah dipelajari secara sistemis pada tingkat paparan yang relatif rendah pada sejumlah sukarelawan. Gamberale et al, (1978) meneliti kelompok yang terpapar dari 5 subyek sehat dalam tiga cara *cross-over study* untuk *xylene* pada konsentrasi 435 dan 1300 mg/m<sup>3</sup> masing-masing selama 70 menit. Rasa dan bau dari uap *xylene* tersamar. Bagian dari sasaran penelitian ini adalah untuk menilai fungsi psikomotor dan kognitif mengingat bahwa NAB senilai 435 mg/m<sup>3</sup> berdasarkan tingkat menyebabkan iritasi. Delapan dari 15 subyek kemudian diamati pada tingkat paparan yang lebih tinggi dengan setengah waktu penelitian dihabiskan dalam latihan yang cukup berat. Pada studi awal yang melibatkan subyek yang tidak berolahraga, analisis varians mengungkapkan hanya sedikit dan secara statistik tidak bermakna (signifikan) perubahan dalam penambahan dan pilihan waktu reaksi, memori jangka pendek dan fusi kritis *flicker*. Namun, perbedaan yang signifikan yang diamati selain pada waktu reaksi dan memori jangka pendek dengan latihan pada konsentrasi 1300 mg/m<sup>3</sup>, setara dengan tiga kali NAB.

Diperkirakan bahwa olahraga melipatduakan *uptake xylene* sampai sekitar 1210 mg. Para penulis menyimpulkan bahwa fungsi psikofisiologikal mungkin mulai terpengaruh pada uptake antara 600-1000 mg tetapi implikasi untuk menetapkan 8 jam sesuai standar tidak jelas karena ketidakpastian laju metabolisme. Savolainen et al, (1979, 1980) melakukan serangkaian penelitian percobaan (*experimental study*) dengan *m-xylene* untuk menyelidiki efek kinetika dan psikofisiologikal, yang kemudian mereka usahakan untuk dihubungkan (Riihimaki dan Savolainen, 1980). Subyek laki-laki sehat yang terpajan baik pada konsentrasi konstan (100 ppm, 200 ppm) dan untuk tingkat yang berfluktuasi sampai ke puncak per jam dari 100 ppm dan 400 ppm, tetapi rata-rata dari keseluruhan sama seperti sebelumnya. Pajanan selama 6 jam per hari dan termasuk periode 5 hari berturut-turut serta 4 episode per hari dari 2 sesi yang terganggu dalam 5 menit latihan dari 100W. Tiga penelitian berbeda dilakukan: subyek yang menetap dengan pajanan berfluktuasi; periode latihan di bawah tingkat konstan; dan sesi latihan meliputi fluktuasi konsentrasi. Secara statistik signifikan adalah gangguan keseimbangan yang diukur dengan rata-rata dan maksimum tubuh bergoyang (*body sway*). Pada subyek yang menetap tercatat hanya setelah puncak 400 ppm, dan pada subyek yang berolahraga penurunan nilai tersebut "ditandai (*marked*)" hanya setelah puncak ini. Untuk pajanan konstan beberapa mengalami peningkatan tubuh bergoyang yang terlihat pada tingkat 100 ppm dan lebih tinggi. Penurunan waktu reaksi sederhana dan pilihan juga diamati. Perkembangan toleransi untuk kedua efek ini telah dicatat, jelasnya pada hari kelima, tetapi efek terlihat lagi setelah jarak dua hari bebas pajanan. Efek pada keseimbangan tubuh lebih terkait dengan kadar darah dari absorpsi kumulatif. Kelompok yang menunjukkan efek terbesar (yakni setelah puncak 400 ppm) memiliki konsentrasi darah 29-93 mol/l. Hal ini muncul bagaimanapun bahwa tingkat dari naiknya kadar darah daripada tingkat per se adalah faktor relevan yang menyebabkan gejala (IPCS, 2004).

## 2.10 Paparan *Xylene* Di Tempat Kerja

*Xylene* digunakan di banyak industri sebagai pelarut untuk cat (*paint*) dan pernis (*varnish*) serta industri perekat dan tinta cetak. Penggunaan lainnya *xylene* juga digunakan dengan kombinasi senyawa organik di industri. *Xylene* juga terdapat di dalam atmosfer e.g.  $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Bahan ini juga biasa ditemukan pada proses kimia di industri karet dan kulit, pada formulasi pestisida, sebagai intermediet pada manufaktur beberapa jenis polimer, distilasi minyak bumi, dan laboratorium histologi.

Populasi yang terpajan di tempat kerja menurut IPCS, 2004:

- Pekerja pada manufaktur dan *applicator* cat, pernis dan perekat.
- Pembuat dan penyemprot pestisida.
- Pekerja laboratorium histologi.
- Pekerja di industri karet, kulit, minyak dan beberapa kimia lainnya.

Sebelum masa higiene industri, karyawan di beberapa industri yang terpajan bahan kimia konsentrasi sangat tinggi diketahui mengakibatkan efek toksik pada sistem saraf mereka, khususnya gangguan terkait neurobehavioral seperti gangguan saraf sensorik, motorik, dan fungsi kognitif, serta memori dan perhatian. Contoh paparan bahan kimia yang diketahui bersifat neurotoksin di tempat kerja adalah pelarut organik, karbon disulfida, golongan heksakarbon, merkuri, timah dan organofosfat (pestisida) (ATSDR, 1995).

Uap pelarut yang tergolong VOCs dihasilkan dari aktivitas pembuatan cat digolongkan sebagai penyebab langsung dari terjadinya berbagai gangguan kesehatan. Paparan dalam aktivitas pengecatan tersebut untuk dapat menyebabkan terjadinya gejala neurotoksik dipengaruhi oleh tiga hal, yaitu :

- kadar uap pelarut di udara
- dosis paparan kumulatif (penjumlahan kadar dalam udara dan lamanya paparan)
- waktu tinggal atau lamanya dalam darah atau urin

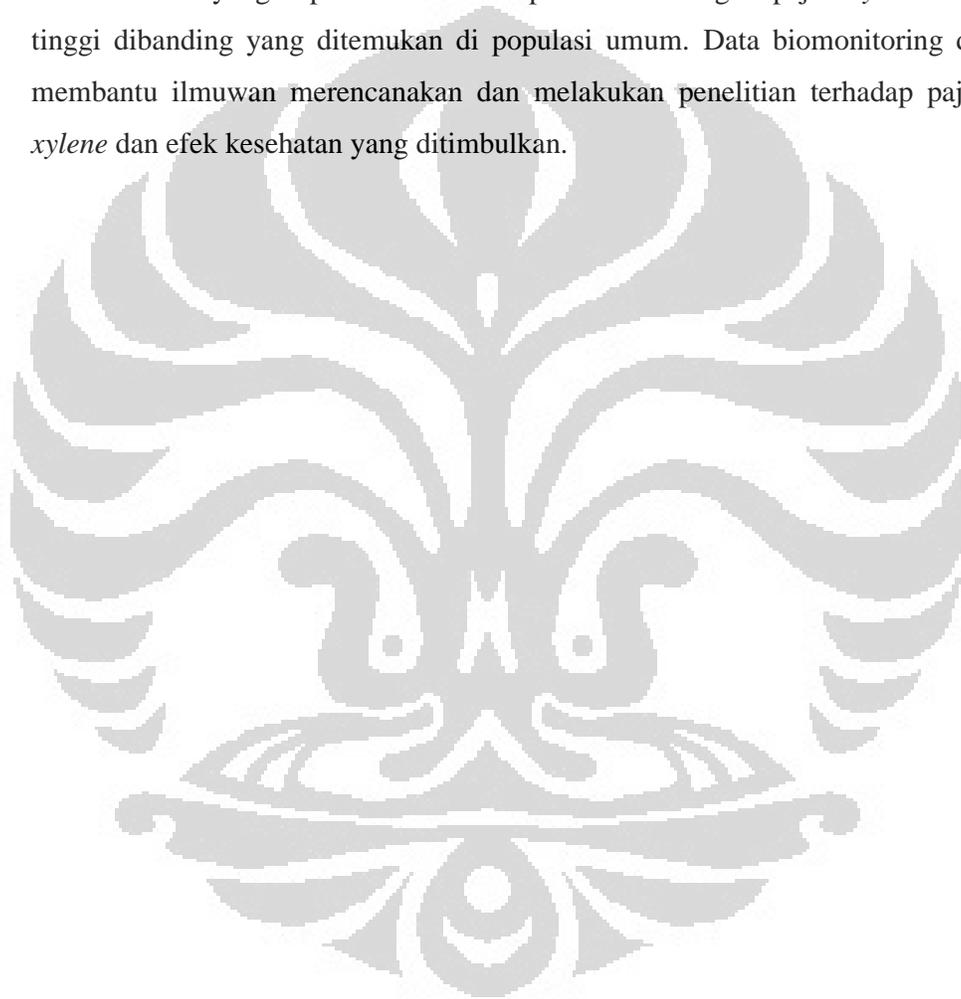
### 2.10.1 *Threshold Limit Values*

The OSHA PEL dengan STEL 150 ppm (665 mg/ m<sup>3</sup>) adalah 100 ppm (435 mg/ m<sup>3</sup> dan ACGIH TLV adalah 100 ppm (434mg/m<sup>3</sup>) dengan STEL 150 ppm (65 mg/ m<sup>3</sup>). NIOSH merekomendasikan batas pajanan (REL) adalah 100 ppm untuk 10 jam/ hari, 40-jam per minggu, dengan *ceiling* 200 ppm (868 mg/ m<sup>3</sup>) ditentukan dengan periode *sampling* 10 menit. Semua standar berlaku untuk campuran, *m*-, *o*- dan *p*-*xylene* (Clayton, 1994).

Pekerja pembuatan cat di pabrik PT. X terpajan pelarut organik yang terdiri dari *white spirit*, *xylene*, metil etil keton, dan metil isobutil keton. Bahan kimia lain yang juga dipakai dalam proses pembuatan cat seperti aseton, isobutil alkohol, n-butyl aseton dan n-butyl alkohol.

Efek kesehatan terhadap manusia dari pajanan *xylene* pada dosis rendah lingkungan tidak diketahui. Diantara manusia, pajanan terhadap *xylene* tingkat tinggi di udara dapat menyebabkan iritasi mata dan membran mukosa, dyspnea, dan sistem saraf pusat, seperti pusing, pelupa, bereaksi lambat dan koordinasi buruk (ATSDR, 2007). Studi epidemiologis pada kanker dan pajanan *xylene* belum dapat disimpulkan dan terbatas pada jumlah yang kecil, kurangnya pengukuran pajanan dan seiring dengan pajanan dari pelarut lainnya (IARC, 1999). Penelitian pada binatang yang melibatkan dosis tinggi pajanan *xylene* menunjukkan induksi enzim hati, pembesaran hati (liver), peningkatan berat ginjal dan kandungan sitokrom ginjal P450, sebagaimana kejadian efek neurobehavioral dan peningkatan tingkat katekolamin di otak (ATSDR 2007). Binatang yang mengandung yang menghirup dosis tinggi *xylene* mengalami peningkatan resorpsi janin dan keturunan abnormalitas tulang skeleton, serta penurunan berat badan (ATSDR 2007). Efek neurobehavioral juga terlihat di penelitian laboratorium terhadap binatang yang terpajan selama masa gestasi terhadap konsentrasi *xylene* di udara yang besarnya 5 kali lebih besar dari *U.S occupational standards* (Hass et al., 1997, 1995). Standar tingkat pajanan *xylene* di udara di tempat kerja ditetapkan oleh OSHA, dan ACGIH merkomendasikan *Biological Exposure Index* untuk memantau pajanan di tempat kerja. IARC menentukan *xylene* tidak diklasifikasikan sebagai *human carcinogenicity* (CDC, 2012).

Kadar *xylene* dalam darah merefleksikan pajanan yang terjadi. Isomer *xylene m-* dan *p-* biasanya diukur bersamaan dan dilaporkan sebagai *m/p xylene*, isomer *xylene o-* diukur dan dilaporkan terpisah. Temuan dari jumlah atau kadar *xylene* dalam darah tidak mengartikan kadar *xylene* yang menyebabkan efek buruk terhadap kesehatan. Studi biomonitoring pada darah untuk mengetahui kadar *xylene* dapat dilakukan oleh dokter dan pekerja kesehatan masyarakat dengan nilai referensi nilai yang dapat menentukan apakah seseorang terpajan *xylene* tingkat tinggi dibanding yang ditemukan di populasi umum. Data biomonitoring dapat membantu ilmuwan merencanakan dan melakukan penelitian terhadap pajanan *xylene* dan efek kesehatan yang ditimbulkan.



**Tabel 2.4**  
**Efek Toksik Xylene pada Manusia**

<i>Route of entry</i>	<i>Spesies</i>	<i>Dosis atau konsentrasi</i>	<i>Efek atau hasil</i>
Mata	Manusia	460 ppm (1980 mg/m <sup>3</sup> )	Iritan kepada 4-6 subjek
Kulit	Manusia	<i>Undiluted</i>	Efek terbakar, mengering dan mengelupas
Inhalasi (akut)	Manusia	6 1 ppm (4.3 mg/m <sup>3</sup> )	Batas kebauan
		6 40 ppm (17.2 mg/m <sup>3</sup> )	Level teridentifikasi
		10 100 ppm (43.10 mg/m <sup>3</sup> )	<i>Satisfactory</i> pada pajanan 8 jam kerja
		10 200 ppm (860 mg/m <sup>3</sup> ) X 3-5 menit	Iritan pada mata, hidung dan tenggorokan
		8 Tidak diketahui	Iritasi saluran pernafasan dengan 6-8 tanda klinis
		3 ~10,000 ppm (~43.1 mg/l) 18.5 jam	Kematian mendadak, kongesti paru, pendarahan otak, 2 pekerja pingsan selama 19-24 jam, <i>retrograde amnesia</i> , beberapa efek pada ginjal, 1 pekerja mengalami hipotermia dan kongesti paru
Inhalasi (kronik)	Manusia	59 ppm (0.254 mg/l)	Asam hipurat 1998 + 1197 mg/l
		93 ppm (0.40 mg/l)	Asam hipurat 1812 + 1275 mg/l
		256 ppm (1.10 mg/l)	Asam hipurat 3821 + 1113 mg/l
		398 ppm (1.71 mg/l)	Asam hipurat 5500 + 1690 mg/l

Sumber: Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 4th ed. (Clayton & Clayton (ed.), 1994).

Efek utama jika menghirup uap *xylene* adalah depresi sistem saraf pusat, dengan gejala seperti sakit kepala, pusing, mual dan muntah. Menurut *Canadian Centre for Occupational Health and Safety*, para sukarelawan masih memiliki tingkat toleransi sampai 100 ppm, bertambah berat dengan konsentrasi lebih tinggi. Iritasi hidung dan tenggorokan dapat terjadi pada perkiraan sekitar 200 ppm setelah 3 sampai 5 menit. Paparan sekitar 700 ppm dapat menyebabkan mual dan muntah. Konsentrasi yang sangat tinggi (sekitar 10.000 ppm) dapat menyebabkan inkoordinasi, kehilangan kesadaran, kegagalan nafas dan kematian. Pada beberapa kasus, muncul potensi fatal terjadinya akumulasi cairan di paru-paru (*pulmonary edema*) dengan gejala nafas pendek dan kesulitan bernafas, yang mungkin muncul beberapa jam setelah paparan. Bagaimanapun efek seperti ini jarang ditemukan karena *xylene* bersifat iritan dan dapat diidentifikasi melalui bau ada konsentrasi rendah. Laporan yang menyebutkan efek kematian akibat paparan *xylene* terjadi di *confined space*.

### **2.11 Dampak Cat Terhadap Kesehatan**

Cat merupakan campuran bahan kimia yang sudah dikenal sejak dahulu dan banyak digunakan diberbagai tempat. Cat yang digunakan dengan proses *spray* atau semprot banyak digunakan di industri-industri mobil, mebel, pesawat, kapal laut, dan industri lain. Metode pengecatan menggunakan metode *spray* lebih berbahaya daripada cat kuas karena partikelnya yang kecil dapat tersebar luas. Cat juga dapat mempengaruhi beberapa organ lain seperti sistem pernafasan, sistem saraf pusat, hati, ginjal, kulit, mata, organ reproduksi, jantung, dan paru. Disamping itu cat yang mengandung senyawa hidrokarbon organik dapat disalahgunakan karena dapat memberikan sensasi euphoria atau halusinasi. Intoksikasi hidrokarbon dapat menyebabkan kelainan paru bahkan kematian.

Cat biasanya terdiri dari campuran 45% cat dasar berpelarut tingkat rendah (*low solvent-based paint*), 45% cat dasar berpelarut tingkat tinggi (*high solvent-based paint*) dan 10% tencer (bahan pengencer).

Cat berisi bahan kandungan cat dan pewarna yang berupa campuran zat kimia padat dengan medium cair, digunakan sebagai lapisan proteksi atau dekorasi permukaan; akan mengering dengan oksidasi, polimerisasi dan evaporasi.

Cat pada umumnya berbahan dasar air atau minyak dan terdiri atas tiga komponen penting yakni:

a. Tencer (*thinner*)

Semua cat mengandung pelarut organik kimia (*organic solvent*) yang biasanya dikenal dengan tencer/ tiner. Tencer akan menguap segera setelah cat dioleskan, saat itu pekerja (*applicator*) cat dapat menghirup uap berbahaya yang terkandung dalam pelarut tersebut. Paparan terhadap pelarut dapat menyebabkan sakit kepala, pusing, iritasi mata, hidung, dan tenggorokan, masalah reproduksi dan kanker. Biasanya pelarut organik yang digunakan bisa dalam bentuk senyawa hidrokarbon aromatik seperti *benzene*, *toluene* dan *xylene*.

b. *Binder*

*Binder* digunakan sebagai perekat atau komponen yang menyatukan semua unsur di dalam cat. Jenis *binder* yang dapat menyebabkan masalah kesehatan adalah resin (*epoxy resin* dan *urethane resin*) menimbulkan iritasi hidung, mata, tenggorokan dan kulit.

c. Pigmen

Pigmen dalam cat berguna untuk mewarnai dan meningkatkan ketahanan cat. Banyak jenis pigmen merupakan bahan berbahaya misalnya *lead chromate* (digunakan untuk memberi warna hijau, kuning dan merah dapat menyebabkan kerusakan sistem saraf pusat), *chromium* (memberikan warna hijau, kuning, dan oranye; dapat menyebabkan kanker paru dan iritasi kulit, hidung, dan saluran nafas atas), *cadmium* (memberi warna hijau, kuning, oranye dan merah; dapat menyebabkan kanker paru).

## 2.12 Faktor Risiko Gejala Neurotoksik Pada Pekerja Pembuatan cat

Faktor risiko gejala neurotoksik pada pekerja pembuatan cat dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok, yaitu penyebab langsung dan penyebab tidak langsung. Penyebab langsung adalah paparan *xylene* dan penyebab tidak langsung adalah beberapa variabel yang termasuk merupakan karakteristik pekerja dan karakteristik pekerjaan. Variabel yang diperkirakan langsung memiliki kontribusi terhadap kejadian gejala neurotoksik di tempat kerja adalah paparan neurotoksin misalnya berupa pelarut organik, logam, ataupun insektisida (Eiselen,

2006). Sedangkan faktor pekerja atau karakteristik pekerjaan lain yang dapat dipertimbangkan sebagai faktor yang mungkin juga dapat mengakibatkan gejala neurotoksik adalah riwayat penyakit, sejarah keluarga dan sosial, penggunaan alkohol dan obat-obatan serta ditambah dengan penilaian apakah pajanan lewat pekerjaan atau kegiatan yang disukai (*hobby*) (Baker, Seppalainen, 1987).

Beberapa peneliti lain menambahkan faktor-faktor dibawah ini yang berhubungan dengan gejala neurotoksik:

a. Umur

Umur merupakan variabel yang penting dalam hal terjadinya gejala neurotoksik. Semakin bertambahnya umur, terutama yang disertai dengan kondisi lingkungan yang buruk serta kemungkinan terkena suatu penyakit, dan terpapar bahan kimia khususnya kelas pelarut maka kemungkinan terjadinya gangguan kesehatan dapat terjadi lebih besar. Secara fisiologis dengan bertambahnya umur maka kemampuan organ-organ tubuh akan mengalami penurunan secara alamiah, kondisi seperti ini akan bertambah buruk dengan keadaan lingkungan yang tidak sehat dan faktor-faktor lain seperti kebiasaan merokok, tidak tersedianya alat pelindung pernafasan di tempat kerja juga ketidakdisiplinan, lama pajanan serta riwayat penyakit yang berkaitan dengan sistem saraf. Penelitian Gamble (2000) menyebutkan, usia 20-24 menunjukkan peningkatan kejadian gangguan neurobehavioral akibat pajanan pelarut, dan terus konstan sampai umur 40 tahun, lalu selanjutnya menurun.

b. Masa kerja

Penelitian Lundberg dalam Gamble (2000) memasukkan pekerja dengan masa kerja setidaknya 10 tahun pada pekerjaan dengan tingkat pajanan tinggi memiliki risiko terkena efek merugikan terhadap kesehatannya. Lundberg juga berpendapat setidaknya sejak 10 tahun pajanan dipertimbangkan sebagai kriteria untuk mendiagnosis terjadinya *chronic toxic encephalopathy* (Gamble, 2000).

c. Kebiasaan berolahraga

Dalam IPCS (2004), diperkirakan bahwa olahraga melipatduakan *uptake*

*xylene* sampai sekitar 1210 mg. Para penulis menyimpulkan bahwa fungsi psikofisiologikal mungkin mulai terpengaruh pada uptake antara 600-1000 mg tetapi implikasi untuk menetapkan 8 jam sesuai standar tidak jelas karena ketidakpastian laju metabolisme. Kebiasaan berolahraga diukur dengan mode atau jenis olah raga, frekuensi dan durasi.

d. Kebiasaan merokok

Salah satu hal yang paling penting untuk di kontrol untuk menjaga kondisi kesehatan pekerja adalah kebiasaan merokok. Penggunaan tembakau oleh pekerja dan populasi umum menunjukkan kecenderungan peningkatan di seluruh dunia. Dari tahun 1920 – 1966, konsumsi tembakau dalam berbagai bentuk terus meningkat di tempat kerja, dengan kandungan bahan kimia yang efek biologinya belum banyak diteiliti. Rokok mengandung sejumlah besar bahan berbahaya, yaitu kurang lebih sebanyak 4000 bahan yang telah diidentifikasi.

Pada saat merokok terjadi suatu proses pembakaran tembakau dan *nikotina tabacum* dengan mengeluarkan polutan partikel padat dan gas. Diantaranya yang membahayakan kesehatan baik bagi perokok maupun orang disekitarnya adalah *tar* (balangkin), nikotin, karbon monoksida (CO) atau asap rokok, nitrogen sianida, benzopirin, dimetil nitrosamine, N-nitrosan nikotin, katekol, fenol dan akrolein. Lingkungan yang terpapar oleh bahan kimia, pelarut khususnya serta ditambah dengan kebiasaan merokok dapat memberikan dampak kumulatif terhadap timbulnya gangguan kesehatan.

Klasifikasi tipe perokok adalah sebagai berikut, dengan modifikasi dari Smet (1994) :

1. Perokok berat yaitu apabila menghisap lebih dari 10 batang rokok dalam sehari.
2. Perokok sedang yaitu apabila menghisap 1-10 batang rokok dalam sehari.
3. Bukan perokok.

e. Lama pajanan per minggu

Data lama pajanan pada aktivitas pekerja terpapar uap *xylene* dapat

digunakan untuk memperkirakan kumulatif pajanan yang diterima oleh seorang pekerja. Durasinya dapat dihitung melalui harian ataupun mingguan, hal ini terkait beberapa pekerja sering diminta untuk bekerja *overtime* saat permintaan produksi meningkat. Timbulnya gejala neurotoksik pada pekerja pembuatan cat dapat sangat tergantung pada lamanya pajanan serta dosis pajanan yang diterima. Pajanan dengan kadar rendah dalam waktu lama mungkin tidak akan segera menunjukkan adanya gangguan.

f. Penggunaan alat pelindung pernafasan

Penggunaan alat pelindung pernafasan merupakan salah satu bagian dari alat pelindung diri yang penting. Untuk meminimalkan risiko pajanan bahan kimia bisa berupa uap bahan kimia organik yang terhirup maka dianjurkan penggunaan alat pelindung pernafasan dengan tipe *filter* yang sesuai dengan jenis bahaya di tempat kerja.

Masker yang digunakan sebagai alat pelindung diri bagi pekerja pembuatan cat juga harus diperhatikan kebersihannya, tempat dan cara penyimpanannya serta tanggal kadaluarsanya.

g. Riwayat penyakit

Lundberg et. al. dalam penelitiannya seperti dikutip Gamble (2000) mengindikasikan catatan kesehatan yang detail dan teliti dalam masa bekerja penting untuk menurunkan kemungkinan risiko yang diperkirakan terlalu tinggi. Penyakit-penyakit misalnya seperti diabetes, epilepsi dan arthritis, sejarah cedera otak sebelumnya, penggunaan obat, makan makanan dan minum minuman yang menyebabkan psikoaktif (kopi, kola, coklat, alkohol) dapat memperburuk atau mempercepat terjadinya gangguan neurobehavioral. Efek kronis dan akut penggunaan obat-obatan termasuk alkohol merupakan faktor risiko independen, sebagaimana interaksi dengan pelarut organik. Sebagai contoh, seseorang dengan kerusakan pada sistem saraf pusat karena pajanan berlebihan terhadap pelarut organik atau penyebab lain mungkin dapat kurang toleransi terhadap alkohol (atau sebaliknya). Atau asupan alkohol dapat menurunkan mekanisme kemampuan membersihkan pelarut (*solvent clearance*) atau meningkatkan kemampuan

tersebut pada peminum alkohol tingkat sedang melalui induksi enzim. Kerusakan liver karena konsumsi alkohol dapat mengakibatkan penurunan kemampuan mendetoksifikasi pelarut (Gamble, 2000).

Dalam penelitian Saddik, et. al., (2005) kondisi kesehatan yang dipertimbangkan sebagai faktor yang berkontribusi terhadap efek ingatan dan ketangkasan motorik akibat pajanan pelarut adalah penyakit terkait saraf tepi, gangguan sistem saraf pusat, diabetes melitus, penyakit psikiatri dan cedera kepala yang menyebabkan ketidaksadaran selama kurang dari 15 menit.

### 2.13 Apa Itu Neurotoksik dan Gejalanya

Neurotoksik adalah istilah singkat yang sering dikaitkan dengan neurotoksikologi ataupun neurotoksisitas. Berasal dari kata neurotoksikologi (*neurotoxicology*) adalah ilmu yang mempelajari sesuatu yang secara alamiah dan buatan dapat memberikan efek yang merugikan pada struktur dan fungsi sistem saraf. Istilah ini banyak ditemukan dalam cabang ilmu toksikologi, psikologi dan lainnya.

*”Neurotoxicology is defined as the science that deals with the adverse effects of naturally occurring and synthetic chemicals (neurotoxins) on the structure and function of the nervous system.”*

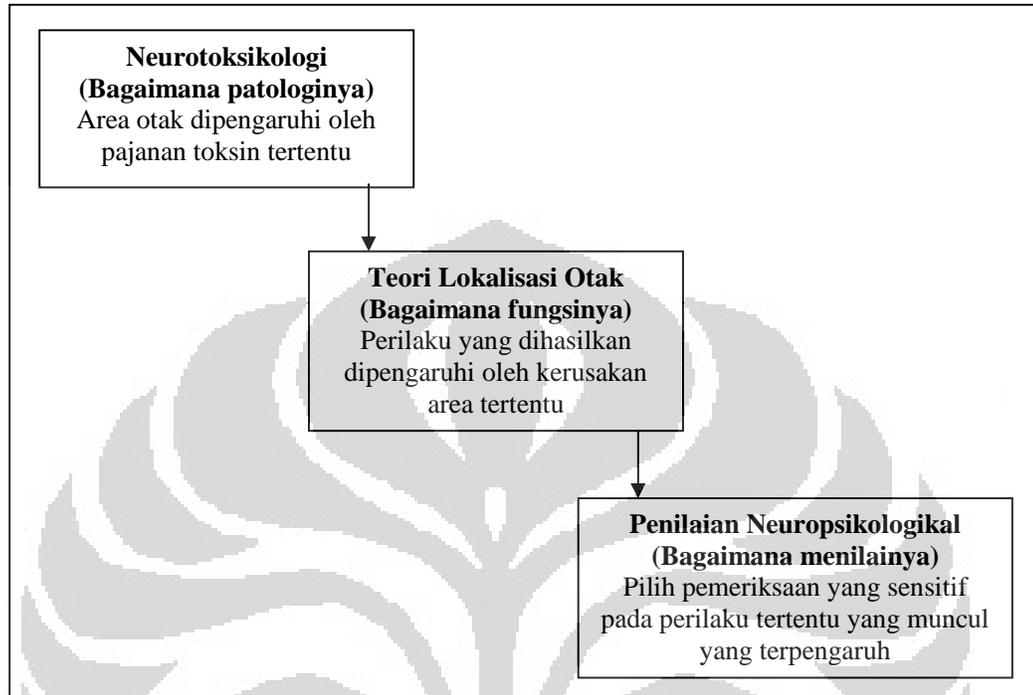
*(Harris & Blain, 2004, p.29) cited by Eiselen, SC. (2006)*

Sedangkan neurotoksisitas menurut Rea dan Kilburn (2012) dari *the American Environmental Health Foundation* dalam situsnya adalah kerusakan pada otak dan/ atau sistem saraf perifer diluar tulang tengkorak oleh bahan kimia beracun atau bersifat toksik. Otak sebagai master pengendali tubuh, sehingga efek utamanya itu mempengaruhi banyak fungsi tubuh. Bahan kimia ini termasuk pelarut organik, insektisida, timah, timbal, merkuri, kadmium, formaldehid, klorin, fenol dan lainnya. Gejala untuk toksisitas otak adalah kehilangan memori jangka pendek, kehilangan sirkulasi, ketidakseimbangan, dan gejala mirip flu. Sedangkan gejala yang dirasakan untuk sistem perifer seperti mati rasa,

kesemutan, kehilangan sensasi dan gerakan perubahan suasana hati (*mood*) atau perasaan (kecemasan, depresi, kebingungan, kemarahan, gejala kelelahan ekstrim, kehilangan memori jangka pendek, vertigo, ketidakseimbangan, dan seperti flu dengan kurang konsentrasi). Keluhan dan suasana hati sifatnya adalah subyektif. Pemeriksaan terbaik untuk perifer adalah melalui neurometer, dan tes konduksi saraf. Sedangkan pemeriksaan objektif untuk otak adalah mengukur fungsi sistem saraf, pemeriksaan seperti *the triple camera SPECT brain*, *the computerized balance*, *the pupillography*, variabilitas denyut jantung, dan baterai tes kejiwaan (*battery of psychiatric test*), keseimbangan tubuh, diskriminasi warna dan kinerja visual dan dua pilihan visual waktu reaksi. Pemeriksaan memori verbal, pemecahan masalah dan *mental coding* dan *juggling* untuk tahap kedua.

Kerusakan sistem saraf pusat dapat terjadi akibat pajanan bahan kimia bersifat neurotoksik, penggunaan obat-obatan bersifat neurotoksik, dan memiliki gangguan metabolisme seperti diabetes atau uremia. Yang menjadi fokus kesehatan masyarakat adalah hubungan antara kerusakan neurologis dan zat yang bersifat racun (toksin) yang ditemukan di tempat kerja. Gangguan neurotoksik adalah salah satu dari sepuluh penyakit dan cedera yang berhubungan dengan kerja di Amerika Serikat. Pajanan terhadap zat racun seperti timbal, pelarut organik dan insektisida di tempat kerja dianggap berkontribusi pada perkembangan terjadinya gangguan neurobehavioral (CDC, 1993).

**Gambar 2.3**  
**Model Konsep yang Menggambarkan Pendekatan Teoritik Interdisiplin dari**  
**Eiselen (2006)**



Program pengendalian kesehatan di industri didesain untuk mengidentifikasi gejala awal penyakit akibat kerja, kemungkinan tahap reversibel (pulih kembali) dan biasanya digunakan dalam hubungannya dengan prosedur pemantauan lingkungan yang dirancang untuk mengukur dan mengendalikan pajanan kontaminan di tempat kerja. Program pengendalian kesehatan meliputi tes fungsi sistem organ (seperti audiometri, tes fungsi liver, dan spirometri), yang didahului dengan diagnosa klinis yang datanya digunakan oleh bagian medis untuk melakukan penapisan (*screening*) pada karyawan di perusahaan (Baker, et al., 1983).

Saddik et. al (2005) mengutip beberapa penelitian beberapa diantaranya mengenai pajanan dari pelarut organik diasosiasikan dengan beberapa efek neurobehavioral yang terjadi diantara pekerja, seperti kehilangan ketangkasan (*loss of dexterity*), waktu reaksi terlambat, kurang konsentrasi, dan kehilangan

ingatan. Sebuah penelitian yang secara spesifik melaporkan gejala neurotoksik terlihat pada perhatian visual (*visual attention*), kecepatan persepsi, dan fungsi memori pada pekerja pembuatan cat yang terpajan pelarut organik kadar rendah. Banyak penelitian yang menunjukkan hubungan dosis-respon yang jelas antara tingkat pajanan dan besarnya gangguan neurobehavioral yang terjadi. Pekerja pembuatan cat yang secara kronis terpajan pelarut organik campuran pada tingkat yang lebih rendah dibandingkan nilai ambang batas, dilaporkan menunjukkan kinerja behavioral yang rendah dan sensitivitas menurun terhadap getaran.

Cabang ilmu psikologi yang terkait saraf (*neuropsychology*) yang mempelajari neurotoksitas yang diakibatkan oleh material beracun (neurotoksin) baik yang bersifat alamiah ataupun artifisial sehingga dapat mengubah aktivitas normal dari sistem saraf dan yang kemudian dapat menyebabkan kerusakan jaringan saraf disebut *neuropsychological toxicology*. Disiplin ilmu ini merupakan disiplin klinis untuk memahami hubungan antara kerusakan otak dan perubahan perilaku (neurobehavioral). Didalamnya banyak dikembangkan metode pemeriksaan (*testing*) untuk menilai disfungsi otak ringan dan menetap yang diakibatkan oleh bahan yang bersifat neurotoksik (Hartman, 1995).

Fungsi lain dari *neuropsychological toxicology* adalah untuk menginvestigasi dampak pajanan bahan kimia pada struktur dan fungsi sistem saraf dan implikasinya pada kinerja neuropsikologis dari orang yang terkena. Dalam neuropsikologi, kerusakan otak dinilai dengan mengukur perubahan kognitif, psikomotor dan domain emosi menggunakan pemeriksaan neuropsikologikal diagnostik (Eiselen, 2006).

Untuk mengevaluasi efek klinis pada otak dan sistem saraf akibat pajanan bahaya di suatu tempat kerja dilakukan beberapa evaluasi misalnya menggunakan kuesioner medis dan okupasi (terkait pekerjaan), pemeriksaan darah, pemeriksaan neurobehavioral, dan beberapa pemeriksaan seperti *vibratory perception threshold test* dan *thermal perception threshold test* (Hartman, 1995). Pemeriksaan neurobehavioral adalah sebuah metode invasif yang digunakan untuk mengevaluasi fungsi dari sistem saraf pusat seseorang. Dari berbagai macam jenis pemeriksaan neurobehavioral, beberapa menggunakan kumpulan (set) atau baterai

pemeriksaan untuk mengaitkan dengan pajanan dari bahan kimia beracun yang dapat mempengaruhi beberapa fungsi perilaku (*behavior*) (CDC, 1993).

Menurut Baker et al. (1983), bermacam laporan gangguan neurobehavioral pada populasi kerja, yang digunakan untuk memantau populasi yang terpajan pada neurotoksin. Di Finlandia, pemeriksaan neurobehavioral yang banyak digunakan dikembangkan oleh Hanninen dan Lindstorm untuk mempelajari pajanan zat toksik pada populasi industri. Selain itu terdapat tes lain misalnya yang dilakukan oleh Valciukas dan Lilis yang meliputi *block design*, *digit symbol*, *embedded figure* dan *the Santa Anna test*. Eiselen (2006) menyebutkan bermacam versi pemeriksaan neurobehavioral misalnya seperti standar kumpulan *neuropsychological toxicology* untuk menilai kerusakan otak akibat neurotoksin yang dipublikasikan oleh *World Health Organisation* (WHO) pada tahun 1980an, disebut *Neurobehavioral Evaluation System* (NES). NES ini misalnya meliputi banyak pemeriksaan neurobehavioral terhadap kecepatan dan pengendalian psikomotor, kecepatan perpetual, belajar, perhatian dan afeksi yang terdiri dari pemeriksaan seperti *finger tapping*, *continuous performance*, *associated learning*, *symbol-digit*, *pattern comparison*, *pattern memory*, *visual digit span*, *switch attention*, *associated delayed recognition*, *mood scales* dan *vocabulary*.

Kerusakan otak yang disebabkan oleh pajanan bahan kimia yang bersifat neurotoksik akan mendifusikan (mempengaruhi keseluruhan otak) atau secara bilateral (kerusakan yang sama pada area tertentu pada kedua bagian otak). Bahan kimia yang bersifat neurotoksik akan masuk ke dalam tubuh melalui berbagai rute jalur masuk dan kemudian melintasi halangan otak dan darah serta mempengaruhi fungsi neuron pada area tertentu tergantung dari mekanisme kimiawinya (toksikodinamik) dari zat yang bersifat neurotoksin. Menurut Jacobs (1980) dikutip Eiselen (2006), zat ini juga mempengaruhi fungsi mental dengan merubah metabolisme atau proses sirkulasi. Menurut Stellman et al. (1998), gejala yang muncul pada tahap awal dari pajanan bahan kimia tertentu bisa tidak terlihat karena cadangan sirkuit (*reserve circuitry*) dalam sistem saraf, dan tidak dibarengi dengan gangguan fungsional. Bagaimanapun, pada proses perusakan tersebut tanda-tanda dapat muncul. Pada tahap awal dapat berupa perubahan ringan pada fungsi neuropsikologis, perubahan suasana hati dan konsentrasi, sakit kepala,

pandangan kabur dan perasaan mabuk atau melayang, dengan kumpulan gejala (sindrom) yang berlanjut dan tidak bisa kembali (Eiselen, 2006).

Baker dan Seppalainen (1987), membagi kedalam 4 (empat) jenis efek neurobehavioral akibat pajanan pelarut organik untuk memfasilitasi rekognisi klinis dan kategorisasi penyakit ini seperti dibawah:

**Tipe 1 – Hanya gejala.** Penderita hanya mengeluhkan gejala yang tidak spesifik seperti mudah lelah, penurunan ingatan, kesulitan konsentrasi, dan hilangnya inisiatif. Gejala ini bersifat reversible jika pajanan tidak berlanjut, dan tidak ada bukti objektif terjadinya disfungsi neuropsikiatri.

**Tipe 2A – Perubahan kepribadian atau perasaan yang menetap.** Didapatkan tanda dan perubahan yang menetap pada kepribadian yang melibatkan kelelahan, labilitas emosional, pengendalian impulse dan motivasi serta perasaan secara umum.

**Tipe 2B – Penurunan fungsi intelektual.** Terdapat kesulitan berkonsentrasi, penurunan ingatan dan kemampuan belajar. Gejala ini dibarengi dengan penurunan bukti-bukti objektif. Kemungkinan juga muncul gejala minor secara neurologis. Kemungkinan dapat sembuh untuk tipe ini masih dipertanyakan.

**Tipe 3 – Dementia.** Pada kondisi ini, penurunan secara besar dapat ditandai lewat intelegensia dan ingatan yang sering bersamaan dengan gejala neurologis dan atau temuan neuroradiologis. Kondisi ini, sebaiknya, tidak dapat kembali, tetapi secara umum non-progresif, ketika pajanan berkurang.

Tipe 1 dan 2 dinyatakan sebagai akibat dari pajanan pelarut organik di tempat kerja dan tipe 3 merupakan akibat pajanan tingkat tinggi secara berulang atau 'sniffing' yang disengaja. Hal ini juga terkait dengan perbedaan tipe pajanan (pajanan rendah dan menetap serta pajanan tinggi dan intermiten).

Dalam beberapa penelitian diperoleh hasil bahwa seseorang yang mempunyai riwayat pajanan *xylene* tingkat tinggi di tempat kerja memiliki risiko gangguan neurobehavioral. Gejalanya dapat berupa intoksikasi, *fatigue*, *poor endurance*, sakit kepala, mual (*nausea*), pusing (*dizziness*), tremor, gangguan

keseimbangan sampai depresi ringan (Spurgeon, 1994).

Efek utama jika menghirup uap *xylene* adalah depresi sistem saraf pusat, dengan gejala seperti sakit kepala, pusing, mual dan muntah. Menurut *Canadian Centre for Occupational Health and Safety*, para sukarelawan masih memiliki tingkat toleransi sampai 100 ppm, bertambah berat dengan konsentrasi lebih tinggi. Iritasi hidung dan tenggorokan dapat terjadi pada perkiraan sekitar 200 ppm setelah 3 sampai 5 menit. Paparan sekitar 700 ppm dapat menyebabkan mual dan muntah. Konsentrasi yang sangat tinggi (sekitar 10.000 ppm) dapat menyebabkan inkoordinasi, kehilangan kesadaran, kegagalan nafas dan kematian. Pada beberapa kasus, muncul potensi fatal terjadinya akumulasi cairan di paru-paru (*pulmonary edema*) dengan gejala nafas pendek dan kesulitan bernafas, yang mungkin muncul beberapa jam setelah paparan. Bagaimanapun efek seperti ini jarang ditemukan karena *xylene* bersifat iritan dan dapat diidentifikasi melalui bau ada konsentrasi rendah. Laporan yang menyebutkan efek kematian akibat paparan *xylene* terjadi di *confined space*. Hasil dari penelitian singkat pada sukarelawan mengindikasikan *xylene* dapat menyebabkan efek neurobehavioral seperti menurunnya memori jangka pendek dan waktu reaksi (300 ppm dengan latihan), dan perubahan keseimbangan tubuh (65-400 ppm *m-xylene*).

Proses evaluasi secara klinis pada penderita yang diduga mengalami efek paparan pelarut organik dalam waktu lama biasanya melibatkan faktor penilaian medis sebagai kelanjutan dari prosedur penapisan awal misalnya menggunakan kuesioner survei. Beberapa langkah yang dikemukakan Baker dan Seppalainen untuk kumpulan pemeriksaan neurologis untuk menentukan gangguan neurologis misalnya:

- Pemeriksaan fisik dengan penekanan pada status jantung
- Pemeriksaan neurologis termasuk: saraf kranial, koordinasi, sensasi, kekuatan, kecepatan, refleks tendon
- EKG
- EEG
- CT scan dengan kontras
- *Quantitative Sensory Testing*
- Pemeriksaan darah: CBC, gambaran ginjal/ hati, *free T<sub>4</sub>*, B12 dan folat

### 2.12.1 The German Q18 Questionnaire

Di Jerman penyakit akibat pajanan kronik pelarut yang terkait dengan bahan kimia neurotoksik dimasukkan dalam daftar penyakit akibat kerja sejak 1997. Karena banyak keluhan subyektif yang mengindikasikan pada penyakit ini, rekognisi awal sangat penting, khususnya di tempat kerja dengan pajanan bahan kimia neurotoksik, sensitif, spesifik dan peralatan penapisan praktis sangat dibutuhkan. Menurut Ihrig et al. (2001), *the Swedish Q16 questionnaire* (kuesioner Q16 versi Swedia) adalah kuesioner penapisan (*screening*) untuk gejala neurotoksik akibat pajanan pelarut yang dikembangkan oleh Hogstedt et al dari Swedia. Kuesioner ini sudah digunakan pada banyak penelitian dengan hasil berbeda. Ihrig et. al. (2001) melakukan penelitian untuk menilai sensitivitas dan spesifitas dari kuesioner modifikasi Q18 versi Jerman (*the German Q18 questionnaire*) dengan 18 pertanyaan sebagai alat penapisan. Pertanyaan-pertanyaan yang terdapat pada kuesioner ini merujuk pada gangguan kognitif—misalnya ingatan (memori) dan konsentrasi dan suasana hati (*mood*). Meskipun kuesioner Q16 versi Swedia memiliki pertanyaan berbeda, tetapi kedua kuesioner ini memiliki 13 pertanyaan yang sama. Dari studi literatur diketahui 21 penelitian yang relevan menggunakan kuesioner Q16 versi Swedia secara estimasi keseluruhan sensitivitas untuk mengidentifikasi efek yang diakibatkan pajanan pelarut sebesar 71%, angka ini secara umum sama dengan hasil utama yang didapat dengan menggunakan kuesioner Q18 versi Jerman sebagai alat penapisan gejala neurotoksik pada pekerja yang terpajan pelarut (Ihrig, et. al., 2001)

**Tabel 2.5**  
**Daftar Pertanyaan Kuesioner Q18 Versi Jerman**

No	Pertanyaan	Ya (2)	Tidak (1)
1.	Apakah Anda merasa pelupa pada hal yang baru saja terjadi?	2	1
2.	Apakah ada keluarga Anda yang mengatakan Anda sering lupa pada hal yang baru saja terjadi?	2	1
3.	Apakah Anda sering harus mencatat tentang hal-hal yang tidak boleh Anda lupakan?	2	1
4.	Apakah Anda secara umum menemukan kesulitan mengerti isi surat kabar dan buku?	2	1
5.	Apakah Anda sulit berkonsentrasi?	2	1

6.	Apakah Anda sering merasa mudah marah/ emosi tanpa sebab yang jelas?	2	1
7.	Apakah Anda sering merasa sedih/ depresi tanpa alasan yang jelas?	2	1
8.	Apakah Anda sering merasa lelah berlebihan diluar kebiasaan?	2	1
9.	Pernahkah Anda merasakan jantung berdebar tanpa adanya tekanan/ melakukan apapun?	2	1
10.	Apakah Anda sering merasa sakit/ sesak seperti ditekan di dada?	2	1
11.	Apakah Anda berkeringat tanpa sebab yang jelas?	2	1
12.	Apakah Anda sering mengalami sakit kepala sekali dalam seminggu atau lebih?	2	1
13.	Apakah keinginan seksualitas Anda berkurang daripada biasanya?	2	1
14.	Apakah Anda sering merasa tidak sehat?	2	1
15.	Apakah ada rasa kebal/ baal pada tangan/ kaki Anda?	2	1
16.	Apakah ada rasa lemas/ lemah pada lengan/ tungkai kaki Anda?	2	1
17.	Apakah tangan Anda bergetar ( <i>tremor</i> )?	2	1
18.	Apakah Anda tidak terbiasa dengan minuman beralkohol?	2	1

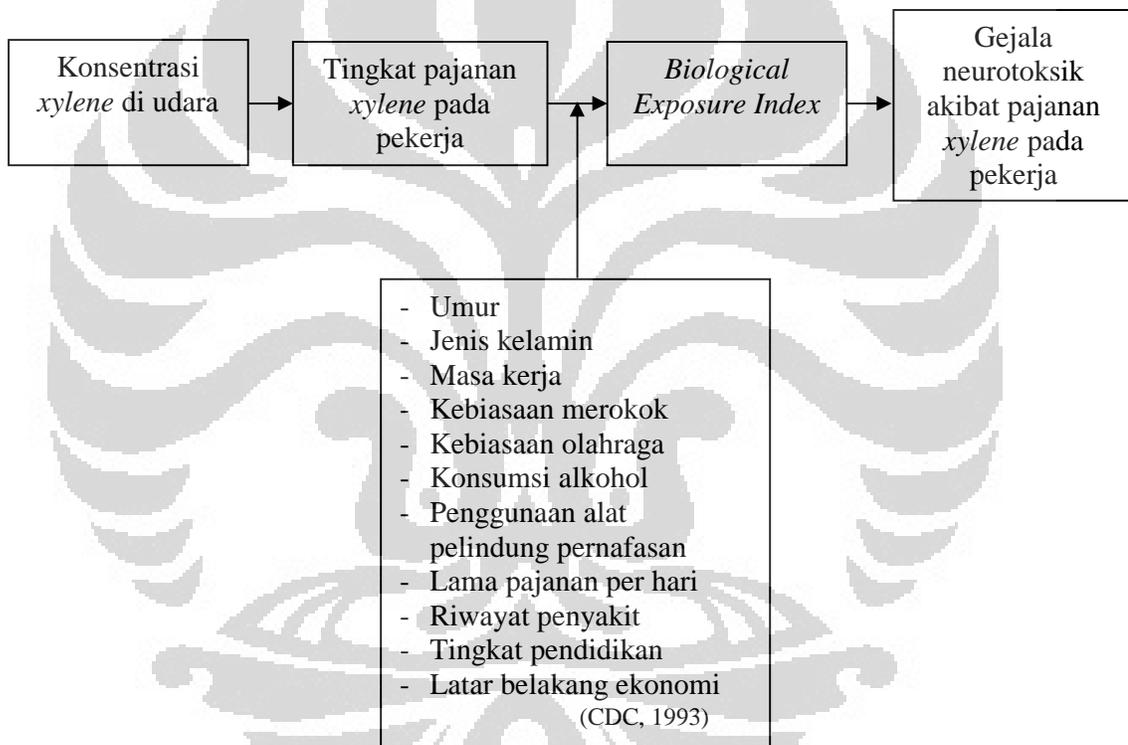
Sumber: Ihrig et. al (2001)

Pajanan kronik dari pelarut yang diasosiasikan dengan keluhan tambahan dapat dievaluasi dengan kuesioner Q18 versi Jerman. Keluhan ini khususnya mengacu pada keluhan kognitif – misalnya memori dan konsentrasi serta suasana hati (*mood*). Dalam penelitiannya Ihrig et al. (2001), menyimpulkan bahwa kuesioner Q18 versi Jerman adalah kuesioner penapisan yang sensitif dan reliabel untuk keluhan yang terkait pajanan pelarut, tetapi tidak cukup reliabel untuk diagnosis individual. Peneliti ini juga membedakan *cut off point* kuesioner ini berdasarkan jenis kelamin baik untuk pria maupun wanita. Untuk laki-laki direkomendasikan *cut off point* pada lima atau lebih keluhan pada kuesioner Q18 versi Jerman, sedangkan untuk wanita, direkomendasikan *cut off point* pada enam atau lebih keluhan sebagai titik awal untuk evaluasi lanjutan (Ihrig, et al., 2001).

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

#### 3.1 Kerangka Teori

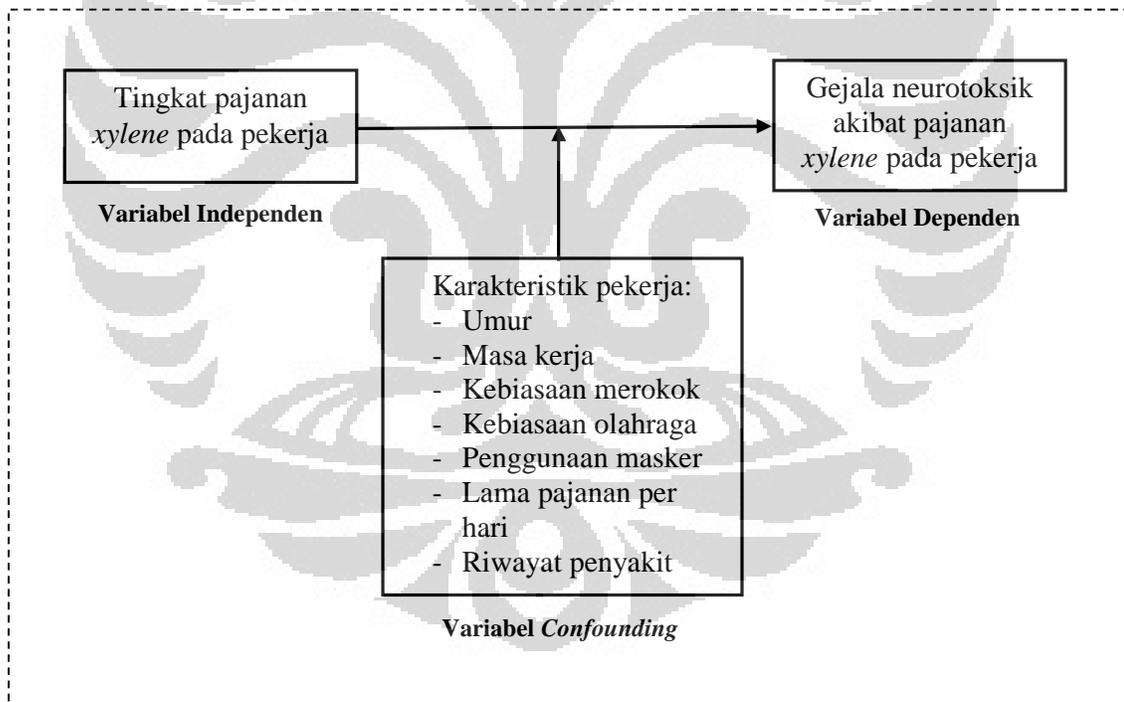
Dari berbagai teori dalam penelitian ini yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan penelitian, dibawah ini adalah faktor-faktor yang diperkirakan dapat menyebabkan risiko munculnya keluhan dan gejala akibat pajanan *xylene* berupa gejala neurotoksik seperti dibawah ini:



**Gambar 3.1**  
**Kerangka Teori Penelitian Gejala Neurotoksik Akibat Pajanan *Xylene* Pada Pekerja Pembuatan Cat PT. X Tahun 2012**

### 3.2 Kerangka Konsep

Dari berbagai teori yang dikemukakan dalam tinjauan pustaka mengenai gejala neurotoksik yang terkait dengan pajanan *xylene* di tempat kerja, maka perlu dilakukan identifikasi faktor-faktor yang mungkin menimbulkan gangguan kesehatan di tempat kerja dengan melakukan penapisan menggunakan kuesioner. Variabel yang diteliti adalah tingkat pajanan *xylene* pada pekerja dan karakteristik pekerja seperti usia, masa kerja, lama pajanan, kebiasaan merokok, kebiasaan berolahraga, lama pajanan seminggu, dan riwayat penyakit. Sedangkan variabel dependen yang diteliti adalah gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja dengan perumusan kerangka konsep yang menjadi acuan untuk melakukan penelitian seperti dibawah ini:



**Gambar 3.2**  
**Kerangka Konsep Penelitian Gejala Neurotoksik Akibat Pajanan *Xylene* Pada Pekerja Pembuatan Cat PT. X Tahun 2012**

### 3.3 Definisi Operasional

Definisi operasional yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

#### 3.3.1 Definisi Operasional Variabel Dependen

<b>Variabel:</b>	<b>Gejala neurotoksik akibat pajanan <i>xylene</i> pada pekerja</b>
Definisi Operasional:	18 gejala neurotoksik yang dirasakan responden berdasar kuesioner Q18 versi Jerman
Cara dan alat ukur:	Wawancara dan kuesioner
Hasil Ukur:	Ada gejala Tidak ada gejala
Skala Ukur:	Ordinal

#### 3.3.2 Definisi Operasional Variabel Independen

<b>Variabel:</b>	<b>Tingkat pajanan pelarut organik <i>xylene</i></b>
Definisi Operasional:	Jumlah besarnya uap pelarut organik yang terhirup dalam aktivitas proses kerja pembuatan cat oleh responden selama 8 jam kerja
Cara dan alat ukur:	Sampling menggunakan alat personal sampler
Hasil Ukur:	nilai ambang batas < nilai ambang batas
Skala Ukur:	Ordinal

#### 3.3.3 Definisi Operasional Variabel Pendukung

##### 3.3.3.1 Variabel: Umur

Definisi Operasional:	Usia responden (dalam tahun) saat dilaksanakan penelitian
Cara dan alat ukur:	Wawancara dan kuesioner
Hasil Ukur:	Usia dalam tahun
Skala Ukur:	Rasio

**3.3.3.2 Variabel: Kebiasaan berolahraga**

Definisi Operasional: Kebiasaan olahraga yang dilakukan responden yang terdiri dari frekuensi dan durasi olahraga

Cara dan alat ukur: Wawancara dan kuesioner

Hasil Ukur: Baik

Kurang

Skala Ukur: Ordinal

**3.3.3.3 Variabel: Kebiasaan merokok**

Definisi Operasional: Kebiasaan merokok yang dilakukan responden yang terdiri dari status merokok dan jumlah rokok yang dihisap

Cara dan alat ukur: Wawancara dan kuesioner

Hasil Ukur: Bukan perokok

Perokok

Skala Ukur: Ordinal

**3.3.3.4 Variabel: Masa kerja**

Definisi Operasional: Lamanya responden telah bekerja (dalam tahun dan bulan) pada pabrik pembuatan cat. Masa kerja kurang dari > 6 bulan dibulatkan keatas, jika 6 bulan dibulatkan ke bawah.

Cara dan alat ukur: Wawancara dan kuesioner

Hasil Ukur: 10 tahun

<10 tahun

Skala Ukur: Ordinal

**3.3.3.5 Variabel: Lama pajanan per minggu**

Definisi Operasional: Lamanya responden terpajan *xylene* dalam pekerjaan yang dilakukannya sehari-hari (dalam jam

dan menit) yang dilakukan responden selama satu minggu.

Cara dan alat ukur: Wawancara  
 Hasil Ukur: 40 jam  
 <40 jam  
 Skala Ukur: Ordinal

**3.3.3.6 Variabel: Penggunaan Alat Pelindung Pernafasan**

Definisi Operasional: Praktek penggunaan alat pelindung pernafasan oleh responden saat bekerja

Cara dan alat ukur: Observasi secara random dan kuesioner  
 Hasil Ukur: Selalu menggunakan  
 Tidak menggunakan  
 Skala Ukur: Ordinal

**3.3.3.7 Variabel: Riwayat penyakit**

Definisi Operasional: Riwayat penyakit yang mungkin berkontribusi terhadap risiko gejala neurotoksik pada pekerja

Cara dan alat ukur: Wawancara dengan kuesioner  
 Hasil Ukur: Ada  
 Tidak ada  
 Skala Ukur: Ordinal

## **BAB IV METODOLOGI PENELITIAN**

### **4.1 Desain Penelitian**

Desain penelitian ini adalah penelitian epidemiologi analitik observasional dengan pendekatan *cross sectional*. Dipilih desain ini dengan tambahan data awal gejala awal neurotoksik dari survei awal.

Dengan desain ini baik variabel independen maupun variabel dependen diobservasi sekaligus pada suatu saat yang sama. Inti dari pendekatan *cross sectional* adalah penggolongan orang-orang secara serentak baik menurut pemaparan maupun menurut penyakit.

### **4.2 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan pada pabrik pembuatan cat PT. X yang terdapat di Bekasi Jawa Barat pada bulan Maret – Juni 2012.

### **4.3 Populasi Target dan Populasi Penelitian**

#### **4.3.1 Populasi Target**

Populasi dalam penelitian ini adalah pekerja pembuatan cat di pabrik cat PT. X. Definisi dari pekerja pengecatan mobil ini adalah orang yang bekerja pada di pabrik pembuatan cat sebanyak 150 orang.

#### **4.3.2 Populasi Penelitian**

Karena dari populasi keseluruhan jumlah karyawan yang terpajan dengan pelarut organik jenis *xylene* dalam pekerjaan sehari-harinya terdapat di 4 (empat) departemen (*Production, Laboratory, Warehouse* dan *Distribution*) sebanyak 45 orang, maka semua responden ini dimasukkan menjadi populasi penelitian.

### **4.4 Metode Pengumpulan Data**

Pengumpulan data gejala neurotoksik pada pekerja yang terpajan *xylene* dilakukan di pabrik yang memproduksi cat berbahan dasar pelarut (*xylene*) dilakukan dengan menggunakan kuesioner. Sedangkan tingkat pajanan *xylene*

yang dihirup oleh pekerja dianalisis setelah dilakukan sampling menggunakan metode *personal sampler* dan dianalisis oleh laboratorium yang terakreditasi KAN. Sampel urin dikumpulkan dengan representatif 1 (satu) buah sampel untuk kelompok area pekerjaan yang homogen untuk dianalisa kandungan *methylhippuric acid*.

Data karakteristik pekerja (yang meliputi gejala neurotoksik, umur, kebiasaan olah raga, dan kebiasaan merokok) dan karakteristik pekerjaan (yang meliputi masa kerja, lama pajanan per minggu, penggunaan alat pelindung pernafasan dan riwayat penyakit) dikumpulkan melalui wawancara dan observasi dengan instrumen kuesioner dan data sekunder dari hasil pemeriksaan kesehatan.

#### **4.4.1 Instrumen Penelitian**

4.4.1.1 Kuesioner dan wawancara, untuk mengukur variabel gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* yang terkait dengan umur, masa kerja, kebiasaan olah raga, kebiasaan merokok, lama pajanan per minggu, dan penggunaan alat pelindung pernafasan.

4.4.1.2 Hasil pengukuran personal terhadap pajanan pelarut organik khususnya *xylene* dan hasil pemeriksaan kesehatan untuk mengetahui riwayat penyakit

4.4.1.3 Observasi di lapangan untuk memeriksa secara acak pemakaian alat pelindung pernafasan oleh pekerja saat bekerja

#### **4.5 Manajemen Data**

Pengolahan data kuesioner dilakukan dengan cara beberapa tahapan yaitu *editing* untuk meneliti kembali setiap data yang dilihat sebagai kelengkapan jawaban kemudian dilakukan *coding* yang merupakan pemberian kode untuk masing-masing variabel yang diteliti baik variabel independen maupun variabel dependen. Tahap selanjutnya adalah membuat struktur data dan file data yang akan diproses kemudian *entry* data yaitu memasukkan data yang didapat ke dalam file data dengan menggunakan program statistik komputer. Tahap terakhir adalah *cleaning* yaitu data yang telah dimasukkan ke dalam komputer diperiksa

kebenaran yang dilihat dari data yang salah.

#### 4.6 Analisis Data

Analisis univariat dilakukan untuk mendapatkan gambaran angka kejadian gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat yang dianalisa menggunakan tabel distribusi frekuensi termasuk variabel independen dan dependen.

Analisis bivariat menggunakan uji *chi-square* untuk *confounding* (masa kerja, kebiasaan merokok, kebiasaan berolahraga, penggunaan alat pelindung pernafasan, lama pajanan per minggu dan riwayat penyakit yang berkontribusi) dengan variabel dependen (gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* yang dirasakan pekerja) yang masing-masing bersifat kategorik. Tujuan uji statistik ini adalah untuk melihat hubungan antara variabel independen dengan dependen dalam sekali pengamatan tanpa melihat hubungan sebab akibat. Sehingga hubungan yang ada pada penelitian ini hanya menunjukkan perbedaan saja bukan bersifat kausalistik.

Untuk variabel yang bersifat numerik yaitu umur dan tingkat pajanan *xylene* pada pekerja dilakukan uji korelasi untuk mengetahui besar dan arah hubungan variabel tingkat pajanan *xylene* pada pekerja dan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* yang dialami pekerja digunakan, serta digunakan uji regresi linier untuk memprediksi variabel gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja.

## BAB V HASIL PENELITIAN

### 5.1 Gambaran Kegiatan Pembuatan Cat

Pelarut adalah suatu cairan yang mengandung satu atau lebih komponen yang dapat melarutkan binder tanpa reaksi kimia. Sebagian besar bahan kimia dalam cat atau *coatings* mengandung pelarut, yaitu senyawa yang mudah menguap yang digunakan untuk mengatur viskositas (kekentalan) cat. Produk cat pada saat diaplikasikan diatas permukaan substrat harus memiliki viskositas tertentu sehingga akan memudahkan proses aplikasi, Kekentalan yang terlalu tinggi akan menyebabkan cat susah diaplikasikan, sedangkan apabila terlalu encer akan menyebabkan sifat fisik dan warna yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan

Pelarut selain berfungsi mengatur kekentalan dari suatu cat juga berfungsi untuk mengatur sifat aliran (*flow properties*) dari cat sehingga akan memudahkan proses aplikasi dan mendapatkan hasil yang optimal. Selain itu, pelarut juga berpengaruh pada lama waktu pengeringan substrat setelah aplikasi. Jenis pelarut yang sering dipakai di industri ini adalah hidrokarbon aromatik, *xylene* dan alkohol.

Proses pembuatan cat (*paint* dan *coatings*) secara umum melalui beberapa tahapan proses yaitu:

1. Tahap formulasi bahan-baku
2. Tahap penimbangan bahan-bahan (*pre-batching*)
3. Tahap pencampuran (*mixing*)
4. Tahap *milling*
5. Tahap pengadukan bahan-bahan (*blending*)
6. Tahap penyesuaian warna (*color matching*)
7. Pengisian dan pengepakan
8. Tahap aplikasi produk.

Tahap formulasi merupakan tahap dasar pembuatan cat dimana di dalamnya ditentukan kuantitas bahan-bahan penyusun cat tersebut untuk

mendapatkan spesifikasi produk yang diinginkan. Metode formulasi biasanya terbagi menjadi dua macam yaitu formulasi untuk produksi langsung dari bahan-baku mentahnya (*production from scratch*) dan formulasi untuk produksi melalui pembuatan *stainer/ intermediate* terlebih dahulu (*mixed production*). Penyusun dasar suatu cat adalah resin, *solvent*, *pigment* dan *additive*.

Pada tahap formulasi ini, sistem *resin-crosslinker-solvent* yang akan digunakan ditentukan tergantung pada jenis substrat yang dipakai, dan keinginan konsumen. Kuantitas dan kualitas pada saat formulasi murni ditentukan berdasarkan sifat fisik dan sifat optik yang diinginkan konsumen.

Spesifikasi sifat fisik dan optik biasanya ditentukan dengan nilai minimal tertentu, yang berbeda antara satu konsumen dengan konsumen yang lainnya tergantung pada tujuan penggunaan dan tempat dimana cat diaplikasikan.

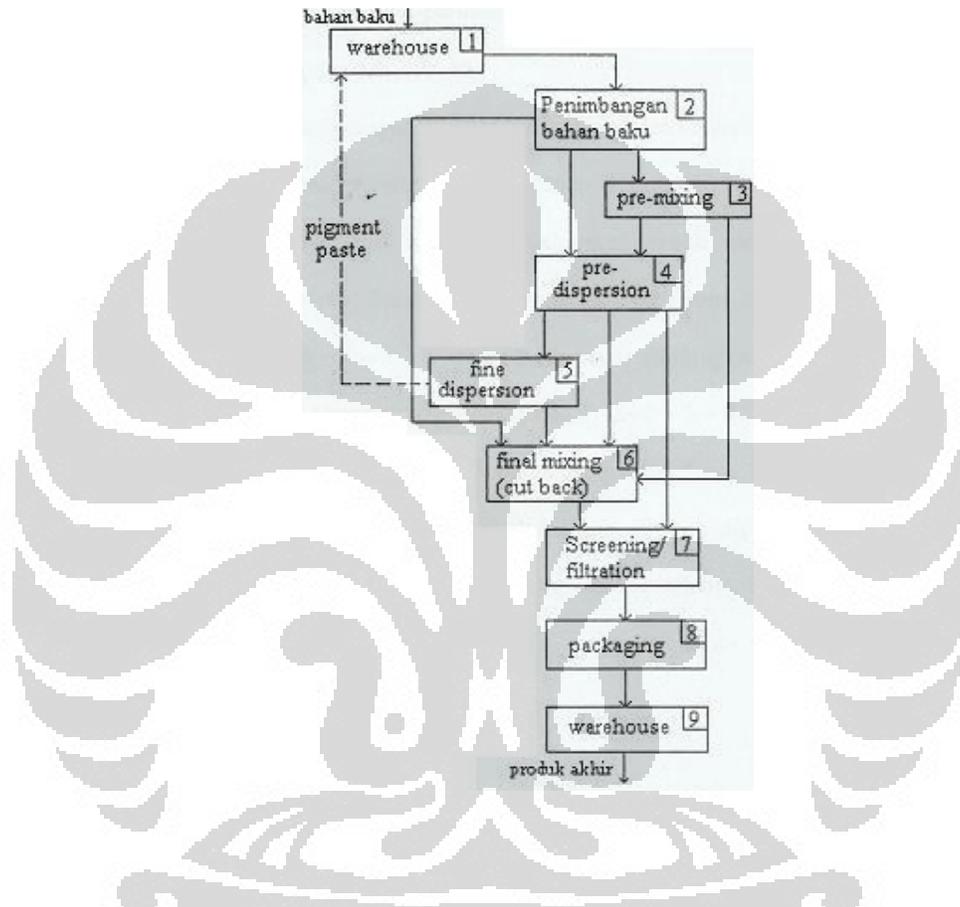
Pada tahap *pre-batching*, dilakukan penimbangan semua bahan baku untuk pembuatan cat. Proses penimbangan dilakukan dengan memakai *digital weighing*. Pada saat penuangan, bahan baku berupa resin dan *solvent* harus dituangkan terlebih dahulu sebelum *pigment* dan *additive*. Proses selanjutnya adalah pencampuran (*mixing*) dengan menggunakan alat *high speed disperser*. Kecepatan putaran dan lama waktu pencampuran dalam mesin tersebut tergantung dari bahan-bahan yang diproses.

Cat yang dihasilkan dari proses pencampuran (*mixing*) terkadang memiliki ukuran partikel yang tidak sesuai dengan permintaan konsumen atau dengan standar spesifikasi perusahaan. Meskipun ukuran partikel semua bahan baku sudah sesuai dengan standar spesifikasi, bisa saja ukuran partikel cat melebihi nilai standar dikarenakan adanya proses penggumpalan (*aglomerasi*) atau terjadinya reaksi antara *solvent* atau resin dengan katalis tertentu yang reaktif.

Untuk mengantisipasi hal tersebut, dilakukan proses *milling*. Proses *milling* bertujuan untuk membuat campuran menjadi homogen dengan spesifikasi ukuran partikel tertentu. Proses *milling* dilakukan pada saat pembuatan *base paint*. *Base paint* adalah campuran resin, *solvent*, dan *pigment* dengan warna tertentu yang distandarkan yang kemudian dijadikan sebagai bahan baku produksi cat.

Secara global jumlah tahap pada produksi cat tidak bisa ditentukan secara baku. Namun secara umum proses produksi cat dapat digambarkan pada gambar berikut:

**Gambar 5.1**  
**Diagram Alir Umum Proses Pembuatan Cat**



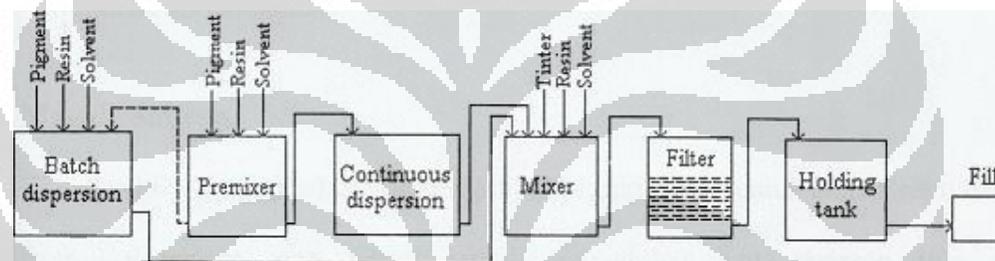
Keterangan gambar:

1. Bahan baku disimpan di gudang
2. Bahan baku ditimbang sesuai formulasi untuk *batch* tertentu
3. *Pre-mixing* untuk homogenisasi partikel-partikel kasar
4. *Pre-dispersion* di mesin *bead mill/ high speed disperser*
5. Proses pendispersian utama di mesin *high speed disperser*
6. Pengadukan, tes kualitas, dan *adjustment*
7. Penyaringan partikel-partikel kasar
8. Pengisian dan pengepakan
9. Produk cat disimpan digudang atau dikirim ke konsumen

Tahapan diatas dari proses 1 sampai 9 semuanya dilakukan pada saat pembuatan cat jenis *top coat*. Sedangkan untuk cat yang anti-korosif, *undercoat*, primer, dan cat emulsi, tahapan yang dilakukan adalah 1—2—3—4—6—7—8—9, tahap 5 (dispersi) dihilangkan. Begitu pula untuk *clear-coatings* tahapan yang dipakai adalah 1—2—3—6—7—8—9 atau 1—2—6—7—8—9 dengan menghilangkan tahap 4 dan 5.

Untuk produksi cat skala kecil, proses yang dipilih biasanya adalah proses *batch* dan melalui proses yang agak sederhana. Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut:

**Gambar 5.2**  
**Diagram Alir Tahap Pembuatan Cat**



Proses yang dilakukan pada *batch* skala kecil adalah langsung ke tahap dispersi dengan mesin *high speed disperser*. Proses penyesuaian (*adjustment*) dilakukan dengan cara menambahkan bahan baku pada saat proses *mixing* setelah pendispersian.

Setelah semua spesifikasi cat yang diinginkan terpenuhi maka cat kemudian disaring (*filter*). Proses ini dilakukan untuk menghilangkan pengotor dan partikel-partikel besar dalam cat. Cat kemudian diisi ke dalam kemasan tertentu setelah dilakukan pengecekan kebersihannya (*cleanliness*), kemudian dikirim ke konsumen

## 5.2 Analisis Univariat

Hasil penelitian disajikan dalam bentuk narasi, tabel dan grafik berupa jumlah dan persentase berdasarkan hasil analisis univariat dan bivariat yang

dilakukan pada variabel-variabel penelitian. Hasil penelitian dijabarkan berupa tingkat pajanan *xylene* pada responden penelitian, gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* yang dirasakan pekerja dari hasil kuesioner Q18 versi Jerman, dan distribusi karakteristik pekerja seperti umur, masa kerja, kebiasaan merokok, kebiasaan berolahraga, lama pajanan per minggu dan riwayat penyakit.

### 5.2.1 Tingkat Pajanan *Xylene* pada Pekerja

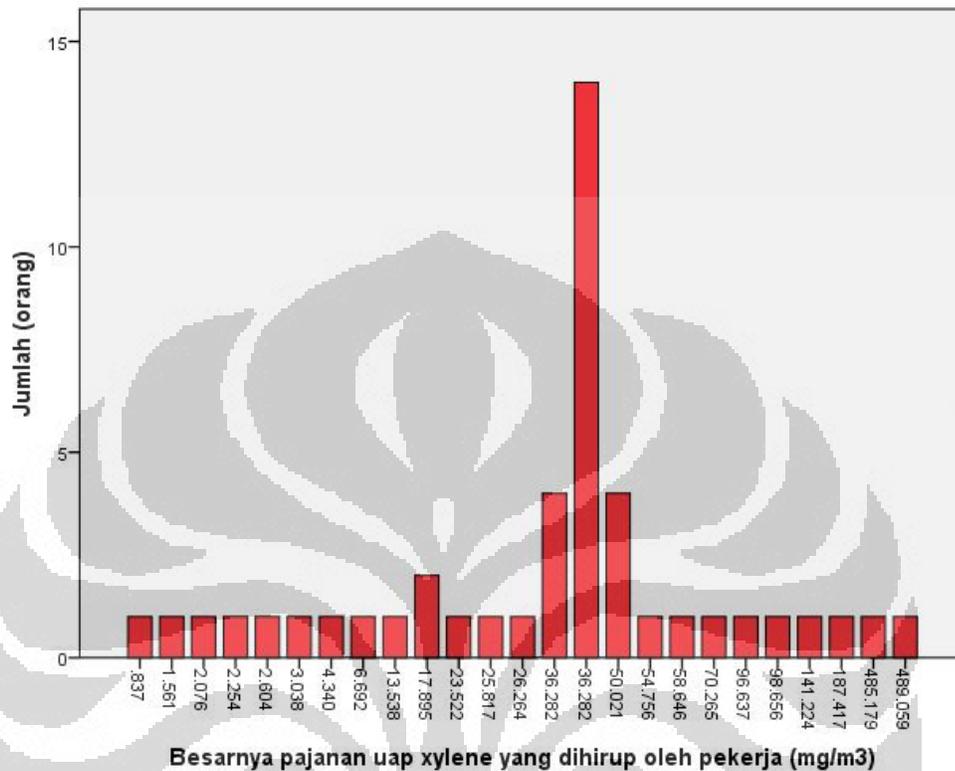
Dari hasil penelitian diketahui tingkat pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat di PT. X umumnya berada dibawah nilai ambang batas (NAB =  $434\text{mg}/\text{m}^3$  atau 100 ppm (ACGIH, 2011)) yaitu sebanyak 43 orang responden (95.6%) dan hanya sebanyak 2 orang responden (4.4%) memiliki tingkat pajanan diatas NAB.

**Tabel 5.1**  
**Distribusi Tingkat Pajanan *Xylene* pada Pekerja**

<b>Tingkat Pajanan (NAB = <math>434\text{mg}/\text{m}^3</math> atau 100 ppm)</b>		<b>%</b>
< NAB	43	95.6
NAB	2	4.4
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>100.0</b>

Tingkat pajanan *xylene* paling rendah diketahui sebesar  $0.0837\text{ mg}/\text{m}^3$  dan paling tinggi sebesar  $489.059\text{ mg}/\text{m}^3$  dan nilai rata-rata tingkat pajanan *xylene* pada pekerja sebesar  $59.629\text{ mg}/\text{m}^3$ . Sedangkan gambaran variasi tingkat pajanan *xylene* pada pekerja adalah seperti grafik dibawah ini:

**Gambar 5.3**  
**Distribusi Tingkat Paparan *Xylene* Pada Pekerja**



### 5.2.2 Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene*

Dari hasil penelitian diketahui hasil kuesioner Q18 versi Jerman untuk mengetahui efek paparan *xylene* terhadap kejadian gejala neurotoksik pada pekerja pembuatan cat PT. X diketahui masing-masing sebanyak 8 orang responden (17.8%) memberikan jawaban 'ya' dan 37 orang responden (82.2%) memberikan jawaban 'tidak' pada pertanyaan yang terkait dengan lupa pada hal yang baru saja terjadi, apakah ada keluarga yang mengatakan responden sering lupa pada hal yang baru saja terjadi, sulit konsentrasi, sering merasa lelah diluar kebiasaan, dan merasakan jantung berdebar tanpa ada tekanan/ melakukan apapun.

Sebanyak 15 orang responden (33.3%) memberikan jawaban 'ya' dan 30 orang responden (66.7%) memberikan jawaban 'tidak' pada pertanyaan apakah sering harus mencatat tentang hal-hal yang tidak boleh dilupakan. Kemudian untuk pertanyaan sering merasa mudah marah/ emosi tanpa sebab yang jelas,

sebanyak 11 orang responden (11.4%) menjawab 'ya' dan sebanyak 34 orang responden (75.6%) menjawab dengan 'tidak'.

Dari hasil penelitian juga diketahui sebanyak 13 orang responden (28.9%) menjawab 'ya' dan sebanyak 32 orang responden (71.1%) menjawab 'tidak' untuk pertanyaan terkait seringnya merasakan sesak di dada. Sebanyak 9 orang responden (20%) menjawab 'ya' dan sebanyak 36 orang responden (80%) menjawab 'tidak' untuk pertanyaan terkait seringnya mengalami sakit kepala sekali dalam seminggu atau lebih.

Kemudian dari hasil penelitian diketahui pula sebanyak 10 orang responden (22.2%) menjawab 'ya' dan sebanyak 35 orang responden (77.8%) menjawab 'tidak' untuk pertanyaan terkait seringnya merasa tidak sehat. Sebanyak 16 orang responden (35.6%) menjawab 'ya' dan sebanyak 29 orang responden (64.4%) menjawab 'tidak' untuk pertanyaan terkait adanya rasa kebal/baal pada tangan/ kaki. Dan sebanyak 12 orang responden (26.7%) menjawab 'ya' dan sebanyak 33 orang responden (73.3%) menjawab 'tidak' untuk pertanyaan terkait terbiasa atau tidak dengan minuman beralkohol. Hasil lengkap dari setiap pertanyaan kuesioner Q18 versi Jerman yang dijawab responden seperti pada tabel berikut:

**Tabel 5.2**  
**Distribusi Hasil Kuesioner Q18 Versi Jerman**

No	Pertanyaan	Jawaban				TOTAL	
		Ya		Tidak			%
			%		%		
1.	Apakah Anda merasa pelupa pada hal yang baru saja terjadi?	8	17.8	37	82.2	45	100
2.	Apakah ada keluarga Anda yang mengatakan Anda sering lupa pada hal yang baru saja terjadi?	8	17.8	37	82.2	45	100
3.	Apakah Anda sering harus mencatat tentang hal-hal yang tidak boleh Anda lupakan?	15	33.3	30	66.7	45	100
4.	Apakah Anda secara umum menemukan kesulitan mengerti isi surat kabar dan buku?	2	4.4	43	95.6	45	100

5.	Apakah Anda sulit berkonsentrasi?	8	17.8	37	82.2	45	100
6.	Apakah Anda sering merasa mudah marah/emosi tanpa sebab yang jelas?	11	24.4	34	75.6	45	100
7.	Apakah Anda sering merasa sedih/ depresi tanpa alasan yang jelas?	1	2.2	44	97.8	45	100
8.	Apakah Anda sering merasa lelah berlebihan diluar kebiasaan?	8	17.8	37	82.2	45	100
9.	Pernahkah Anda merasakan jantung berdebar tanpa adanya tekanan/ melakukan apapun?	8	17.8	37	82.2	45	100
10.	Apakah Anda sering merasa sesak di dada?	13	28.9	32	71.1	45	100
11.	Apakah Anda berkeringat tanpa sebab yang jelas?	5	11.1	40	88.9	45	100
12.	Apakah Anda sering mengalami sakit kepala sekali dalam seminggu atau lebih?	9	20.0	36	80.0	45	100
13.	Apakah keinginan seksualitas Anda berkurang daripada biasanya?	2	95.6	27	4.4	45	100
14.	Apakah Anda sering merasa tidak sehat?	10	22.2	35	77.8	45	100
15.	Apakah ada rasa kebal/ baal pada tangan/ kaki Anda?	16	35.6	29	64.4	45	100
16.	Apakah ada rasa lemas/ lemah pada lengan/ tungkai kaki Anda?	5	11.1	40	88.9	45	100
17.	Apakah tangan Anda bergetar ( <i>tremor</i> )?	0	0	45	100	45	100
18.	Apakah Anda tidak terbiasa dengan minuman beralkohol?	12	26.7	33	73.3	45	100

Dari penelitian juga diketahui sebanyak 11 orang responden (24.4%) menjawab 'tidak' pada semua pertanyaan kuesioner Q18 versi Jerman. Gambaran distribusi masing-masing responden yang menjawab pertanyaan 'ya' atau positif dalam kuesioner Q18 versi Jerman. Masing-masing sebanyak 1 orang responden (2.2%) menjawab 'ya' pada sejumlah 6, 7 dan 12 pertanyaan dalam kuesioner Q18 versi Jerman. Gambaran distribusi jumlah jawaban 'ya' atau positif dalam

kuesioner Q18 versi Jerman per responden adalah seperti tabel dibawah ini:

**Tabel 5.3**  
**Distribusi Jawaban 'Ya' Pada Kuesioner Q18 versi Jerman per responden**

Jumlah jawaban 'ya' atau positif	Responden	
		%
0	11	24.4
1	7	15.6
2	6	13.3
3	5	11.1
4	2	4.4
5	6	13.3
6	1	2.2
7	1	2.2
8	3	6.7
10	2	4.4
12	1	2.2
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

Dari penelitian Ihrig et al. (2001), menentukan *cut off point* kuesioner ini berdasarkan jenis kelamin untuk laki-laki direkomendasikan *cut off point* pada lima atau lebih keluhan pada kuesioner Q18 versi Jerman sebagai titik awal untuk evaluasi lanjutan (Ihrig, et al., 2001). Jumlah responden yang menjawab pertanyaan 'ya' lebih dari 5 (positif mengalami gejala neurotoksik) dan yang kurang dari 5 seperti tabel dibawah ini:

**Tabel 5.4**  
**Jumlah Responden Yang Positif Mengalami Gejala Neurotoksik**

Jumlah jawaban 'ya' lebih dari 5		%
Positif	14	31.1
Negatif	31	68.9
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>100.0</b>

### 5.2.3 Umur

Dari penelitian diketahui jumlah responden terbanyak dengan umur antara 30-40 tahun yaitu sebanyak 32 orang responden (71.1%). Sedangkan responden yang berumur dibawah 30 tahun adalah sebanyak 9 orang responden (20%) dan yang berada pada usia diatas 40 tahun sebanyak 4 orang responden (8%). Distribusi dari umur responden penelitian ini seperti tabel dibawah ini:

**Tabel 5.5**  
**Distribusi Umur**

Umur responden		%
23	2	4.4
24	1	2.2
25	1	2.2
26	1	2.2
28	3	6.7
29	1	2.2
30	5	11.1
31	4	8.9
32	6	13.3
33	2	4.4
34	2	4.4
35	3	6.7
36	1	2.2
38	3	6.7
39	4	8.9
40	3	6.7
41	1	2.2
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

### 5.2.4 Masa Kerja

Dari hasil penelitian diketahui responden dengan masa kerja kurang dari

10 tahun sebanyak 24 orang responden (53.1%) dan yang memiliki masa kerja lebih atau sama dengan 10 tahun sebanyak 21 orang responden (46.7%).

**Tabel 5.6**  
**Distribusi Masa Kerja**

<b>Masa kerja responden</b>		<b>%</b>
<10 tahun	24	53.1
10 tahun	21	46.7
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

### 5.2.5 Kebiasaan Merokok

Dari hasil penelitian diketahui responden yang memiliki kebiasaan merokok berat dan sedang sebanyak 29 orang responden (64.4%) dan sebanyak 16 orang responden (35.6%) bukan perokok.

**Tabel 5.7**  
**Distribusi Kebiasaan Merokok**

<b>Kebiasaan Merokok</b>		<b>%</b>
Perokok sedang & berat	29	64.4
Bukan perokok	16	35.6
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

### 5.2.6 Kebiasaan Berolahraga

Dari hasil penelitian diketahui responden yang memiliki kebiasaan berolahraga sebanyak 39 orang (86.2%) dan yang tidak terbiasa berolahraga sebanyak 4 orang (13.8%).

Diakumulasikan dengan frekuensi dan durasi olahraga yang dilakukan dalam seminggu sebanyak 15 orang (38.5%) memiliki kebiasaan berolahraga baik dan sebanyak 24 orang (61.5%) memiliki kebiasaan berolahraga buruk.

**Tabel 5.8**  
**Distribusi Kebiasaan Berolahraga**

<b>Kebiasaan berolahraga</b>		<b>%</b>
Baik	15	38.5
Buruk	24	61.5
<b>TOTAL</b>	<b>39</b>	<b>100</b>

### 5.2.7 Penggunaan Alat Pelindung Pernafasan

Dari hasil penelitian diketahui responden yang selama bekerja selalu menggunakan alat pelindung pernafasan sebanyak 43 orang responden (95.6%) dan yang tidak pernah menggunakan alat pelindung pernafasan sebanyak 2 orang responden (4.4%).

**Tabel 5.9**  
**Distribusi Penggunaan Alat Pelindung Pernafasan**

<b>Penggunaan alat pelindung pernafasan</b>		<b>%</b>
Selalu memakai	43	95.6
Tidak pernah memakai	2	4.4
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

### 5.2.8 Lama Pajanan per Minggu

Dari hasil penelitian diketahui seluruh responden sebanyak 45 orang (100%) memiliki waktu pajanan selama minimal 8 jam per hari atau sama dengan minimal 40 jam per minggu.

**Tabel 5.10**  
**Distribusi Lama Paparan per Minggu**

Lama paparan per minggu		%
< 40 jam	0	0
40 jam	45	100
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

### 5.2.9 Riwayat Penyakit

Dari hasil penelitian diketahui sebanyak 12 orang responden (26.7%) memiliki riwayat penyakit terkait dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* dan sebanyak 33 orang responden (73.3%) tidak memiliki riwayat penyakit yang diduga berkontribusi terhadap gejala neurotoksik akibat paparan *xylene*.

**Tabel 5.11**  
**Riwayat Penyakit yang Mungkin Berkontribusi**

Riwayat penyakit		%
Tidak ada	33	73.3
Ada riwayat	12	26.7
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

### 5.3 Analisis Bivariat

Analisis menggunakan uji *chi-square* untuk variabel *confounding* (masa kerja, kebiasaan merokok, kebiasaan berolahraga, penggunaan alat pelindung pernafasan, lama paparan per minggu dan riwayat penyakit yang berkontribusi) dengan variabel dependen (gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* yang dirasakan pekerja) yang masing-masing bersifat kategorik. Tujuan uji statistik ini adalah untuk melihat hubungan antara variabel independen dengan dependen dalam sekali pengamatan tanpa melihat hubungan sebab akibat. Sehingga hubungan yang ada pada penelitian ini hanya menunjukkan perbedaan saja bukan

bersifat kausalistik.

Untuk variabel yang bersifat numerik yaitu umur dan tingkat pajanan *xylene* pada pekerja dilakukan uji korelasi untuk mengetahui derajat/ keeratan hubungan dan arah hubungan variabel tersebut dengan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* yang dialami pekerja, dan digunakan juga uji regresi linier sederhana untuk membuat perkiraan (prediksi) nilai variabel gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja melalui variabel umur dan tingkat pajanan *xylene* (Hastono, 2010).

### **5.3.1 Hubungan tingkat pajanan *xylene* pada pekerja dengan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene***

Hasil analisis hubungan antara tingkat pajanan *xylene* dengan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 14 (32.6%) dari 43 responden dengan tingkat pajanan kurang dari NAB yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman. Sedangkan diantara 2 responden dengan tingkat pajanan *xylene* diatas NAB tidak ada responden yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

Hasil uji statistik diperoleh nilai  $p$  sebesar 1.000, maka dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan proporsi kejadian gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja dengan tingkat pajanan *xylene* kurang dari NAB. Hal ini berarti tidak terdapat hubungan yang signifikan pada gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja dengan tingkat pajanan *xylene* pada kerja.

**Tabel 5.12**  
**Distribusi Responden Menurut Tingkat Paparan *Xylene* dan Gejala Neurotoksik**

Tingkat Paparan <i>Xylene</i>	Gejala neurotoksik				Total		<i>P</i> value
	Negatif		Positif			%	
		%		%			
< NAB	29	67.4	14	32.6	43	96.	1.000
NAB	2	100.	0	0.0	2	4.4	
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>68.9</b>	<b>14</b>	<b>31.1</b>	<b>45</b>	<b>100</b>	

Untuk mengetahui besar dan arah hubungan variabel tingkat paparan *xylene* pada masing-masing pekerja dan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* yang dialami pekerja digunakan uji korelasi serta digunakan uji regresi linier untuk memprediksi variabel gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja.

**Tabel 5.13**  
**Analisis Korelasi dan Regresi Linier Sederhana Tingkat Paparan *Xylene* pada Pekerja dengan Gejala Neurotoksik akibat Paparan *Xylene***

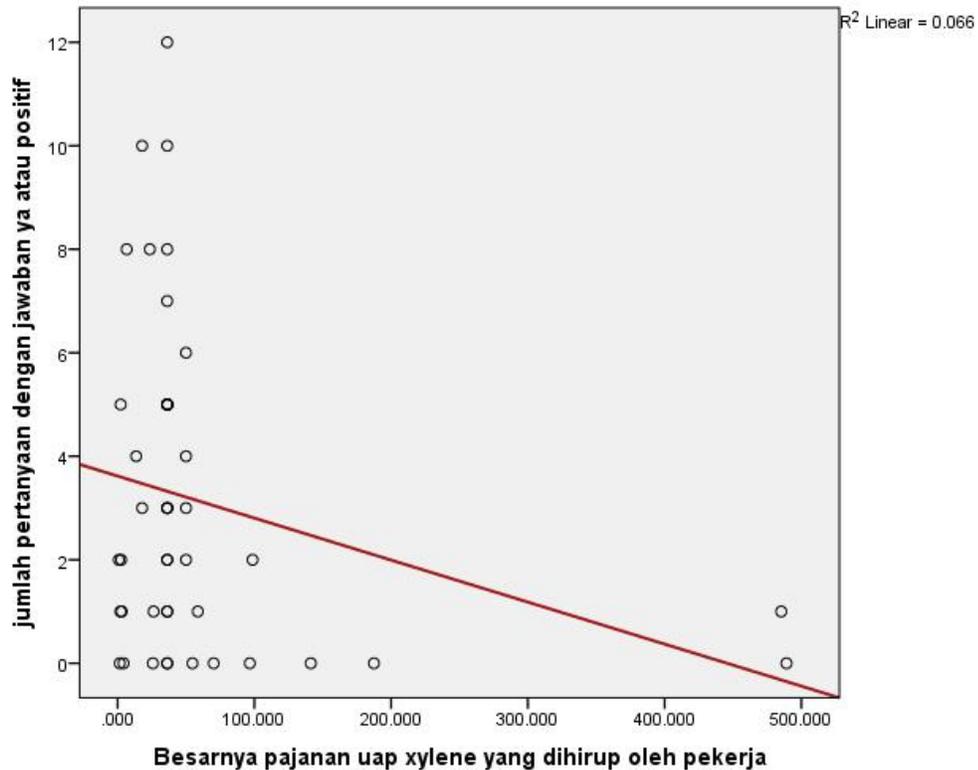
Variabel	r	R <sup>2</sup>	Persamaan garis	<i>P</i> value
Tingkat paparan <i>xylene</i> pada pekerja	-0.257	0.066	Gjlneuro=3.617-0.008*tkpaparan	0.089

Hubungan umur dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja menunjukkan hubungan yang lemah ( $r=0.257$ ) dan berpola linier negatif artinya tidak ada hubungan antara tingkat paparan *xylene* dengan kejadian gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* yang dirasakan pekerja. Nilai koefisien dengan determinasi 0.066 artinya dari persamaan garis yang diperoleh, variabel tingkat paparan *xylene* tidak dapat memprediksi secara tepat variabel gejala neurotoksik akibat paparan *xylene*. Hasil uji statistik didapatkan menunjukkan tidak adanya hubungan yang signifikan antara umur dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* ( $p=0.089$ ).

Hubungan umur dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* digambarkan pada diagram tebar (*scatter plot*) dibawah ini. Dengan pola titik

yang menyebar seperti gambar dibawah diperoleh informasi bahwa pola hubungan antara variabel tingkat pajanan *xylene* dan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* berpola linier negatif atau tidak ada hubungan.

**Gambar 5.4**  
Hubungan tingkat pajanan dengan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene*



### 5.3.2 Hubungan umur dengan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene*

Untuk mengetahui besar dan arah hubungan variabel umur dan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* yang dialami pekerja digunakan uji korelasi serta digunakan uji regresi linier sederhana untuk memprediksi variabel gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja.

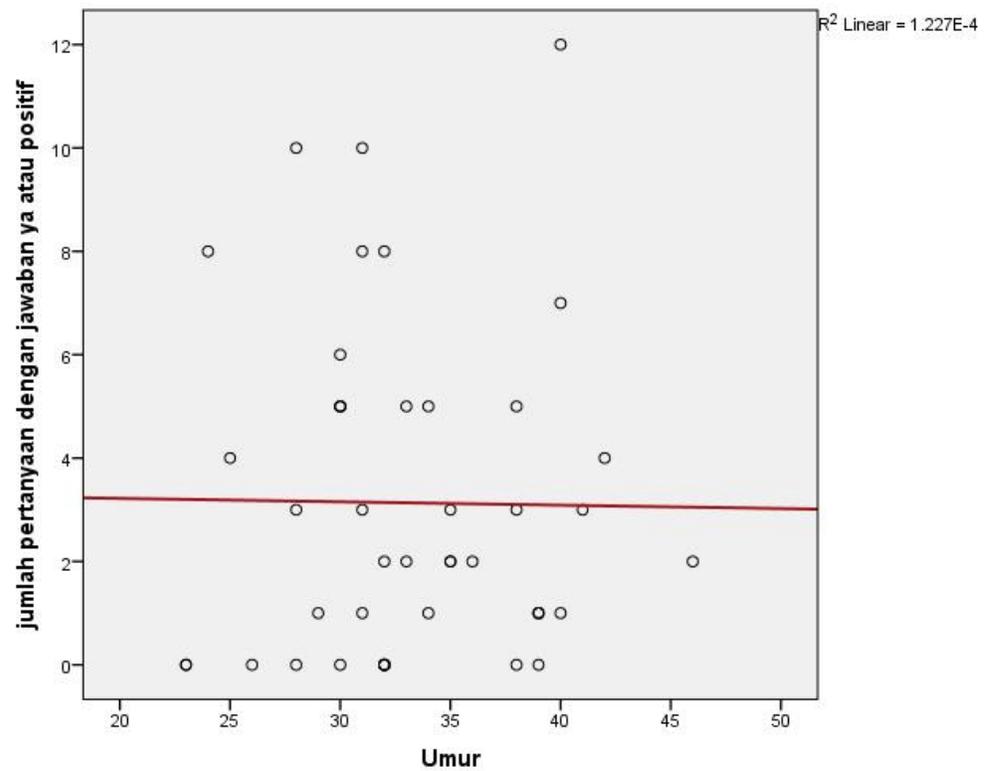
**Tabel 5.14**  
**Analisis Korelasi dan Regresi Linier Sederhana Umur dengan Gejala Neurotoksik akibat Paparan *Xylene***

Variabel	r	R <sup>2</sup>	Persamaan garis	P <sub>value</sub>
Umur	-0.011	0.000	Tkpajanan=3.351-0.007*umur	0.942

Hubungan umur dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja menunjukkan hubungan yang lemah ( $r=-0.011$ ) dan berpola negatif artinya tidak ada hubungan antara penambahan umur dengan kejadian gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* yang dirasakan pekerja. Nilai koefisien dengan determinasi 0.000 artinya dari persamaan garis yang diperoleh, variabel umur tidak dapat memprediksi secara tepat variabel gejala neurotoksik akibat paparan *xylene*. Hasil uji statistik didapatkan menunjukkan tidak adanya hubungan yang signifikan antara umur dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* ( $p=0.942$ ).

Hubungan umur dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* digambarkan pada diagram tebar (*scatter plot*) dibawah ini. Dengan pola titik yang menyebar diperoleh informasi bahwa pola hubungan antara variabel umur dan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* terpecah atau tidak ada hubungan.

**Gambar 5.5**  
**Hubungan Umur Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan Xylene**



Sedangkan jika dilihat dari sebaran distribusi umur pekerja dengan jumlah keluhan, dapat dilihat tren atau kecenderungan peningkatan jawaban ya pada umur 30 tahun keatas, seperti terlihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 5.15**  
**Distribusi Hubungan Umur Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan Xylene**

Variabel		Jumlah jawaban 'ya' pada kuesioner		
		Persamaan garis		
Umur		Min	Max	Rata-rata
23	2	0	0	0
24	1	0	8	8
25	1	0	4	4
26	1	0	0	0
28	3	0	10	4.3
29	1	0	1	1

30	5	0	6	4.2
31	4	1	10	5.5
32	6	0	8	1.67
33	2	2	5	3.5
34	2	1	5	3
35	3	2	3	2.3
36	1	0	2	2
38	3	0	5	2.67
39	4	0	1	0.75
40	3	1	12	6.7
41	1	0	3	3
42	1	0	4	4
46	1	0	2	2

### 5.3.3 Hubungan Masa Kerja Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene*

Hasil analisis hubungan antara masa kerja dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 7 (29.2%) dari 24 responden dengan masa kerja kurang dari 10 tahun yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman. Sedangkan diantara 21 responden dengan masa kerja lebih dari 10 tahun terdapat 7 (33.3%) orang responden yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

Hasil uji statistik diperoleh nilai  $p$  sebesar 1.000, maka dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan proporsi kejadian gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja dengan masa kerja kurang dari 10 tahun. Hal ini berarti tidak terdapat hubungan yang signifikan pada gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja dengan masa kerja.

Dari hasil analisis diperoleh pula nilai OR = 1.214 artinya pekerja dengan masa kerja lebih dari sama dengan 10 tahun memiliki peluang mengalami gejala neurotoksik 1.2 kali dibanding pekerja dengan masa kerja dibawah 10 tahun.

**Tabel 5.16**  
**Distribusi Responden Menurut Masa Kerja dan Gejala Neurotoksik Akibat Pajanan Xylene**

Masa kerja	Gejala neurotoksik				Total		<i>P</i> value	OR (95% CI)
	Negatif		Positif					
		%		%		%		
< 10 tahun	17	70.8	7	29.2	24	53	1.000	1.214 (0.343 – 4.298)
10 tahun	14	66.7	7	33.3	21	47		
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>68.9</b>	<b>14</b>	<b>31.1</b>	<b>45</b>	<b>100</b>		

#### **5.3.4 Hubungan Kebiasaan Merokok Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Pajanan Xylene**

Hasil analisis hubungan antara kebiasaan merokok dengan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 4 (25.0%) dari 16 responden yang bukan perokok yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman. Sedangkan diantara 29 responden yang memiliki kebiasaan merokok terdapat 10 (34.5%) orang responden yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

Hasil uji statistik diperoleh nilai *p* sebesar 0.738, maka dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan proporsi kejadian gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja dengan kebiasaan merokok. Hal ini berarti tidak terdapat hubungan yang signifikan pada gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja dengan kebiasaan merokok.

Dari hasil analisis diperoleh pula nilai OR = 1.579 artinya pekerja yang memiliki kebiasaan merokok memiliki peluang mengalami gejala neurotoksik 1.5 kali dibanding pekerja bukan perokok.

**Tabel 5.17**  
**Distribusi Responden Menurut Kebiasaan Merokok dan Gejala Neurotoksik Akibat**  
**Pajanan *Xylene***

Kebiasaan Merokok	Gejala neurotoksik				Total		<i>P</i> <sub>value</sub>	OR (95% CI)
	Negatif		Positif					
		%		%		%		
Bukan Perokok	12	75.0	4	25.0	16	36.0	0.738	1.579 (0.403– 6.191)
Perokok	19	65.5	10	34.5	29	64.0		
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>68.9</b>	<b>14</b>	<b>31.1</b>	<b>45</b>	<b>100</b>		

### 5.3.5 Hubungan Kebiasaan Olahraga Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Pajanan *Xylene*

Hasil analisis hubungan antara kebiasaan berolahraga dengan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 5 (33.3%) dari 15 responden dengan kebiasaan olahraga buruk yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman. Sedangkan diantara 24 responden dengan kebiasaan olahraga baik terdapat 9 (37.5%) orang responden yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

Hasil uji statistik diperoleh nilai *p* sebesar 1.000, maka dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan proporsi kejadian gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja dengan kebiasaan olahraga yang buruk. Hal ini berarti tidak terdapat hubungan yang signifikan pada gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja dengan kebiasaan olahraga.

Dari hasil analisis diperoleh pula nilai OR = 1.200 artinya pekerja dengan kebiasaan berolahraga buruk memiliki peluang mengalami gejala neurotoksik 1.2 kali dibanding pekerja dengan responden dengan kebiasaan berolahraga baik.

**Tabel 5.17**  
**Distribusi Responden Menurut Kebiasaan Olahraga dan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan Xylene**

Kebiasaan Olahraga	Gejala neurotoksik				Total		<i>P</i> value	OR (95% CI)
	Negatif		Positif					
		%		%		%		
Buruk	10	66.7	5	33.3	15	39	1.000	1.200 (0.310–4.651)
Baik	15	62.5	9	37.5	24	62		
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>64.1</b>	<b>14</b>	<b>35.9</b>	<b>39</b>	<b>100</b>		

### 5.3.6 Hubungan Penggunaan Alat Pelindung Pernapasan Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan Xylene

Hasil analisis hubungan antara penggunaan alat pelindung pernafasan dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 1 (50.0%) dari 2 responden yang tidak pernah memakai alat pelindung pernafasan yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman. Sedangkan diantara 43 responden yang selalu menggunakan alat pelindung pernafasan terdapat 13 (30.2%) orang responden yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

Hasil uji statistik diperoleh nilai *p* sebesar 0.530, maka dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan proporsi kejadian gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja dengan tidak digunakannya alat pelindung pernafasan. Hal ini berarti tidak terdapat hubungan yang signifikan pada gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja dengan penggunaan alat pelindung pernafasan.

Dari hasil analisis diperoleh pula nilai OR = 2.308 artinya pekerja yang tidak menggunakan alat pelindung pernafasan saat bekerja memiliki peluang mengalami gejala neurotoksik 2.3 kali dibanding pekerja yang selalu menggunakan alat pelindung pernafasan.

**Tabel 5.19**  
**Distribusi Responden Menurut Penggunaan Alat Pelindung Pernafasan dan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene***

Penggunaan Alat Pelindung Pernafasan	Gejala neurotoksik				Total		<i>P</i> value	OR (95% CI)
	Negatif		Positif			%		
		%		%				
Selalu memakai	30	69.8	13	30.2	43	96	0.530	2.308 (0.134–39.783)
Tidak pernah memakai	1	50.0	1	50.0	2	4.4		
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>68.9</b>	<b>14</b>	<b>31.1</b>	<b>45</b>	<b>100</b>		

### 5.3.7 Hubungan Lama Paparan Per Minggu Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene*

Hasil analisis hubungan antara lama paparan per minggu dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 14 (31.1%) dari 45 responden dengan lama paparan lebih atau sama dengan 40 jam per minggu yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

**Tabel 5.20**  
**Distribusi Responden Menurut Lama Paparan per Minggu dan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene***

Lama paparan per minggu	Gejala neurotoksik				Total	
	Negatif		Positif			%
		%		%		
< 40 jam	0	0	0	0	0	0
40 jam	31	68.9	14	31.1	45	100
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>31.1</b>	<b>31</b>	<b>68.8</b>	<b>45</b>	<b>100</b>

### 5.3.8 Hubungan Riwayat Penyakit Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene*

Hasil analisis hubungan antara riwayat penyakit yang berkontribusi dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 11 (33.3%) dari 33 responden yang tidak memiliki riwayat penyakit yang berkontribusi dengan kejadian gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman. Sedangkan diantara 12 responden yang memiliki riwayat penyakit yang mungkin berkontribusi terdapat 3 (25%) orang responden yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

Hasil uji statistik diperoleh nilai  $p$  sebesar 0.725, maka dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan proporsi kejadian gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja dengan tidak adanya riwayat penyakit yang berkontribusi. Hal ini berarti tidak terdapat hubungan yang signifikan pada gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja dengan riwayat penyakit.

Dari hasil analisis diperoleh pula nilai OR = 0.667 artinya pekerja dengan riwayat penyakit yang mungkin berkontribusi memiliki peluang mengalami gejala neurotoksik 0.7 kali dibanding pekerja yang tidak memiliki riwayat penyakit.

**Tabel 5.21**  
**Distribusi Responden Menurut Riwayat Penyakit dan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene***

Riwayat Penyakit	Gejala neurotoksik				Total		$P_{value}$	OR (95% CI)
	Negatif		Positif					
		%		%		%		
Tidak ada riwayat	22	66.7	11	33.3	33	73.3	0.725	0.667 (0.150-2.969)
Ada riwayat	9	75.0	3	25.0	12	26.6		
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>31.1</b>	<b>31</b>	<b>68.9</b>	<b>45</b>	<b>100</b>		

## **BAB VI PEMBAHASAN**

Pembahasan dari hasil penelitian ini akan disajikan dalam bentuk narasi dan grafik untuk variabel-variabel yang dianalisis.

### **6.1 Keterbatasan Penelitian**

Pada penelitian ini peneliti menggunakan data primer untuk mendapatkan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat PT. X dengan hanya menggunakan kuesioner Q18 versi Jerman. Pertanyaan pada kuesioner ini bersifat umum dan tidak spesifik kepada indikasi gejala neurotoksik. Kuesioner yang digunakan sudah diterjemahkan kedalam bahasa Indonesia. Hal ini memungkinkan terjadinya kesalahpahaman/ salah persepsi pada responden saat memahami maksud pertanyaan dalam kuesioner tersebut. Kemudian dapat pula terjadi *recall bias* yaitu *bias* dalam mengingat kembali kejadian yang terkait dengan gejala neurotoksik sehingga dapat mempengaruhi jawaban responden.

Penelitian ini juga menggunakan data sekunder berupa hasil pengukuran personal terhadap tingkat pajanan *xylene* yang dilakukan hanya secara random yang mewakili masing-masing area kerja.

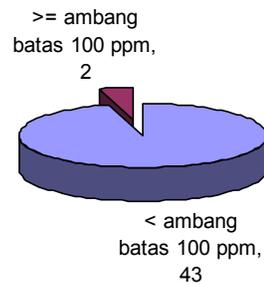
Penelitian ini hanya difokuskan kepada gejala neurotoksik yang diakibatkan pada oleh pajanan *xylene* yang dominan digunakan dalam bahan baku pembuatan cat di PT. X, sedangkan beberapa bahan kimia lain yang juga digunakan didalam proses pembuatan cat seperti trimetil benzen, n-butyl alkohol, diacetone alkohol, butyl asetat, naftalena tidak diteliti.

### **6.2 Pembahasan**

#### **6.2.1 Tingkat Pajanan *Xylene* pada Pekerja**

Dari hasil penelitian diketahui tingkat pajanan *xylene* yang dialami pekerja pembuatan cat di PT. X hampir semuanya berada di bawah NAB yaitu sebanyak 95.6% responden dan hanya 4.4% responden yang menunjukkan tingkat pajanan diatas NAB.

**Gambar 6.1**  
**Tingkat Paparan Xylene pada Pekerja**



Hal ini dapat terjadi karena program pengendalian bahaya yang dilakukan sudah berjalan baik, misalnya untuk mengurangi paparan *xylene* melalui inhalasi, selain penggunaan alat pelindung diri, pengendalian secara teknik (*engineering*) dan administrasi juga sudah dilaksanakan dengan baik. Sistem ventilasi termasuk *extraction system* yang menempel di setiap mesin memungkinkan risiko terhirup uap pelarut organik dapat diminimalkan. Selain itu pelatihan mengenai cara bekerja yang aman diikuti dengan instruksi kerja yang sesuai, dapat membantu pekerja memahami bahaya dan risiko terhadap paparan *xylene* di tempat kerja.

Selain konsentrasi paparan, hal yang perlu diperhatikan adalah frekuensi dan durasi paparan. Jumlah paparan yang kecil tetapi jika dilalui dalam jangka waktu panjang dan dilakukan terus menerus, memungkinkan terjadinya akumulasi bahan kimia di dalam tubuh.

Hasil dari pengukuran lingkungan untuk kadar VOCs di PT. X tidak menunjukkan nilai di atas ambang batas. Pemeriksaan untuk metabolit asam metil hipurat dalam urin sebagai mekanisme paparan pelarut organik *xylene* dalam tubuh belum dilakukan terhadap seluruh pekerja yang terpajan, hanya sampel sebagai perwakilan dan hasilnya masih dalam batas normal.

Menurut ATSDR (1995), kemungkinan paparan dosis rendah dari bahan kimia yang bersifat neurotoksik berhubungan dengan masalah neurologis dan perilaku (*neurobehavioral*). Hal ini berkaitan dengan masing-masing individu, hasil pemeriksaan klinis dari orang yang bersangkutan tentang masalah kesehatan yang mungkin muncul dari paparan neurotoksik sebelumnya, dengan

pertimbangan pertanyaan metodologis seperti pengujian untuk efek neurobehavioral.

Penelitian dari Tsai et. al (1997) pada pekerja di enam pabrik pembuatan cat menyimpulkan hasil evaluasi gangguan neurobehavioral yang menunjukkan penurunan mungkin merupakan tanda-tanda awal neurotoksik dari pajanan tingkat rendah pelarut organik pada pekerja manufaktur cat.

Selain itu bahan kimia lain yang terdapat dalam pelarut organik yang digunakan didalam proses produksi cat juga dapat menjadi faktor yang berkontribusi dengan kejadian gejala neurotoksik yang dirasakan pekerja. Perlu dikaji lebih jauh apakah *xylene* atau bahan kimia lain yang lebih dominan mengakibatkan efek neurotoksik pada pekerja pembuatan cat.

### **6.2.2 Gejala Neurotoksik Akibat Pajanan *Xylene***

Dari hasil penelitian menggunakan kuesioner Q18 versi Jerman diketahui hasil kuesioner Q18 versi Jerman untuk mengetahui efek pajanan *xylene* terhadap kejadian gejala neurotoksik pada pekerja pembuatan cat PT. X diketahui masing-masing sebanyak 17.8% responden memberikan jawaban 'ya' dan 82.2% responden memberikan jawaban 'tidak' pada pertanyaan yang terkait dengan lupa pada hal yang baru saja terjadi, apakah ada keluarga yang mengatakan responden sering lupa pada hal yang baru saja terjadi, sulit konsentrasi, sering merasa lelah diluar kebiasaan, dan merasakan jantung berdebar tanpa ada tekanan/ melakukan apapun.

Sebanyak 33.3% responden memberikan jawaban 'ya' dan 66.7% responden memberikan jawaban 'tidak' pada pertanyaan apakah sering harus mencatat tentang hal-hal yang tidak boleh dilupakan. Kemudian untuk pertanyaan sering merasa mudah marah/ emosi tanpa sebab yang jelas, sebanyak 11.4% responden menjawab 'ya' dan sebanyak 75.6% responden menjawab dengan 'tidak'.

Dari hasil penelitian juga diketahui sebanyak 28.9% responden menjawab 'ya' dan sebanyak 71.1% responden menjawab 'tidak' untuk pertanyaan terkait seringnya merasakan sesak di dada. Sebanyak 20% responden menjawab 'ya' dan

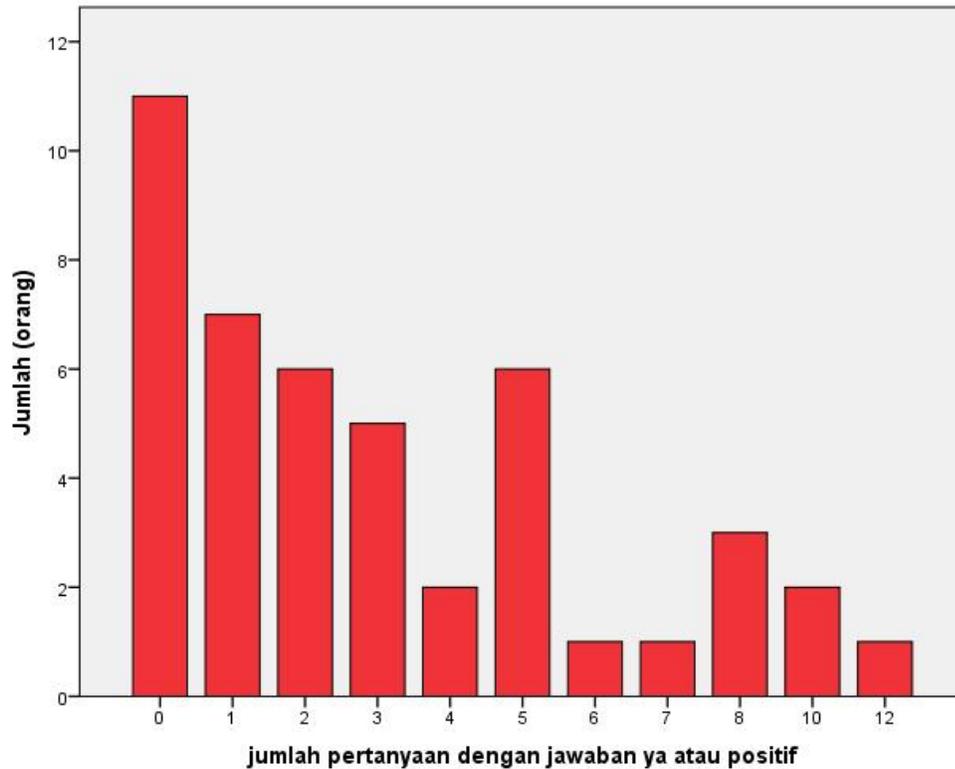
sebanyak 80% orang responden menjawab 'tidak' untuk pertanyaan terkait seringnya mengalami sakit kepala sekali dalam seminggu atau lebih.

Kemudian dari hasil penelitian diketahui pula sebanyak 22.2% responden menjawab 'ya' dan sebanyak 77.8% responden menjawab 'tidak' untuk pertanyaan terkait seringnya merasa tidak sehat. Sebanyak 35.6% responden menjawab 'ya' dan sebanyak 64.4% responden menjawab 'tidak' untuk pertanyaan terkait adanya rasa kebal/ baal pada tangan/ kaki. Dan sebanyak 26.7% responden menjawab 'ya' dan sebanyak 73.3% responden menjawab 'tidak' untuk pertanyaan terkait terbiasa atau tidak dengan minuman beralkohol.

Dalam penelitiannya Ihrig et al. (2001), membedakan *cut off point* kuesioner ini berdasarkan jenis kelamin baik untuk pria maupun wanita. Untuk laki-laki direkomendasikan *cut off point* pada lima atau lebih keluhan pada kuesioner Q18 versi Jerman, sedangkan untuk wanita, direkomendasikan *cut off point* pada enam atau lebih keluhan sebagai titik awal untuk evaluasi lanjutan (Ihrig, et al., 2001)

Secara keseluruhan jumlah responden yang memiliki gejala neurotoksik positif atau menjawab ya pada 5 atau lebih pertanyaan di kuesioner Q18 versi Jerman sebanyak 31.1% responden dan yang memiliki gejala neurotoksik negatif atau menjawab ya kurang dari 5 pertanyaan di kuesioner sebanyak 68.9% responden.

**Gambar 6.2**  
**Distribusi Jumlah Jawaban "Ya" pada Kuesioner Q18 Versi Jerman**



Hasil penelitian mengenai gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* ini hanya merupakan informasi awal, karena pertanyaan yang digunakan dalam kuesioner Q18 versi Jerman ini tidak spesifik untuk memastikan diagnosis karena banyak variabel *confounding* yang mempengaruhi prevalensi keluhan. Hasil keluhan terhadap gejala neurotoksik yang didapat dalam kuesioner diharapkan dapat melengkapi dalam proses diagnostik (Ihrig, 2001).

Sensitivitas kuesioner juga harus diperhatikan karena digunakan sebagai alat penapisan (*screening*) untuk eksplorasi lebih lanjut secara medis. Kemungkinan juga dapat terjadi sensitivitas kuesioner dapat meningkat jika gejala yang ditemukan juga dijustifikasi melalui penilaian medis oleh dokter (Lundberg, 1997).

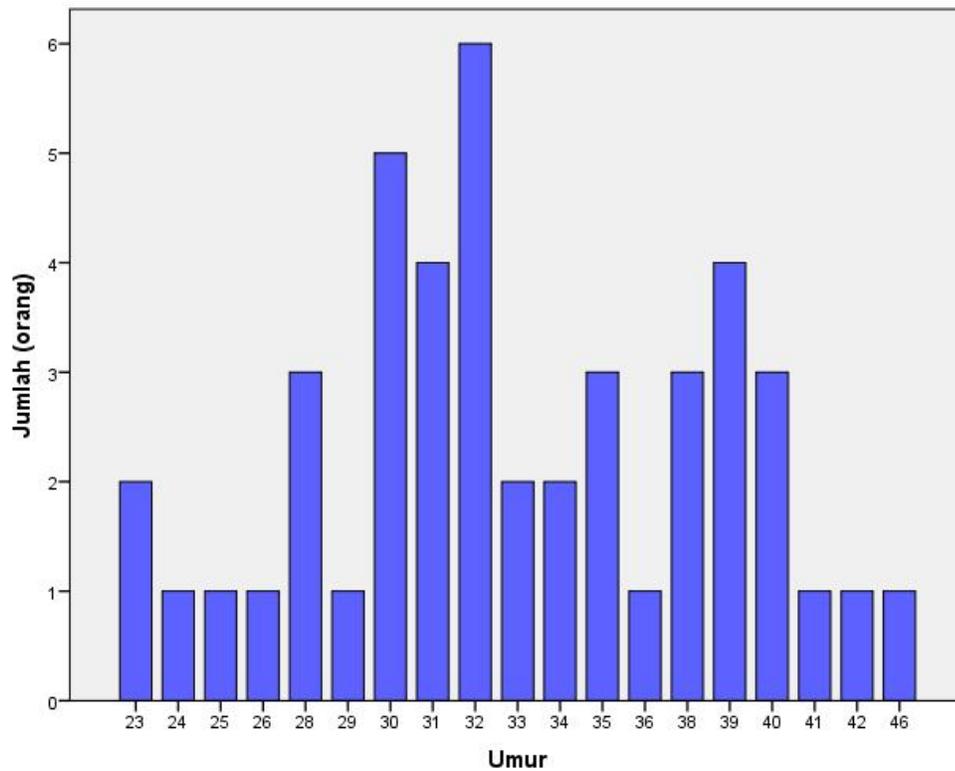
Pada proses pembuatan cat ini, untuk mengidentifikasi secara jelas bahan kimia yang bertanggung jawab menyebabkan kejadian penyakit tertentu cukup sulit karena kemungkinan setiap harinya pekerja terpajan banyak campuran pelarut industri jenis lainnya. Selain itu kemungkinan pada tahap awal terjadinya

gejala neurotoksik ini, gejala tidak dapat dijelaskan atau digambarkan dengan baik oleh pekerja apakah merupakan akibat dari pajanan pelarut organik yang banyak dipakai saat bekerja. Hal ini mungkin dapat dibuktikan melalui pemeriksaan neuropsikologis (Baker, Seppalainen, 1987).

### **6.2.3 Umur**

Dari penelitian diketahui jumlah responden terbanyak dengan umur antara 30-40 tahun yaitu sebanyak 71.1% responden. Sedangkan responden yang berumur dibawah 30 tahun adalah sebanyak 20% responden dan yang berada pada usia diatas 40 tahun sebanyak 8% responden.

**Gambar 6.3**  
**Distribusi Umur**



Penelitian dari Baker (1985) menunjukkan hubungan antara usia dengan gangguan neurobehavioral yang terjadi akibat pajanan pelarut organik. Individu yang lebih tua menunjukkan penurunan pada *performance test*, gangguan tangan dan mata, yang terkait dengan gangguan neurobehavioral.

Umur merupakan variabel yang penting dalam hal terjadinya gejala neurotoksik. Semakin bertambahnya umur, terutama yang disertai dengan kondisi lingkungan yang buruk serta kemungkinan terkena suatu penyakit, dan terpapar bahan kimia khususnya kelas pelarut maka kemungkinan terjadinya gangguan kesehatan dapat terjadi lebih besar. Secara fisiologis dengan bertambahnya umur maka kemampuan organ-organ tubuh akan mengalami penurunan secara alamiah, kondisi seperti ini akan bertambah buruk dengan keadaan lingkungan yang tidak sehat dan faktor-faktor lain seperti kebiasaan merokok, tidak tersedianya alat pelindung pernafasan di tempat kerja juga ketidakdisiplinan, lama pajanan serta riwayat penyakit yang berkaitan dengan sistem saraf. Penelitian Gamble (2000)

menyebutkan, usia 20-24 menunjukkan peningkatan kejadian gangguan neurobehavioral akibat pajanan pelarut, dan terus konstan sampai umur 40 tahun, lalu selanjutnya menurun.

#### **6.2.4 Masa Kerja**

Dari hasil penelitian diketahui responden dengan masa kerja kurang dari 10 tahun sebanyak 53.1% responden dan yang memiliki masa kerja lebih atau sama dengan 10 tahun sebanyak 46.7% responden.

Penelitian dari Baker (1985) menunjukkan pekerja yang bekerja pada tempat kerja selama minimal 10 tahun dengan pajanan konsentrasi tinggi pada bahan kimia yang terkandung dalam cat menunjukkan penurunan dalam tes yang terkait gangguan neurobehavioral.

Sedangkan penelitian Lundberg dalam Gamble (2000) memasukkan pekerja dengan masa kerja setidaknya 10 tahun pada pekerjaan dengan tingkat pajanan tinggi memiliki risiko terkena efek merugikan terhadap kesehatannya. Lundberg juga berpendapat setidaknya sejak 10 tahun pajanan dipertimbangkan sebagai kriteria untuk mendiagnosis terjadinya *chronic toxic encephalopathy* (Gamble, 2000).

Sekarang ini, penelitian yang dirancang dengan baik menunjukkan bahwa pada pekerja yang terpajan pajanan pelarut organik yang tinggi, mungkin memiliki efek halus pada fungsi kognitifnya. Fungsi kognitif yang dipengaruhi oleh pajanan pelarut meliputi perhatian, memori verbal, dan kemampuan visuospatial. Ada beberapa bukti bahwa neurotoksisitas pelarut organik adalah biasa di antara mereka dengan setidaknya selama 10 tahun terkena pajanan pelarut organik. Bagaimanapun faktor penting dari efek samping neurotoksik adalah pajanan seumur hidup (kumulatif), intensitas pajanan atau puncak pajanan masih belum jelas (Dick, 2006).

#### **6.2.5 Kebiasaan Merokok**

Dari hasil penelitian diketahui responden yang memiliki kebiasaan

merokok berat dan sedang sebanyak 64.4% responden dan sebanyak 35.6% responden bukan perokok.

Merokok adalah salah gaya hidup pekerja yang diduga memiliki pengaruh terhadap kejadian gejala neurotoksik pada pekerja pembuatan cat. Menurut Swan dan Lessov-Schlaggar (2007), asap tembakau terdiri dari ribuan senyawa termasuk nikotin. Banyak konstituen yang diketahui bersifat racun (toksik) masuk ke otak, jantung, dan sistem paru. Nikotin, di sisi lain, dalam jangka pendek masuk pada sistem kolinergik, serta memiliki efek positif pada domain kognitif tertentu termasuk memori kerja dan fungsi eksekutif dan mungkin juga dalam kondisi tertentu, termasuk saraf.

#### **6.2.6 Kebiasaan Berolahraga**

Dari hasil penelitian diketahui responden yang memiliki kebiasaan berolahraga sebanyak 86.2% responden dan yang tidak terbiasa berolahraga sebanyak 13.8% responden.

Diakumulasikan dengan frekuensi dan durasi olahraga yang dilakukan dalam seminggu sebanyak 38.5% responden memiliki kebiasaan berolahraga baik dan sebanyak 61.5% responden memiliki kebiasaan berolahraga buruk.

Dalam IPCS (2004), diperkirakan bahwa olahraga melipatduakan *uptake xylene* sampai sekitar 1210 mg. Para penulis menyimpulkan bahwa fungsi psikofisiologikal mungkin mulai terpengaruh pada uptake antara 600-1000 mg tetapi implikasi untuk menetapkan 8 jam sesuai standar tidak jelas karena ketidakpastian laju metabolisme. Kebiasaan berolahraga diukur dengan mode atau jenis olah raga, frekuensi dan durasi.

#### **6.2.7 Penggunaan Alat Pelindung Pernafasan**

Dari hasil penelitian diketahui responden yang selama bekerja selalu menggunakan alat pelindung pernafasan sebesar 95.6% dari total responden, dan yang tidak pernah menggunakan alat pelindung pernafasan sebesar 4.4% dari total responden.

Berbagai pengendalian dapat dilakukan untuk meminimalkan terjadinya pajanan di tempat kerja, mulai dari pengendalian secara teknik misalnya membuat *extraction system* yang dibuat terintegrasi dengan mesin-mesin yang digunakan dalam proses pembuatan cat, dilakukan pengukuran berkala terhadap kadar uap pelarut organik di udara, dan sebagai hierarki pengendalian paling akhir, penggunaan alat pelindung pernafasan merupakan tameng perlindungan terakhir terhadap pajanan uap pelarut organik yang banyak digunakan pada manufaktur cat. Alat pelindung pernafasan yang digunakan berupa masker setengah wajah (*half-face*) dengan filter yang sesuai untuk uap pelarut organik. Dikombinasikan dengan jenjang hierarki pengendalian lainnya seperti pengendalian teknik dan administrasi, diharapkan pajanan terhadap uap pelarut organik melalui jalur inhalasi serta akibat yang ditimbulkan bisa diminimalkan.

### **6.3 Lama Pajanan per Minggu**

Dari hasil penelitian diketahui seluruh responden sebesar 100% memiliki waktu pajanan selama minimal 8 jam per hari atau sama dengan minimal 40 jam per minggu dalam jam kerja normal. Jika terjadi peningkatan permintaan produksi cat, biasanya pekerja akan bekerja lebih dari 40 jam seminggu. Semakin lama jam kerja yang dijalani setiap minggu akan meningkatkan pula frekuensi atau durasi pajanan uap *xylene* ke pekerja.

Timbulnya gejala neurotoksik pada pekerja pembuatan cat dapat sangat tergantung pada lamanya pajanan serta dosis pajanan yang diterima. Pajanan dengan konsentrasi rendah dalam waktu lama mungkin tidak akan segera menunjukkan adanya gangguan. Tetapi hal ini merupakan informasi awal terhadap kemungkinan kejadian gangguan neurobehavioral. Untuk meminimalkan tingkat pajanan *xylene* pada pekerja, misalnya dapat dilakukan pengendalian melalui sistem rotasi kerja, pemindahan pekerja dari area kerja yang memiliki tingkat pajanan tinggi pada proses kerjanya ke bagian lain yang tingkat pajanannya lebih rendah dalam proses kerjanya.

Selain itu mungkin faktor lingkungan juga perlu diperhatikan, misalnya apakah pajanan *xylene* dapat terjadi diluar tempat kerja, misalnya dari asap

kendaraan bermotor di lalu lintas jalan yang ramai dan padat.

#### **6.4 Riwayat Penyakit**

Dari hasil penelitian diketahui sebanyak 26.7% responden memiliki riwayat penyakit terkait dengan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* dan sebanyak 73.3% responden tidak memiliki riwayat penyakit yang diduga berkontribusi terhadap gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene*.

Lundberg et. al. dalam penelitiannya seperti dikutip Gamble (2000) mengindikasikan catatan kesehatan yang detail dan teliti dalam masa bekerja penting untuk menurunkan kemungkinan risiko yang diperkirakan terlalu tinggi. Penyakit-penyakit misalnya seperti diabetes, epilepsi dan *arthritis* (nyeri sendi), sejarah cedera otak sebelumnya, penggunaan obat, makan makanan dan minum minuman yang menyebabkan psikoaktif (kopi, kola, coklat, alkohol) dapat memperburuk atau mempercepat terjadinya gangguan neurobehavioral.

Salah satu tantangan dalam menilai seseorang yang mungkin terkena efek neurotoksisitas pelarut organik adalah dengan mengecualikan penyakit lain yang dapat hadir dengan gambaran klinis yang serupa. Misalnya, gejala non-spesifik seperti kelelahan sangat umum dan beberapa kondisi mungkin bingung dengan tipe 1 neurotoksisitas pelarut (lihat tabel 2 2), seperti depresi atau sindrom kelelahan kronis. Diagnosis neurotoksisitas pelarut pada dasarnya adalah salah satu pengecualian. Para dokter kesehatan kerja harus mencurigai neurotoksisitas pelarut dalam pekerja yang melaporkan gejala tersebut dan memiliki sejarah pajanan berat pelarut organik baik melalui pekerjaan mereka atau hobi. Sebuah riwayat pekerjaan rinci berfokus pada pajanan terhadap pelarut diperlukan. Sejarah intoksikasi akut pelarut, misalnya satu atau lebih episode pingsan, menunjukkan kontrol tempat kerja yang buruk dan menunjukkan pajanan berat. Kepatuhan dengan batas pajanan untuk pelarut mungkin tidak cukup untuk melindungi semua pekerja dari efek samping jangka panjang

## **6.5 Hubungan Tingkat Paparan *Xylene* Pada Pekerja Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene***

Hasil analisis hubungan antara tingkat paparan *xylene* dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 32.6% responden dengan tingkat paparan kurang dari NAB yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman. Sedangkan diantara responden dengan tingkat paparan *xylene* diatas NAB tidak ada responden yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

Hasil uji statistik diperoleh nilai  $p$  sebesar 1.000, maka dapat disimpulkan tidak terdapat hubungan yang signifikan pada gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja dengan tingkat paparan *xylene* pada kerja.

Hasil penelitian Lundberg et. al. (1997) menunjukkan terdapat hubungan yang kuat antara paparan kumulatif pelarut dengan jumlah jawaban ya dalam kuesioner termasuk prevalensi gejala positif lebih dari 6. Hal ini juga seiring dengan penilaian medis yang dilakukan oleh dokter terkait dengan gejala yang muncul pada kejadian kronik toksik *encephalopathy*.

Sensitivitas kuesioner juga harus diperhatikan karena digunakan sebagai alat penapisan (*screening*) untuk eksplorasi lebih lanjut secara medis. Kemungkinan juga dapat terjadi sensitivitas kuesioner dapat meningkat jika gejala yang ditemukan juga dilanjutkan dengan justifikasi melalui penilaian medis oleh dokter.

### **5.2.1 Hubungan Umur Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene***

Hubungan umur dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja menunjukkan hubungan yang lemah, ditunjukkan dengan nilai korelasi  $r=-0.011$  dan berpola negatif artinya tidak ada hubungan (atau hubungan bersifat lemah) antara pertambahan umur dengan kejadian gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* yang dirasakan pekerja. Nilai koefisien dengan determinasi 0.000 artinya dari persamaan garis yang diperoleh, variabel umur tidak dapat

memprediksi secara tepat variabel gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene*. Hasil uji statistik didapatkan menunjukkan tidak adanya hubungan yang signifikan antara umur dengan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* ( $p=0.942$ ).

Orang pada usia sekitar 35-45 tahunan biasanya memiliki lebih sedikit keluhan dibanding yang usianya lebih muda atau lebih tua dari itu. Bagaimanapun efek ini sangat kecil dan tidak dipertimbangkan relevan dengan evaluasi hasil kusioner (Ihrig, et. al., 2001).

Hasil penelitian Lundberg et. al. (1997) menunjukkan pekerja pria pada usia pertengahan 40 tahun (*middle aged*) dengan pajanan pelarut rendah atau sudah tidak lagi terpajan terus menerus terhadap pelarut menunjukkan hasil yang berbeda pada pemeriksaan psikometrik yang digunakan untuk mengevaluasi fungsi yang sama dengan kuesioner yang digunakan di penelitian ini.

Karena sebagian besar responden dalam penelitian ini masih berada pada tingkat usia 30-40 tahun dan gejala neurotoksik yang dirasakan bersifat subjektif atau sebagian besar tidak memperhatikan gejala yang dirasakan atau tidak paham dengan gejala neurotoksik yang terkait dengan pajanan *xylene* di tempat kerja. Secara fisiologis dengan bertambahnya umur maka kemampuan organ-organ tubuh akan mengalami penurunan secara alamiah, kondisi seperti ini akan bertambah buruk dengan keadaan lingkungan yang tidak sehat dan faktor-faktor lain seperti kebiasaan merokok, ketidakdisiplinan menggunakan alat pelindung pernafasan di tempat kerja, lama pajanan serta riwayat penyakit yang berkaitan dengan sistem saraf sebenarnya sangat memungkinkan munculnya keluhan yang terkait dengan gejala neurotoksik (Gamble, 2000).

Kemungkinan yang mungkin terjadi adalah waktu pajanan yang didapatkan (*time-exposure*) oleh pekerja. Pekerja yang mulai terpajan pelarut organik *xylene* dari usia muda, berpotensi mulai memiliki keluhan terhadap gejala neurotoksik pada usia lebih muda dibandingkan dengan pekerja yang juga sama-sama masih berusia muda tetapi waktu pajanan terhadap pelarut organik *xylene* lebih pendek. Mungkin hal berbeda bisa dikendalikan jika penelitian dilakukan pada kelompok yang terpajan dan tidak terpajan dalam rentang usia tertentu.

## 6.6 Hubungan Masa Kerja Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene*

Hasil analisis hubungan antara masa kerja dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 29.2% responden dengan masa kerja kurang dari 10 tahun yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman. Sedangkan diantara responden dengan masa kerja lebih dari 10 tahun terdapat 33.3% responden yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

Hasil uji statistik diperoleh nilai  $p$  sebesar 1.000, maka dapat disimpulkan tidak terdapat hubungan yang signifikan pada gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja dengan masa kerja.

Sekarang ini, penelitian yang dirancang dengan baik menunjukkan bahwa pada pekerja yang terpajan paparan pelarut organik yang tinggi, mungkin memiliki efek halus pada fungsi kognitifnya. Fungsi kognitif yang dipengaruhi oleh paparan pelarut meliputi perhatian, memori verbal, dan kemampuan visuospatial. Ada beberapa bukti bahwa neurotoksisitas pelarut organik adalah biasa di antara mereka dengan setidaknya selama 10 tahun terkena paparan pelarut organik. Bagaimanapun faktor penting dari efek samping neurotoksik adalah paparan seumur hidup (kumulatif), intensitas paparan atau puncak paparan masih belum jelas (Dick, 2006).

Faktor masa kerja secara statistik ditemukan tidak berhubungan dengan gejala neurotoksik yang dirasakan pekerja. Karena tidak semua pekerja berada di area yang memiliki paparan sama dalam waktu yang sama. Sehingga gejala neurotoksik yang dirasakan pekerja juga tidak dapat diukur hanya melalui indikator seperti dalam pertanyaan kuesioner Q18 versi Jerman. Hasil dari indikator atau pertanyaan dari kuesioner Q18 dapat dijadikan informasi awal untuk penanganan lebih lanjut terhadap risiko kejadian gejala neurotoksik di tempat kerja.

### **6.7 Hubungan Kebiasaan Merokok Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene***

Hasil uji statistik diperoleh nilai  $p$  sebesar 0.738, maka dapat disimpulkan tidak terdapat hubungan yang signifikan pada gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja dengan kebiasaan merokok.

Hasil analisis hubungan antara kebiasaan merokok dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 25.0% dari responden yang bukan perokok yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman. Sedangkan diantara responden yang memiliki kebiasaan merokok terdapat 34.5% responden yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

Penelitian lain dari Ihrig et. al. (2001) juga menunjukkan bahwa kebiasaan merokok pada responden tidak signifikan mempengaruhi kejadian gejala neurotoksik pada pekerja berdasar hasil kuesioner Q18 versi Jerman.

Secara fisiologis faktor gaya hidup termasuk kebiasaan merokok sapat mempengaruhi kondisi kesehatan seiring dengan bertambahnya umur. Ditambah lagi dengan kondisi lingkungan sekitar yang buruk dan tidak sehat serta kontak dengan bahan kimia bersifat neurotoksik di tempat kerja serta riwayat penyakit yang berkaitan dengan sistem saraf sebenarnya sangat memungkinkan munculnya keluhan yang terkait dengan gejala neurotoksik (Gamble, 2000).

### **6.8 Hubungan Kebiasaan Olahraga Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene***

Hasil uji statistik diperoleh nilai  $p$  sebesar 1.000, maka dapat disimpulkan tidak terdapat hubungan yang signifikan pada gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja dengan kebiasaan olahraga.

Hasil analisis hubungan antara kebiasaan berolahraga dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 33.3% responden dengan kebiasaan olahraga buruk yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam

kuesioner Q18 versi Jerman. Sedangkan diantara responden dengan kebiasaan olahraga baik terdapat 37.5% responden yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

IPCS (2004) memperkirakan bahwa olahraga melipatduakan *uptake xylene* sampai sekitar 1210 mg. Para penulis menyimpulkan bahwa fungsi psikofisiologikal mungkin mulai terpengaruh pada uptake antara 600-1000 mg tetapi implikasi untuk menetapkan 8 jam sesuai standar tidak jelas karena ketidakpastian laju metabolisme. Kebiasaan berolahraga diukur dengan mode atau jenis olah raga, frekuensi dan durasi.

#### **6.9 Hubungan Penggunaan Alat Pelindung Pernapasan Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene***

Hasil uji statistik diperoleh nilai  $p$  sebesar 0.530, maka dapat disimpulkan tidak terdapat hubungan yang signifikan pada gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja dengan penggunaan alat pelindung pernafasan.

Hasil analisis hubungan antara penggunaan alat pelindung pernafasan dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 50.0% dari responden yang tidak pernah memakai alat pelindung pernafasan yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman. Sedangkan diantara responden yang menggunakan alat pelindung pernafasan terdapat 30.2% responden yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

Penggunaan alat pelindung pernafasan pada pekerja pembuatan cat PT. X sudah cukup baik. Karyawan juga diberikan pelatihan mengenai kegunaan, cara merawat, menyimpan dan mengetahui tanggal kadaluarsa alat pelindung tersebut.

### **6.10 Hubungan Lama Paparan Per Minggu Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene***

Hasil analisis hubungan antara lama paparan per minggu dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 31.1% dari total responden dengan lama paparan lebih atau sama dengan 40 jam per minggu yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

Semakin lama durasi paparan pekerja terhadap *xylene* semakin besar pula kemungkinan gejala neurotoksik akibat paparan tersebut dirasakan pekerja.

### **6.11 Hubungan Riwayat Penyakit Dengan Gejala Neurotoksik Akibat Paparan *Xylene***

Hasil uji statistik diperoleh nilai  $p$  sebesar 0.725, dapat disimpulkan tidak terdapat hubungan yang signifikan pada gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja dengan riwayat penyakit.

Hasil analisis hubungan antara riwayat penyakit yang berkontribusi dengan gejala neurotoksik akibat paparan *xylene* pada pekerja pembuatan cat diketahui terdapat sebanyak 33.3% responden yang tidak memiliki riwayat penyakit yang berkontribusi dengan kejadian gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman. Sedangkan diantara responden yang memiliki riwayat penyakit yang mungkin berkontribusi terdapat 25% responden yang mengalami gejala neurotoksik positif atau menjawab ya sebanyak 5 atau lebih dalam kuesioner Q18 versi Jerman.

Dari beberapa informasi yang didapatkan dari kuesioner maupun dari hasil pemeriksaan kesehatan, beberapa responden memiliki riwayat penyakit yang mungkin berkontribusi terhadap gejala neurotoksik seperti diabetes dan nyeri sendi.

Lundberg et. al. dalam penelitiannya seperti dikutip Gamble (2000) mengindikasikan catatan kesehatan yang detail dan teliti dalam masa bekerja penting untuk menurunkan kemungkinan risiko yang diperkirakan terlalu tinggi. Penyakit-penyakit misalnya seperti diabetes, epilepsi dan arthritis, sejarah cedera

otak sebelumnya, penggunaan obat, makan makanan dan minum minuman yang menyebabkan psikoaktif (kopi, kola, coklat, alkohol) dapat memperburuk atau mempercepat terjadinya gangguan neurobehavioral.

Salah satu tantangan dalam menilai seseorang yang mungkin memiliki efek buruk neurotoksisitas dari pelarut organik adalah mengecualikan penyakit lain yang dapat hadir dengan gambaran klinis yang serupa. Misalnya, gejala non-spesifik seperti kelelahan sangat umum dan beberapa kondisi mungkin membingungkan seperti depresi atau sindrom kelelahan kronis. Diagnosis efek neurotoksik akibat pajanan xylene ataupun pelarut organik lainnya harus diperhatikan. Para dokter kesehatan kerja harus mencurigai gejala neurotoksik akibat pajanan pelarut melaporkan gejala tersebut dan mereka memiliki sejarah pajanan berat pelarut organik baik dari pekerjaan atau hobi. Riwayat pekerjaan yang rinci bisa berfokus pada pajanan terhadap pelarut dan efek yang ditimbulkan (Dick, 2006).

## **BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN**

### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan uraian hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Diketahui tingkat pajanan *xylene* pada pekerja pembuatan cat PT. X sebagian besar berada di bawah NAB.
- b. Diketahui sebanyak 14 orang pekerja memiliki jawaban 'ya' atau positif pada lebih dari 5 pertanyaan kuesioner Q18 versi Jerman yang menggambarkan gejala neurotoksik yang mereka rasakan.
- c. Diketahui sebanyak 14 orang pekerja pembuatan cat mengalami gejala neurotoksik positif menurut hasil kuesioner Q18 versi Jerman dengan tingkat pajanan *xylene* yang bervariasi.
- d. Diketahui tidak terdapat hubungan yang bermakna antara tingkat pajanan *xylene* dengan gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* yang dirasakan pekerja pembuatan cat PT. X.
- e. Diketahui tidak terdapat hubungan yang bermakna antara karakteristik pekerja seperti umur, masa kerja, kebiasaan merokok, kebiasaan berolahraga, lama pajanan per minggu, penggunaan alat pelindung pernafasan, dan riwayat penyakit yang mungkin berkontribusi terhadap gejala neurotoksik akibat pajanan *xylene* yang dirasakan pekerja pembuatan cat PT. X.

### **7.2 Saran**

- a. Dari gejala neurotoksik yang diketahui dari hasil penelitian dapat digunakan sebagai informasi awal bagi perusahaan untuk membuat suatu program pengendalian dan pemeliharaan kesehatan kerja (*health surveillance*) dengan menggunakan data ataupun informasi yang didapat, misalnya dengan melakukan pemeriksaan diagnostik terkait dengan gangguan neurotoksik akibat pajanan *xylene* pada pekerja.

- b. Untuk peningkatan pemahaman pada pekerja dapat diberikan pelatihan atau informasi terkait bahaya terhadap gangguan neurotoksik yang mungkin terjadi akibat pajanan *xylene*.
- c. Bagi peneliti selanjutnya supaya dapat mengembangkan penelitian menggunakan instrumen atau metode pemeriksaan gejala neurotoksik yang lebih spesifik dan komprehensif. Ditambah dengan memasukkan faktor-faktor lain yang mungkin berkontribusi terhadap kejadian gejala neurotoksik di tempat kerja seperti bahan kimia lain yang mungkin berada dalam campuran pelarut yang banyak digunakan di industri, faktor pajanan *xylene* diluar tempat kerja, serta melibatkan penilaian secara medis yang dapat dilakukan oleh neuropsikiater ataupun tenaga medis yang kompeten.

Hasil Perhitungan Program Statistik Komputer

Frequencies

Statistics

Umur

N	Valid	45
	Missing	0
Mean		33.20
Median		32.00
Std. Deviation		5.337
Variance		28.482
Minimum		23
Maximum		46

Umur

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	23	2	4.4	4.4	4.4
	24	1	2.2	2.2	6.7
	25	1	2.2	2.2	8.9
	26	1	2.2	2.2	11.1
	28	3	6.7	6.7	17.8
	29	1	2.2	2.2	20.0
	30	5	11.1	11.1	31.1
	31	4	8.9	8.9	40.0
	32	6	13.3	13.3	53.3
	33	2	4.4	4.4	57.8
	34	2	4.4	4.4	62.2
	35	3	6.7	6.7	68.9
	36	1	2.2	2.2	71.1
	38	3	6.7	6.7	77.8
	39	4	8.9	8.9	86.7
	40	3	6.7	6.7	93.3
	41	1	2.2	2.2	95.6
	42	1	2.2	2.2	97.8
	46	1	2.2	2.2	100.0
Total		45	100.0	100.0	

## Frequencies

### Statistics

Masa kerja

N	Valid	45
	Missing	0
Mean		1.47
Median		1.00
Std. Deviation		.505
Variance		.255
Minimum		1
Maximum		2

Masa kerja

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid < 10 tahun	24	53.3	53.3	53.3
>= 10 tahun	21	46.7	46.7	100.0
Total	45	100.0	100.0	

## Frequencies

### Statistics

kebiasaan merokok

N	Valid	45
	Missing	0
Mean		1.64
Median		2.00
Std. Deviation		.484
Variance		.234
Minimum		1
Maximum		2

kebiasaan merokok

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Bukan Perokok	16	35.6	35.6	35.6
Perokok	29	64.4	64.4	100.0
Total	45	100.0	100.0	

## Frequencies

### Statistics

kebiasaan berolahraga

N	Valid	39
	Missing	6
Mean		1.62
Median		2.00
Std. Deviation		.493
Variance		.243
Minimum		1
Maximum		2

### kebiasaan berolahraga

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Buruk	15	33.3	38.5	38.5
	Baik	24	53.3	61.5	100.0
	Total	39	86.7	100.0	
Missing	System	6	13.3		
Total		45	100.0		

## Frequencies

### Statistics

penggunaan alat pelindung

pernafasan

N	Valid	45
	Missing	0
Mean		1.04
Median		1.00
Std. Deviation		.208
Variance		.043
Minimum		1
Maximum		2

**penggunaan alat pelindung pernafasan**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid pakai pelindung	43	95.6	95.6	95.6
Tidak pakai pelindung	2	4.4	4.4	100.0
Total	45	100.0	100.0	

**Frequencies**

**Statistics**

Lama pajanan per minggu

N	Valid	45
	Missing	0
Mean		2.00
Median		2.00
Std. Deviation		.000
Variance		.000
Minimum		2
Maximum		2

**Lama pajanan per minggu**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid > = 40 jam	45	100.0	100.0	100.0

**Frequencies**

**Statistics**

Riwayatpeny

N	Valid	45
	Missing	0

Riwayat penyakit

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	25	55.6	55.6	55.6
anemia	2	4.4	4.4	60.0
Asam urat	1	2.2	2.2	62.2
diabetes	2	4.4	4.4	66.7
jantung	2	4.4	4.4	71.1
kaki linu, pusing, nyeri sendi pinggang	1	2.2	2.2	73.3
Kolesterol. diabetes	1	2.2	2.2	75.6
Liver, diabetes	5	11.1	11.1	86.7
liver, diabetes, sesak	1	2.2	2.2	88.9
nyeri sendi kaki	1	2.2	2.2	91.1
pusing lemas	1	2.2	2.2	93.3
radang tenggorokan	2	4.4	4.4	97.8
sering pusing	1	2.2	2.2	100.0
Total	45	100.0	100.0	

Frequencies

Statistics

Besarnya pajanan uap xylene yang dihirup oleh pekerja

N	Valid	45
	Missing	0
Mean		59.62972
Median		36.28240
Std. Deviation		99.614664
Variance		9923.081
Minimum		.837
Maximum		489.059

## Lampiran II

Besarnya pajanan uap xylene yang dihirup oleh pekerja

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	.837	1	2.2	2.2	2.2
	1.561	1	2.2	2.2	4.4
	2.076	1	2.2	2.2	6.7
	2.254	1	2.2	2.2	8.9
	2.604	1	2.2	2.2	11.1
	3.038	1	2.2	2.2	13.3
	4.340	1	2.2	2.2	15.6
	6.692	1	2.2	2.2	17.8
	13.538	1	2.2	2.2	20.0
	17.895	2	4.4	4.4	24.4
	23.522	1	2.2	2.2	26.7
	25.817	1	2.2	2.2	28.9
	26.264	1	2.2	2.2	31.1
	36.282	4	8.9	8.9	40.0
	36.282	14	31.1	31.1	71.1
	50.021	4	8.9	8.9	80.0
	54.756	1	2.2	2.2	82.2
	58.646	1	2.2	2.2	84.4
	70.265	1	2.2	2.2	86.7
	96.637	1	2.2	2.2	88.9
	98.656	1	2.2	2.2	91.1
	141.224	1	2.2	2.2	93.3
	187.417	1	2.2	2.2	95.6
	485.179	1	2.2	2.2	97.8
	489.059	1	2.2	2.2	100.0
Total		45	100.0	100.0	

## Frequencies

### Statistics

Tingkat pajanan dibandingkan dengan

NAB

N	Valid	45
	Missing	0
Mean		1.04
Median		1.00
Std. Deviation		.208
Variance		.043
Minimum		1
Maximum		2

### Tingkat pajanan dibandingkan dengan NAB

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	< ambang batas 100 ppm	43	95.6	95.6	95.6
	>= ambang batas 100 ppm	2	4.4	4.4	100.0
	Total	45	100.0	100.0	

## Frequencies

### Statistics

jumlah pertanyaan dengan jawaban

ya atau positif

N	Valid	45
	Missing	0
Mean		3.13
Median		2.00
Std. Deviation		3.152
Variance		9.936
Minimum		0
Maximum		12

jumlah pertanyaan dengan jawaban ya atau positif

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	0	11	24.4	24.4	24.4
	1	7	15.6	15.6	40.0
	2	6	13.3	13.3	53.3
	3	5	11.1	11.1	64.4
	4	2	4.4	4.4	68.9
	5	6	13.3	13.3	82.2
	6	1	2.2	2.2	84.4
	7	1	2.2	2.2	86.7
	8	3	6.7	6.7	93.3
	10	2	4.4	4.4	97.8
	12	1	2.2	2.2	100.0
	Total	45	100.0	100.0	

## Frequencies

### Statistics

gejala neurotoksik positif atau negatif

N	Valid	45
	Missing	0
Mean		.31
Median		.00
Std. Deviation		.468
Variance		.219
Minimum		0
Maximum		1

gejala neurotoksik positif atau negatif

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	negative	31	68.9	68.9	68.9
	positive	14	31.1	31.1	100.0
	Total	45	100.0	100.0	

**Crosstabs**

**Case Processing Summary**

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Masa kerja * gejala neurotoksik positif atau negatif	45	100.0%	0	.0%	45	100.0%

**Masa kerja \* gejala neurotoksik positif atau negatif Crosstabulation**

			gejala neurotoksik positif atau negatif		Total
			Negative	positive	
Masa kerja < 10 tahun	Count	17	7	24	
	% within Masa kerja	70.8%	29.2%	100.0%	
Masa kerja >= 10 tahun	Count	14	7	21	
	% within Masa kerja	66.7%	33.3%	100.0%	
Total	Count	31	14	45	
	% within Masa kerja	68.9%	31.1%	100.0%	

**Chi-Square Tests**

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	.091 <sup>a</sup>	1	.763	1.000	.507
Continuity Correction <sup>b</sup>	.000	1	1.000		
Likelihood Ratio	.091	1	.763		
Fisher's Exact Test					
Linear-by-Linear Association	.089	1	.766		
N of Valid Cases	45				

a. 0 cells (.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 6.53.

b. Computed only for a 2x2 table

**Risk Estimate**

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for Masa kerja (< 10 tahun / >= 10 tahun)	1.214	.343	4.298
For cohort gejala neurotoksik positif atau negatif = negative	1.063	.715	1.580
For cohort gejala neurotoksik positif atau negatif = positive	.875	.367	2.086
N of Valid Cases	45		

**Crosstabs**

**Case Processing Summary**

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
kebiasaan merokok * gejala neurotoksik positif atau negatif	45	100.0%	0	.0%	45	100.0%

**kebiasaan merokok \* gejala neurotoksik positif atau negatif Crosstabulation**

			gejala neurotoksik positif atau negatif		Total
			negative	positive	
kebiasaan merokok	Bukan Perokok	Count	12	4	16
		% within kebiasaan merokok	75.0%	25.0%	100.0%
	Perokok	Count	19	10	29
		% within kebiasaan merokok	65.5%	34.5%	100.0%
Total		Count	31	14	45
		% within kebiasaan merokok	68.9%	31.1%	100.0%

**Chi-Square Tests**

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	.433 <sup>a</sup>	1	.511		
Continuity Correction <sup>b</sup>	.103	1	.748		
Likelihood Ratio	.441	1	.506		
Fisher's Exact Test				.738	.379
Linear-by-Linear Association	.423	1	.515		
N of Valid Cases	45				

a. 1 cells (25.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 4.98.

b. Computed only for a 2x2 table

**Risk Estimate**

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for kebiasaan merokok (Bukan Perokok / Perokok)	1.579	.403	6.191
For cohort gejala neurotoksik positif atau negatif = negative	1.145	.777	1.686
For cohort gejala neurotoksik positif atau negatif = positive	.725	.271	1.943
N of Valid Cases	45		

**Crosstabs**

**Case Processing Summary**

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
kebiasaan berolahraga * gejala neurotoksik positif atau negative	39	86.7%	6	13.3%	45	100.0%

## Lampiran II

kebiasaan berolahraga \* gejala neurotoksik positif atau negatif Crosstabulation

			gejala neurotoksik positif atau negatif		Total
			negative	positive	
kebiasaan berolahraga	Buruk	Count	10	5	15
		% within kebiasaan berolahraga	66.7%	33.3%	100.0%
	Baik	Count	15	9	24
		% within kebiasaan berolahraga	62.5%	37.5%	100.0%
Total		Count	25	14	39
		% within kebiasaan berolahraga	64.1%	35.9%	100.0%

### Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	.070 <sup>a</sup>	1	.792	1.000	.534
Continuity Correction <sup>b</sup>	.000	1	1.000		
Likelihood Ratio	.070	1	.791		
Fisher's Exact Test					
Linear-by-Linear Association	.068	1	.794		
N of Valid Cases	39				

a. 0 cells (.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5.38.

b. Computed only for a 2x2 table

### Risk Estimate

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for kebiasaan berolahraga (Buruk / Baik)	1.200	.310	4.651
For cohort gejala neurotoksik positif atau negatif = negative	1.067	.664	1.712
For cohort gejala neurotoksik positif atau negatif = positive	.889	.368	2.149
N of Valid Cases	39		

**Crosstabs**

**Case Processing Summary**

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Lama pajanan per hari * gejala neurotoksik positif atau negatif	45	100.0%	0	.0%	45	100.0%

**Lama pajanan per hari \* gejala neurotoksik positif atau negatif Crosstabulation**

		gejala neurotoksik positif atau negatif		Total
		negative	positive	
Lama pajanan per hari > = 40 jam	Count	31	14	45
	% within Lama pajanan per hari	68.9%	31.1%	100.0%
Total	Count	31	14	45
	% within Lama pajanan per hari	68.9%	31.1%	100.0%

**Chi-Square Tests**

	Value
Pearson Chi-Square	. <sup>a</sup>
N of Valid Cases	45

a. No statistics are computed because Lama pajanan per hari is a constant.

**Risk Estimate**

	Value
Odds Ratio for Lama pajanan per hari (> = 40 jam /.)	. <sup>a</sup>

a. No statistics are computed because Lama pajanan per hari is a constant.

Crosstabs

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
penggunaan alat pelindung pernafasan * gejala neurotoksik positif atau negatif	45	100.0%	0	.0%	45	100.0%

penggunaan alat pelindung pernafasan \* gejala neurotoksik positif atau negatif Crosstabulation

			gejala neurotoksik positif atau negatif		Total
			negative	positive	
penggunaan alat pelindung pernafasan	pakai pelindung	Count	30	13	43
		% within penggunaan alat pelindung pernafasan	69.8%	30.2%	100.0%
	tidak pakai pelindung	Count	1	1	2
		% within penggunaan alat pelindung pernafasan	50.0%	50.0%	100.0%
Total		Count	31	14	45
		% within penggunaan alat pelindung pernafasan	68.9%	31.1%	100.0%

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	.348 <sup>a</sup>	1	.555		
Continuity Correction <sup>b</sup>	.000	1	1.000		
Likelihood Ratio	.324	1	.569		
Fisher's Exact Test				.530	.530
Linear-by-Linear Association	.341	1	.559		
N of Valid Cases	45				

a. 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .62.

b. Computed only for a 2x2 table

**Risk Estimate**

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for penggunaan alat pelindung pernafasan (pakai pelindung / tidak pakai pelindung)	2.308	.134	39.783
For cohort gejala neurotoksik positif atau negatif = negative	1.395	.344	5.657
For cohort gejala neurotoksik positif atau negatif = positive	.605	.141	2.599
N of Valid Cases	45		

**Crosstabs**

**Case Processing Summary**

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Riwayat penyakit * gejala neurotoksik positif atau negatif	45	100.0%	0	.0%	45	100.0%

**Riwayat penyakit \* gejala neurotoksik positif atau negatif Crosstabulation**

			gejala neurotoksik positif atau negatif		Total
			negative	positive	
riwayatpenyakit	Tidak ada riwayat	Count	22	11	33
		% within medicalcheckup	66.7%	33.3%	100.0%
	Ada riwayat	Count	9	3	12
		% within medicalcheckup	75.0%	25.0%	100.0%
Total		Count	31	14	45
		% within medicalcheckup	68.9%	31.1%	100.0%

**Chi-Square Tests**

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	.285 <sup>a</sup>	1	.593	.725	.442
Continuity Correction <sup>b</sup>	.029	1	.865		
Likelihood Ratio	.293	1	.588		
Fisher's Exact Test					
Linear-by-Linear Association	.279	1	.597		
N of Valid Cases	45				

a. 1 cells (25.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3.73.

b. Computed only for a 2x2 table

**Risk Estimate**

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Odds Ratio for medicalcheckup (Tidak ada riwayat / Ada riwayat)	.667	.150	2.969
For cohort gejala neurotoksik positif atau negatif = negative	.889	.592	1.334
For cohort gejala neurotoksik positif atau negatif = positive	1.333	.447	3.975
N of Valid Cases	45		

**Crosstabs**

**Case Processing Summary**

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Tingkat pajanan dibandingkan dengan NAB * gejala neurotoksik positif atau negatif	45	100.0%	0	.0%	45	100.0%

## Lampiran II

**Tingkat pajanan dibandingkan dengan NAB \* gejala neurotoksik positif atau negatif Crosstabulation**

			gejala neurotoksik positif atau negatif		Total
			negative	positive	
Tingkat pajanan dibandingkan dengan NAB	< ambang batas 100 ppm	Count	29	14	43
		% within Tingkat pajanan dibandingkan dengan NAB	67.4%	32.6%	100.0%
	>= ambang batas 100 ppm	Count	2	0	2
		% within Tingkat pajanan dibandingkan dengan NAB	100.0%	.0%	100.0%
Total		Count	31	14	45
		% within Tingkat pajanan dibandingkan dengan NAB	68.9%	31.1%	100.0%

### Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	.945 <sup>a</sup>	1	.331		
Continuity Correction <sup>b</sup>	.036	1	.849		
Likelihood Ratio	1.532	1	.216		
Fisher's Exact Test				1.000	.470
Linear-by-Linear Association	.924	1	.336		
N of Valid Cases	45				

a. 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .62.

b. Computed only for a 2x2 table

**Risk Estimate**

	Value	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
For cohort gejala neurotoksik positif atau negatif = negative	.674	.548	.830
N of Valid Cases	45		

**Correlations**

**Correlations**

		Besarnya pajanan uap xylene yang dihirup oleh pekerja	jumlah pertanyaan dengan jawaban ya atau positif
Besarnya pajanan uap xylene yang dihirup oleh pekerja	Pearson Correlation	1	-.257
	Sig. (2-tailed)		.089
	N	45	45
jumlah pertanyaan dengan jawaban ya atau positif	Pearson Correlation	-.257	1
	Sig. (2-tailed)	.089	
	N	45	45

**Regression**

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.257 <sup>a</sup>	.066	.044	3.082

a. Predictors: (Constant), Besarnya pajanan uap xylene yang dihirup oleh pekerja

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	28.776	1	28.776	3.030	.089 <sup>a</sup>
	Residual	408.424	43	9.498		
	Total	437.200	44			

a. Predictors: (Constant), Besarnya pajanan uap xylene yang dihirup oleh pekerja

b. Dependent Variable: jumlah pertanyaan dengan jawaban ya atau positif

## Lampiran II

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.617	.537		6.736	.000
	Besarnya paparan uap xylene yang dihirup oleh pekerja	-.008	.005	-.257	-1.741	.089

a. Dependent Variable: jumlah pertanyaan dengan jawaban ya atau positif

## Correlations

**Correlations**

		Umur	jumlah pertanyaan dengan jawaban ya atau positif
Umur	Pearson Correlation	1	-.011
	Sig. (2-tailed)		.942
	N	45	45
jumlah pertanyaan dengan jawaban ya atau positif	Pearson Correlation	-.011	1
	Sig. (2-tailed)	.942	
	N	45	45

## Regression

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.011 <sup>a</sup>	.000	-.023	3.188

a. Predictors: (Constant), Umur

**ANOVA<sup>b</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.054	1	.054	.005	.942 <sup>a</sup>
	Residual	437.146	43	10.166		
	Total	437.200	44			

## Lampiran II

a. Predictors: (Constant), Umur

b. Dependent Variable: jumlah pertanyaan dengan jawaban ya atau positif

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.351	3.028		1.107	.275
	Umur	-.007	.090	-.011	-.073	.942

a. Dependent Variable: jumlah pertanyaan dengan jawaban ya atau positif

**SURAT PERSETUJUAN  
SEBAGAI RESPONDEN PENELITIAN**

Nomor Responden : \_\_\_\_\_

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

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

Tanggal Lahir/ Umur : \_\_\_\_\_

Pekerjaan : \_\_\_\_\_

Perusahaan : \_\_\_\_\_

Demi untuk keperluan penelitian dan analisis keselamatan dan kesehatan kerja yang akan dilakukan oleh MIRTA DWI RAHMAH – Mahasiswa Pasca Sarjana Keselamatan dan Kesehatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, maka dengan ini saya bersedia untuk mengikuti serangkaian pemeriksaan untuk pengambilan data serta memberikan izin untuk melihat catatan medis yang disimpan Perusahaan.

Demikian surat persetujuan ini saya buat untuk dapat digunakan dengan sebenarnya.

Surat persetujuan ini saya buat tanpa ada unsur paksa dari pihak manapun.

Hormat saya,

Cikarang, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Tanda tangan & nama

### PETUNJUK PENGISIAN FORMULIR

- Responden harus memberikan informasi sesuai dengan keadaannya dan tidak boleh bertanya tentang pendapat responden lain.
- Responden menjawab pertanyaan dengan memberi tanda silang pada pertanyaan pilihan dan menulis dengan huruf balok pada pertanyaan yang memerlukan jawaban dengan ditulis sendiri.

### FORMULIR PENELITIAN

Tanggal Pemeriksaan: \_\_\_\_\_, 2012                      Nomor Responden: \_\_\_\_\_

**Isilah pertanyaan sesuai dengan keadaan sebelumnya dan beri tanda silang pada pertanyaan pilihan.**

I. Identitas

a. Nama : \_\_\_\_\_

b. Umur : \_\_\_\_\_

c. Jenis kelamin:            1. Pria            2. Wanita

d. Departemen : \_\_\_\_\_

e. Lama kerja di perusahaan ini : \_\_\_\_\_ tahun \_\_\_\_\_ bulan

Lama bekerja di departemen atau bagian kerja Anda saat ini?

\_\_\_\_\_ tahun \_\_\_\_\_ bulan

Lama bekerja dalam sehari? \_\_\_\_\_ jam

Berapa hari Anda bekerja dalam seminggu? \_\_\_\_\_ hari

f. Jenis pekerjaan            1. Pre-weight  
   2. Preparation  
   3. Process

4. Filling
5. Testing/ laboratorium
6. Warehouse
7. Lain-lain, sebutkan \_\_\_\_\_

g. Kebiasaan merokok:

Apakah Anda merokok saat ini? a. Ya b. Tidak

Jika ya, sejak usia berapa Anda merokok? \_\_\_\_\_ tahun

Berapa batang rokok yang Anda hisa setiap hari?

- a. <5 batang b. 5-10 batang c. >10 batang

h. Kebiasaan memakai masker pelindung pernafasan saat bekerja:

1. Selalu memakai
2. Kadang-kadang memakai
3. Tidak memakai

i. Kebiasaan berolahraga

Apakah Anda terbiasa berolah raga? a. Ya b. Tidak

Jika ya, jenis olahraga apa yang Anda lakukan, sebutkan \_\_\_\_\_

Berapa frekuensi kegiatan Olah raga yang dilakukan dalam 1 (satu) minggu)?

- a. <3 kali b. 3-4 kali c. >4 kali

Berapa lama durasi setiap kali Anda melakukan olah raga?

- a. <30 menit b. 30-60 menit c. >60 menit

j. Apakah Anda memiliki keluhan terhadap pernafasan Anda? a. Ya b. Tidak

Apakah Anda pernah menderita Asma? a. Ya b. Tidak

Apakah Anda pernah merasakan sesak nafas? a. Ya b. Tidak

Jika ya, kapan Anda merasakannya?

- a. < 1 minggu lalu b. > 1 minggu lalu c. > 1 bulan lalu

Apakah Anda pernah merasakan batuk? a. Ya b. Tidak

Jika ya, kapan Anda merasakannya?

- a. < 1 minggu lalu b. > 1 minggu lalu c. > 1 bulan lalu

**DAFTAR PERTANYAAN KUESIONER Q18 VERSI JERMAN**

Nomor Responden : \_\_\_\_\_

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

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

Tanggal Lahir/ Umur : \_\_\_\_\_

Jenis kelamin : \_\_\_\_\_

Departemen : \_\_\_\_\_

No	Pertanyaan	Tidak (1)	Ya (2)
1.	Apakah Anda merasa pelupa pada hal yang baru saja terjadi?	1	2
2.	Apakah ada keluarga Anda yang mengatakan Anda sering lupa pada hal yang baru saja terjadi?	1	2
3.	Apakah Anda sering harus mencatat tentang hal-hal yang tidak boleh Anda lupakan?	1	2
4.	Apakah Anda secara umum menemukan kesulitan mengerti isi surat kabar dan buku?	1	2
5.	Apakah Anda sulit berkonsentrasi?	1	2
6.	Apakah Anda sering merasa mudah marah/ emosi tanpa sebab yang jelas?	1	2
7.	Apakah Anda sering merasa sedih/ depresi tanpa alasan yang jelas?	1	2
8.	Apakah Anda sering merasa lelah berlebihan diluar kebiasaan?	1	2
9.	Pernahkah Anda merasakan jantung berdebar tanpa adanya tekanan/ melakukan apapun?	1	2
10.	Apakah Anda sering merasa sesak di dada?	1	2

11.	Apakah Anda berkeringat tanpa sebab yang jelas?	1	2
12.	Apakah Anda sering mengalami sakit kepala sekali dalam seminggu atau lebih?	1	2
13.	Apakah keinginan seksualitas Anda berkurang daripada biasanya?	1	2
14.	Apakah Anda sering merasa tidak sehat?	1	2
15.	Apakah ada rasa kebal/ baal pada tangan/ kaki Anda?	1	2
16.	Apakah ada rasa lemas/ lemah pada lengan/ tungkai kaki Anda?	1	2
17.	Apakah tangan Anda bergetar ( <i>tremor</i> )?	1	2
18.	Apakah Anda tidak terbiasa dengan minuman beralkohol?	1	2