



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS RESIKO KESEHATAN PAJANAN
DIKLORMETAN DAN N-HEKSAN DI
LABORATORIUM ORGANIK PT. X TAHUN 2012**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister
Keselamatan dan Kesehatan Kerja**

Zully Achmad Fattatulhidayat

1006747744

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
PROGRAM STUDI MAGISTER KESELAMATAN
DAN KESEHATAN KERJA
DEPOK
JULI, 2012**

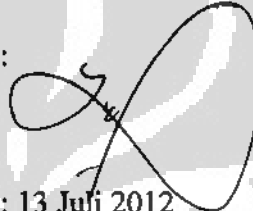
PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Zully Achmad Fattatulhidayat

NPM : 1006747744

Tanda Tangan :



Tanggal : 13 Juli 2012

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Zully Achmad Fattatulhidayat

NPM : 1006747744

Mahasiswa Program : Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Tahun Akademik : 2010/2011

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

Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Diklormetan dan N-Heksan Di Laboratorium Organik PT. X Tahun 2012

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 13 Juli 2012



(Zully Achmad Fattatulhidayat)


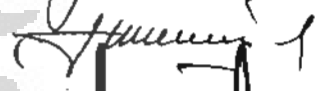

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Zully Achmad Fattatulhidayat
NPM : 1006747744
Program Studi : Program Pascasarjana Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia
Judul : Analisis Resiko Paparan Diklormetan dan n-Heksan di Laboratorium Organik 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 Pasca Sarjana Kesehatan dan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI :

1. Pembimbing I : Dra. Fatma Lestari, M.Si., Ph.D
2. Penguji I : Dr. Ir. Sjahrul M. Nasri, M.S in Hyg
3. Penguji II : Dadan Erwandi, S.Psi, M. Psi
4. Penguji III : Dr. Mas Ayu Elita Hafizah , M.Si

)
)
)
)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas karunia dan izinNya tesis ini dapat selesai tepat pada waktunya sebagai syarat kelulusan studi pascasarjana di program studi magister keselamatan dan kesehatan kerja, fakultas kesehatan masyarakat, Universitas Indonesia.

Judul penelitian ini “Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Diklormetan dan N-Heksan di Laboratorium Organik PT. X tahun 2012” disusun dengan harapan dapat membangunkan kesadaran pembaca akan pentingnya bekerja dengan aman di laboratorium yang menggunakan bahan kimia bagi seluruh pekerja laboratorium. Penulis berharap para manajemen laboratorium di seluruh Indonesia dapat menyusun analisis risiko kesehatan pada seluruh bahan kimia berbahaya yang digunakan di laboratorium untuk kepentingan keselamatan pekerjaanya.

Selama melakukan dan menyusun laporan tugas akhir penulis banyak mendapatkan dukungan dan bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu, antara lain :

1. Allah SWT atas segala rahmat, petunjuk, dan karuniaNya.
2. Istriku dan Anak – anaku tercinta yang telah membantu dan kehilangan perhatian dan banyak waktu karena kesibukan penulis.
3. Ibu Dra. Fatma Lestari, M.Si, P.hD selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan dan arahan sehingga selesainya tesis ini.
4. Bapak Dr. Sjahrul. M. Nasri, M.S Hyg yang telah mengajarkan ilmu health risk assesment dan bersedia menjadi penguji ujian tesis.
5. Ibu Dr. Ayu Elita Hafizah selaku pembimbing luar atas kesediaannya menjadi penguji luar dan membantu penulis menyelesaikan tugas akhir.
6. Bapak Dadan Erwandi, S.Psi, M.Si, dan Bapak Doni Ramdhan P.hD yang bersedia menjadi tim penguji pada ujian tesis dan seminar akhir.
7. Bapak dan Ibu dosen FKM UI yang telah mengajarkan ilmunya.

8. Ayah dan Ibu (almarhum) dan Adiku atas doa restunya yang telah menyertai penulis.
9. Teman-teman mahasiswa S2 K3 angkatan 2010.
10. Teman – teman di PT. SPI atas bantuan dan waktunya.

Semoga semua bantuan, saran, dan keiklasan yang telah diberikan mendapatkan pahala dan balasan yang berguna dari Allah SWT. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dari penyusunan tesis ini.

Bogor 13 Juli 2012

Penulis

Zully Achmad F Hidayat



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Zully Achmad Fattatulhidayat
NPM : 1006747744
Program Studi : Magister Kesehatan dan Keselamatan Kerja
Departemen : Kesehatan dan Keselamatan 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 Risiko Kesehatan Paparan Diklormetan dan N-Heksan Di Laboratorium Organik PT.-X Tahun 2012

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan 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 : 12 Juli 2012

Yang menyatakan

(**Zully Achmad Fattatulhidayat**)

ABSTRAK

Nama : Zully Achmad Fattatulhidayat
Program Studi : Program Pascasarjana Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia
Judul : Analisis Resiko Paparan Diklorometan dan n-Heksan di Laboratorium Organik PT. X Tahun 2012

Analisis senyawa organik di laboratorium umumnya menggunakan pelarut organik untuk keperluan ekstraksi dan destilasi. Pelarut organik yang banyak digunakan adalah diklorometan dan n-heksan. Penggunaan diklorometan dan n-heksan berisiko terhadap kesehatan pekerja laboratorium. Diklorometan adalah senyawa karsinogenik kategori 2 B menurut IARC, sedangkan paparan heksan berisiko terhadap kerusakan sistem saraf. Penelitian ini untuk mengetahui sebaran konsentrasi diklorometan dan n-heksan di ruangan laboratorium, profil paparan dan pengendalian yang sudah dilakukan dan risiko paparan berdasarkan konsentrasi diklorometan dan n-heksan pada pengambilan sampel perseorangan, durasi paparan dan *hazard rating*. Hasil analisis konsentrasi diklorometan dan n-heksan di seluruh ruangan laboratorium masih di bawah nilai rekomendasi *threshold limit value* dari American Conference of Governmental Industrial Hygienist. Sistem pengendalian paparan secara administratif dan penggunaan alat pelindung diri sebagai pencegahan paparan diklorometan dan n-heksan di laboratorium sudah memadai, namun diperlukan perbaikan untuk kondisi ventilasi di laboratorium sebagai bagian dari pengendalian teknis. Hasil analisis risiko kesehatan menggunakan sistem *risk rating* adalah teknisi laboratorium 1, operator GC ECD dan asisten laboratorium memiliki risiko kesehatan medium sedangkan operator GC MS dan Teknisi laboratorium 2 memiliki risiko kesehatan rendah terhadap paparan n-heksan. Teknisi laboratorium 1, teknisi laboratorium 2, operator GC MS dan asisten laboratorium memiliki risiko kesehatan medium sedangkan operator GC ECD memiliki risiko kesehatan rendah terhadap paparan diklorometan.

Kata Kunci :

Diklorometan, n-heksan, *Hazard rating*, risiko paparan, *risk rating*.

ABSTRACT

Name : Zully Achmad Fattatulhidayat
Program Study : Master Programe of Public Health Faculty
University of Indonesia
Masyarakat Universitas Indonesia
Judul : Health Risk Assessment of Dichloromethane and
n-Hexane Exposure in PT. X Organic Laboratory on
2012

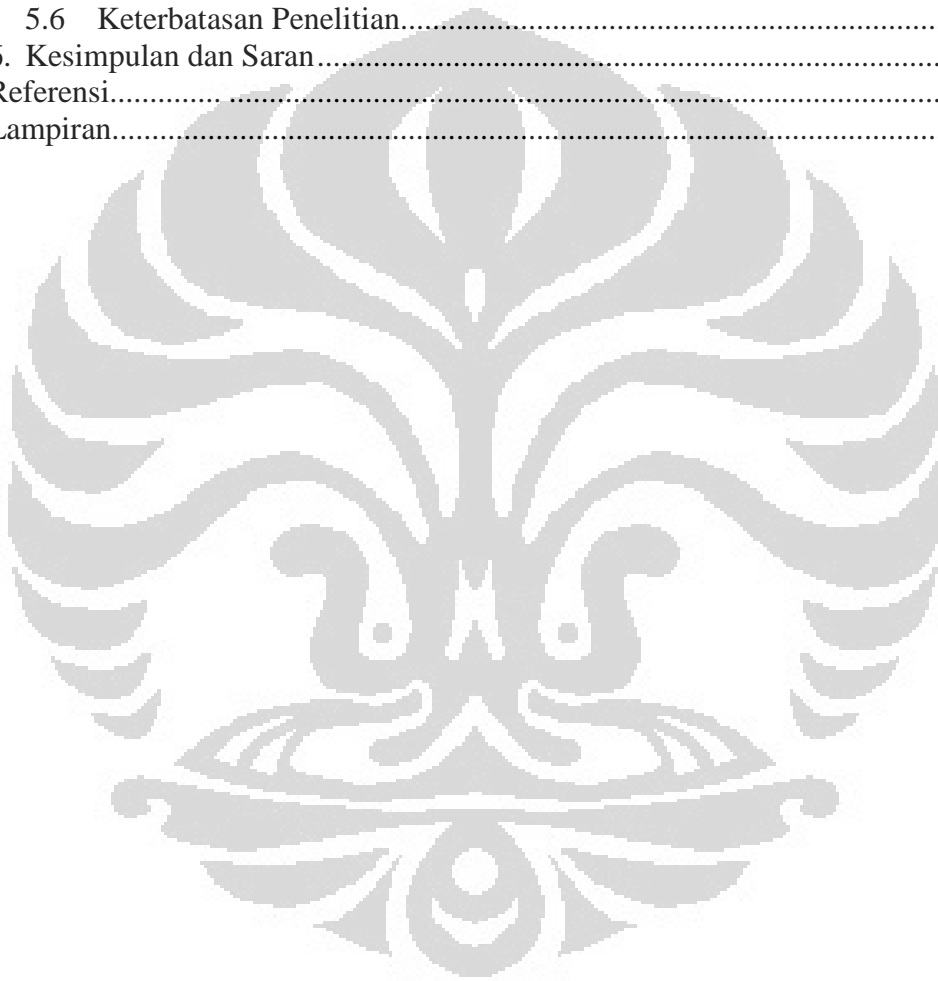
Generally organic compound analysis in laboratory need organic solvent for extraction and distillation purpose. Dichloromethane and n-hexane are a common organic solvent for laboratory analysis. The use of dichloromethane and n-hexane in laboratory have a high risk for employees health. Dichloromethane is classified as 2 B group of carcinogenic material of IARC, while n-hexane could chronically cause a nervous system damage. The purposes of this research are to determine the concentration of dichloromethane and n-hexane in workplace, the exposure and exist control profile in laboratory and to do chemical exposure risk assessment according to dichloromethane and n-hexane analysis from employees personal sampling, duration of exposure and hazard rating. The result of dichloromethane and n-hexane analysis in workplace are still below the value of threshold limit value of American Conference of Governmental Industrial Hygienist. Laboratory has a good administrative control and PPE control to prevent the exposure of dichloromethane and n-hexane but the engineering control need improvement for ventilation system. The result of n-hexane exposure health risk assessment using risk rating system are laboratory technician 1, GC ECD operator, and laboratory assistance were categorized as medium risk, while GC MS operator and laboratory technician 2 were categorized as low risk. The result of dichloromethane health risk assessment were laboratory technician 1, laboratory technician 2, GC MS operator and laboratory assistance are categorized as medium risk, while GC ECD operator was categorized low risk.

Key words : dichloromethane, n-hexane, hazard rating, risk rating

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Pernyataan Orsinalitas.....	ii
Lembar Pengesahan	iii
Kata Pengantar	iv
Persetujuan Publikasi	vi
Abstrak.....	vii
Abstract.....	viii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Lampiran	xiii
1. Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
2. Tinjauan Pustaka	6
2.1 Prinsip Penerapan HI	6
2.1.1 Rekognisi	6
2.1.2 Evaluasi.....	7
2.1.3 Control	8
2.2 Kajian Pajanan di Tempat Kerja	9
2.3 Analisis Resiko Kesehatan.....	10
2.4 Penentuan Tingkat Bahaya.....	11
2.5 Evaluasi Pajanan Berdasarkan Exposure Rating.....	16
2.6 Toksikologi Diklormetan	19
2.4.1 Sifat Fisika dan Kimia	19
2.6.3 ADME Diklormetan.....	20
2.6.4 Sifat Karsinogenitas	23
2.7 Toksikologi n-Heksan	23
2.7.3 Sifat Fisika dan Kimia	24
2.7.4 ADME n-Heksan	24
2.6 Pengendalian Bahaya Kimia di Laboratorium.....	27
2.6.1 Ventilasi.....	27
2.6.2 Proteksi Pernafasan.....	28
2.6.3 Proteksi Mata dan Kulit.....	28
2.7 Metode Monitoring Udara Kerja.....	28
2.7.1 Pengambilan Sampel Udara.....	28
2.7.2 Metode Pengukuran Uap dan Gas.....	30
3. Kerangka Teori & Kerangka Konsep.....	32
3.1 Kerangka Teori.....	32
3.2 Kerangka Konsep	34
3.3 Definisi Operasional.....	36

4. Metodologi Penelitian	39
4.1 Jenis Penelitian.....	39
4.2 Tempat & Waktu Penelitian.....	39
4.3 Metode Pengumpulan Data.....	40
4.4 Analisis Data	41
5. Hasil dan Pembahasan.....	44
5.1 Karakterisasi Dasar Lingkungan kerja.....	44
5.2 Hasil Area Monitoring	50
5.3 Profil Paparan di Ruang kerja	47
5.4 Resiko Paparan Diklorometan	60
5.5 Resiko Paparan N-Heksan.....	66
5.6 Keterbatasan Penelitian.....	72
6. Kesimpulan dan Saran.....	74
Referensi.....	76
Lampiran.....	79

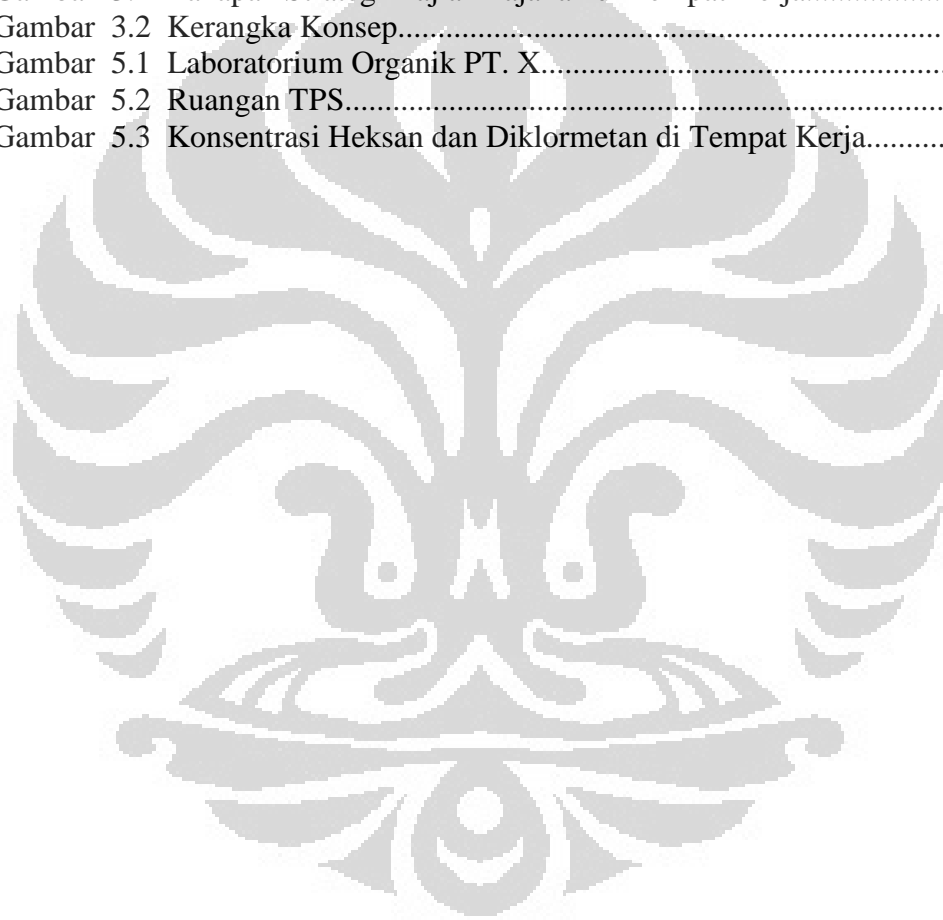


DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Pemakaian Diklormetan dan n-Heksan	2
Tabel 2.1 Hazard Rating Berdasarkan Risk Phrase.....	13
Tabel 2.2 Hazard Rating Berdasarkan Efek Lokal dan Sistemik	14
Tabel 2.3 Hazard Rating Berdasarkan Sifat Karsinogemitas.....	15
Tabel 2.4 Frekuensi Rating.....	16
Tabel 2.5 Penentuan Duration Rating.....	17
Tabel 2.6 Magnitude Rating Paparan Tunggal.....	18
Tabel 2.7 Magnitude Rating Paparan Campuran.....	19
Tabel 2.8 Sifat Kimia dan Fisika Diklormetan.....	20
Tabel 2.9 Sifat Kimia dan Fisika Diklormetan.....	24
Tabel 4.1 Sampel dan Objek Penelitian.....	39
Tabel 4.2 Exposure Rating.....	43
Tabel 4.3 Risk Matrix.....	43
Tabel 5.1 Kondisi Pengendalian di Laboratorium.....	44
Tabel 5.2 Kegiatan di Laboratorium Organik.....	50
Tabel 5.3 Profil Paparan di Ruang Preparasi.....	52
Tabel 5.4 Profil Paparan di Ruang Pencucian.....	54
Tabel 5.5 Profil Paparan di Ruang Destilasi.....	56
Tabel 5.6 Profil Paparan di Ruang Gas Kromatografi.....	57
Tabel 5.7 Profil Paparan di Ruang TPS.....	59
Tabel 5.8 Analisis diklormetan Teknisi Laboratorium 1.....	61
Tabel 5.9 Analisis diklormetan Teknisi Laboratorium 2.....	59
Tabel 5.10 Analisis diklormetan Operator GC ECD.....	63
Tabel 5.11 Analisis diklormetan Operator GC MS.....	64
Tabel 5.12 Analisis diklormetan Asisten Laboratorium.....	65
Tabel 5.13 Penentuan Risk Rating paparan Diklormetan.....	66
Tabel 5.14 Analisis n-heksan Teknisi Laboratorium 1.....	67
Tabel 5.15 Analisis n-heksan Teknisi Laboratorium 2.....	68
Tabel 5.16 Analisis n-heksan Operator GC ECD.....	69
Tabel 5.17 Analisis n-heksan Operator GC MS.....	70
Tabel 5.18 Analisis n-heksan Asisten Laboratorium.....	71
Tabel 5.19 Penentuan Risk Rating paparan N-heksan.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Praktik Higiene Industri.....	6
Gambar 2.2	Kontrol bahaya Kesehatan di Tempat Kerja.....	8
Gambar 2.3	Kajian Pajanan di Tempat Kerja.....	9
Gambar 2.4	Bagan Alir Evaluasi risiko Pajanan.....	10
Gambar 2.5	Jalur Metabolisme Diklormetan.....	22
Gambar 2.6	Jalur Metabolisme n-Heksan.....	26
Gambar 2.7	Pompa Personal Sampling.....	30
Gambar 2.8	Alat Gas Khromatografi Spektrofotometer Massa.....	31
Gambar 3.1	Tahapan Strategi Kajian Pajanan di Tempat Kerja.....	32
Gambar 3.2	Kerangka Konsep.....	34
Gambar 5.1	Laboratorium Organik PT. X.....	48
Gambar 5.2	Ruangan TPS.....	49
Gambar 5.3	Konsentrasi Heksan dan Diklormetan di Tempat Kerja.....	51



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengukuran Diklormetan di Udara Kerja

Lampiran 2 Data Pengukuran n-Heksan di Udara Kerja

Lampiran 3 Data Pengukuran Diklormetan Perseorangan

Lampiran 4 Data Pengukuran n-Heksan Perseorangan

Lampiran 5 Risk Phrase

Lampiran 6 Data Kalibrasi Diklormetan dan n-Heksan

Lampiran 7 Sampling Perseorangan

Lampiran 8 Sampling Area Kerja

Lampiran 9 Daftar Riwayat Hidup

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. X adalah perusahaan jasa analisis laboratorium yang telah terakreditasi. Salah satu jasa yang ditawarkan adalah jasa analisis laboratorium parameter lingkungan. Parameter lingkungan yang diuji terdiri dari parameter fisika, kimia anorganik, kimia organik dan biologi. Adapun jenis sampel yang dianalisis terdiri dari padatan, air, udara dan gas sesuai baku mutu pemerintah untuk jenis sampel tersebut.

Salah satu divisi laboratorium PT. X adalah divisi laboratorium organik. Beberapa analisis kandungan senyawa organik terhadap sampel lingkungan antara lain analisis minyak dan lemak cara gravimetri (metoda *Environmental Protection Agency*, EPA 1664 A), analisis *Polychlorinated Biphenyls* (PCBs) dengan kromatografi gas *Electron Capture Detector*, ECD (metoda US EPA 8081A), analisis *Total Petroleum Hydrocarbons* dengan kromatografi gas spektroskopi massa GCMS (metoda EPA 8015), analisis *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAH) menggunakan metoda kromatografi gas spektroskopi massa (US EPA 610), analisis pestisida dengan kromatografi gas ECD (metoda EPA 8081).

Seluruh analisis senyawa organik tersebut dilakukan melalui proses ekstraksi dengan pelarut organik (*solvent*). Pelarut organik yang dipakai antara adalah diklormetan dan heksan, Tabel 1.1 menunjukkan pemakaian pelarut organik di laboratorium untuk kegiatan penentuan pestisida, PCBs, PAH, TPH dan Minyak Lemak.

Metode yang digunakan di laboratorium organik PT. X adalah metode baku dari US EPA. Proses ekstraksi kandungan pestisida, PCBs, PAH, dan TPH sesuai metode US EPA menggunakan 100 mililiter (mL) diklormetan untuk satu sampel. Banyaknya sampel rata-rata per hari

adalah sekitar 5 sampel perhari, sehingga dapat diperkirakan penggunaan diklormetan adalah 2 Liter per hari.

Proses ekstraksi minyak dan lemak memerlukan pemakaian heksan sebanyak 100 mL per sampel. Rata-rata banyaknya sampel analisis minyak dan lemak adalah 5 sampel perhari, sehingga dapat diperkirakan penggunaan heksan adalah 1 Liter per hari.

Tabel 1.1 Pemakaian Diklormetan dan Heksan di Laboratorium Organik

No.	Parameter	Rata-rata Sampel Perhari	Metode	Alat Ukur	Pelarut Ekstraksi	Pelarut destilat	Jumlah Pelarut Digunakan per hari
1	Pestisida	5	US EPA 8081	GC ECD	Diklormetan	n-Heksan	500 mL
2	PCBs	5	US EPA 8081 A	GC ECD	Diklormetan	n-Heksan	500 mL
3	PAH	5	US EPA 610	GC MS	Diklormetan	Diklormetan	500 mL
4	TPH	5	US EPA 8015	GC MS	Diklormetan	Diklormetan	500 mL
5	Minyak dan Lemak	10	US EPA 1664 A	Gravimetric	n-Heksan	-	1000 mL

Penggunaan diklormetan dan heksan di laboratorium memiliki risiko terhadap kesehatan pekerja laboratorium. Menurut penelitian International Agency for Research on Cancer, IARC (2011) pada aktifitas 3 laboratorium berbeda didapatkan konsentrasi diklormetan antara 23 – 455 mg/m³ di udara kerja.

IARC (2011) menyatakan bahwa diklormetan termasuk kategori karsinogenik 2B yaitu kemungkinan dapat menimbulkan kanker pada manusia hanya belum cukup bukti penelitian yang menunjang. Pada pajanan konsentrasi tinggi diklormetan dapat menghasilkan karbon monoksida dalam metabolisme tubuh dan dapat menyebabkan kerusakan susunan syaraf pusat bahkan beberapa kasus hingga menyebabkan kematian (Helbeck, 2010).

Penggunaan heksan berpotensi bahaya iritasi pada mata, tenggorokan dan kulit. Efek kronis heksan dapat menimbulkan kelumpuhan dan mati rasa pada lengan dan kaki (Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, 2000).

Umumnya risiko penggunaan heksan dan diklormetan yang bersifat kronis tidak akan langsung dirasakan oleh pekerja secara akut, tetapi akan timbul setelah pajanan berulang selama bertahun – tahun. Berdasarkan pertimbangan

tersebut diperlukan pemantauan kandungan diklormetan dan n-heksan di udara kerja, pengendalian yang mampu mengurangi risiko pajanan, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yang benar dan disiplin penggunaan APD pada setiap kegiatan yang berpotensi terpajan.

Berdasarkan pertimbangan tingginya durasi dan volume penggunaan diklormetan dan heksan di laboratorium organik PT. X dan adanya bukti efek kesehatan pada pajanan pelarut organik tersebut dalam beberapa literatur menjadi pertimbangan perlunya dilakukan penelitian mendalam mengenai sejauhmana risiko pajanan heksan dan diklormetan pada pekerja di laboratorium organik PT. X.

Penelitian mengenai risiko pajanan diklormetan dan heksan diharapkan dapat mengetahui sebaran konsentrasi pelarut organik tersebut di area kerja, mengetahui risiko akibat penggunaannya, mengetahui kesesuaian pengendalian yang telah dilakukan dalam mencegah pajanan , dan memperbaiki sistem pengendalian yang sudah ada.

1.2 Perumusan Masalah

Penggunaan pelarut organik pada proses kerja penentuan kandungan bahan organik berpotensi mengakibatkan terpajannya pekerja yang terlibat dan pekerja lain yang berada di laboratorium oleh uap pelarut organik. Penggunaan bahan kimia tersebut berpotensi menimbulkan kerusakan pada berbagai jaringan tubuh pekerja terkait.

Berdasarkan adanya risiko kesehatan akibat pajanan diklormetan dan n-heksan diperlukan kajian penelitian mendalam mengenai konsentrasi sebaran konsentrasi diklormetan dan n-heksan di udara kerja laboratorium pada hari kerja dengan adanya kegiatan laboratorium yang menggunakan pelarut organik, profil karakteristik pajanan terhadap pekerja berdasarkan jenis kegiatan ,proses, durasi dan kandungan diklormetan dan n-heksan di udara kerja, besaran tingkat risiko kesehatan pada pekerja laboratorium akibat paparan pelarut organik, dan rekomendasi tindakan perbaikan dan pencegahan berdasarkan hasil *health risk assessment*.

1.1 Tujuan Penelitian

Secara umum tujuan penelitian ini adalah melakukan penilaian risiko kesehatan akibat pajanan pelarut organik terhadap para pekerja dilaboratorium penguji lingkungan PT. X.

Tujuan khusus penelitian adalah mengetahui sebaran konsentrasi pelarut organik di laboratorium dengan adanya kegiatan analysis yang menggunakan diklormetan dan heksan. Berdasarkan data sebaran diklormetan dan n-heksan dapat ditentukan profil kelompok pajanan diklormetan dan heksan dan menentukan kondisi pengendalian risiko pajanan diklormetan dan heksan yang sudah dilakukan. Kajian penelitian selanjutnya dapat menjadi acuan tindakan perbaikan dan pencegahan untuk mengurangi kemungkinan pajanan diklormetan dan heksan di laboratorium.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat bagi Perusahaan

- a. Sebagai acuan dalam menentukan kebijakan pengendalian risiko pajanan pelarut organik dilaboratorium penguji lingkungan.
- b. Sebagai data penunjang untuk perbaikan program *contractor safety management system* untuk pekerjaan yang sedang berjalan dan akan datang.

1.4.2 Manfaat bagi Karyawan PT. X

- a. Mendapatkan gambaran yang tepat mengenai kondisi lingkungan kerja, berikut bahaya dan risikonya terkait penggunaan pelarut organik.
- b. Mengetahui tindakan pencegahan yang tepat untuk menghindari pajanan diklormetan dan heksan.

1.4.3 Manfaat bagi Peneliti

- a. Sebagai acuan pembuatan analisis risiko kesehatan dari pajanan senyawa lain di masa yang akan datang.
- b. Menambah kemampuan peneliti dalam kajian keilmuan dan praktik higiene industri.

1.4.4 Manfaat bagi FKM UI dan Mahasiswa FKM UI

a. Menambah khazanah keilmuan K3, khususnya bidang higiene industri .

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini adalah suatu studi *crosssectional* mengenai pajanan pelarut organik n-heksan dan diklormetan yang terkandung dalam ruang kerja laboratorium organik PT. X terhadap pekerja yang menggunakan pelarut organik tersebut.

Penentuan sebaran konsentrasi diklormetan dan n-heksan dilakukan dengan melakukan pengukuran area kerja di beberapa ruangan yang menggunakan pelarut organik tersebut. Hasil pengukuran selanjutnya dibandingkan dengan nilai *Threshold Limit Value – Time Weighed Average* (TLV – TWA). Hasil perbandingan nilai TLV dengan informasi kondisi kerja dan durasi penggunaan diklormetan dan heksan diharapkan dapat memberikan gambaran kesesuaian pengendalian yang sudah ada.

Data-data mengenai bahaya pajanan heksan dan diklormetan dikaji dari berbagai data penunjang seperti Material Safety Data Sheet (MSDS), prosedur kerja, prosedur keselamatan dan kondisi pemakaian dan kesesuaian Alat Pelindung Diri (APD) menjadi gambaran profil pajanan di laboratorium yang dapat digunakan untuk memperbaiki temuan kondisi kerja yang tidak aman.

Analisis risiko kesehatan dilakukan dengan melakukan pengumpulan data sampling perseorangan terhadap para pekerja laboratorium organik ,lama pajanan dan data profil pajanan di laboratorium. Selanjutnya penarikan kesimpulan dilakukan menggunakan analisis semi kualitatif *risk rating*. Berdasarkan nilai *risk rating* dari beberapa kegiatan dan *risk rating* pajanan campuran ditentukan tingkat bahaya dan urgenitas tindakan perbaikan yang akan dilakukan.

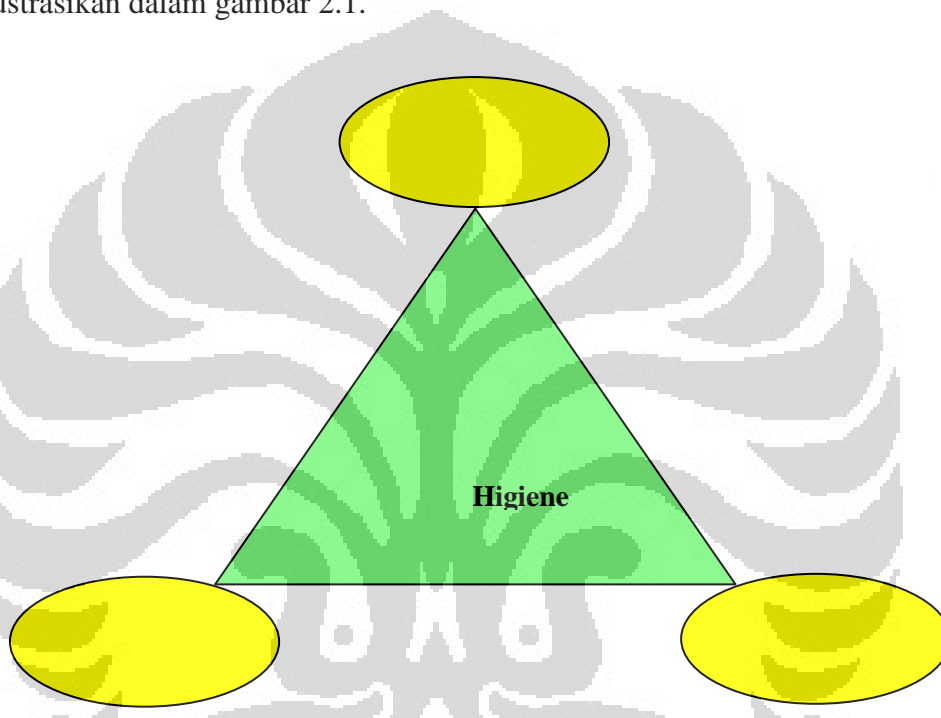
Tindakan perbaikan yang dilakukan dapat berupa perbaikan pengendalian administratif, tehnik, APD dan perubahan prosedur kerja.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prinsip Penerapan Higiene Industri

Proses higiene industri meliputi proses rekognisi, evaluasi dan pengendalian (kontrol) bahaya kesehatan lingkungan kerja (Friend & Kohn, 2007) seperti diilustrasikan dalam gambar 2.1.



Gambar 2.1. Praktik Higiene Industri

Sumber : Friend & Kohn. 2007.

2.1.1 Rekognisi

Rekognisi atau pengenalan bahaya dapat diartikan sebagai upaya atau langkah untuk mengetahui dan mengenali potensi bahaya kesehatan yang ada di tempat kerja. Rekognisi mencakup beberapa informasi seperti gambaran area lingkungan kerja, pengambilan gambar, wawancara pekerja, kaji ulang peraturan kerja perusahaan, inspeksi sebelumnya, rekaman medis, dan pengukuran lain (Friend & Kohn, 2007).

Menurut Friend & Kohn (2007), lingkup bahaya kesehatan kerja diklasifikasikan menjadi :

a. Bahaya Kimia

Bahaya kimia mencakup bahan kimia pelarut organik, asam, basa dan alkohol.

b. Bahaya Fisik

Bahaya fisik meliputi radiasi ionisasi, (*alpha, beta, gamma, X ray*), radiasi non ionisasi (infra merah, ultraviolet, gelombang mikro, frekuensi radio), kebisingan dan suhu.

c. Bahaya biologi

Bahaya biologi meliputi bakteri, virus, fungi dan serangga

d. Bahaya Ergonomi

Bahaya ergonomi meliputi cedera secara psikologi dan fisiologi terkait repetitive dan kumulatif trauma, kelelahan.

2.1.2 Evaluasi

Evaluasi bahaya kesehatan di tempat kerja meliputi pengukuran pajanan dan pajanan potensial, membandingkan pajanan dengan standar yang ada dan merekomendasikan program pengendalian bila diperlukan.

Standar yang umum dijadikan rekomendasi dan komprehensif antara lain daftar *Threshold Limit Values* (TLV) untuk bahan kimia dan fisik dan *Biological Exposure Indices* (BEIs) yang dipublikasikan oleh *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (ACGIH).

Tiga kategori TLV berdasarkan ACGIH (2010) adalah:

- a. ***Time-Weighted Average (TWA)***: Pajanan rata-rata terhadap pekerja dalam waktu 8 jam kerja per hari atau 40 jam per minggunya, dimana hampir semua pekerja terpajan, hari demi hari, tanpa menimbulkan efek kesehatan yang merugikan
- b. ***Short-Term Exposure Limit (STEL)***: Konsentrasi maksimal dimana pekerja dapat terpajan pada konsentrasi ini dalam kurun waktu sampai 15 menit secara kontinyu tanpa mengalami: iritasi, perubahan jaringan yang kronis atau tidak dapat balik (*irreversible*), narkosis yang meningkatkan kemungkinan terjadinya cedera atau secara material mengurangi efisiensi

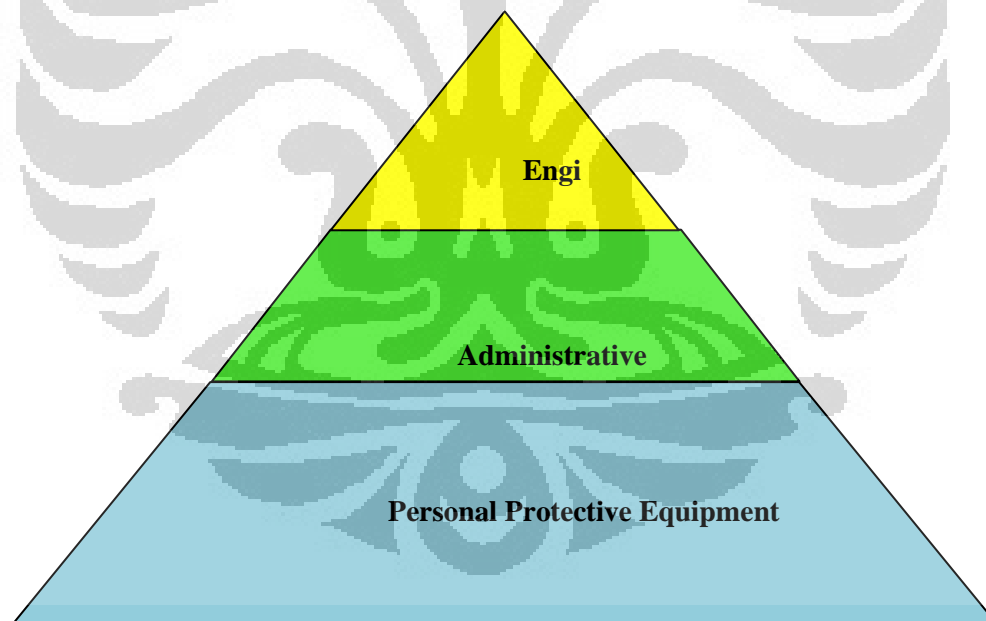
kerja. Paparan STEL tidak boleh lebih dari 15 menit dan pengulangannya tidak boleh lebih dari 4 kali pengulangan dalam sehari.

- c. **Ceiling (C)**: paparan terhadap pekerja, dimana tidak boleh dilewati dalam tiap waktu selama kerja.

2.1.3 Pengendalian (*Control*)

Pengendalian (*Control*) dapat didefinisikan sebagai perubahan proses, prosedur, dan metode untuk memperbaiki kondisi permasalahan bahaya kesehatan dan pencegahan atau meminimalisasi risiko bahaya kesehatan di lingkungan kerja (Friend & Kohn, 2007).

Urutan prioritas Kontrol diilustrasikan dalam Gambar 2.2., dimana pengendalian teknis (*engineering control*) adalah metode utama yang dipilih karena kemampuan mengeliminasi atau mengisolasi bahaya kesehatan. Misalnya penggunaan ventilasi udara yang efektif dapat memindahkan bahaya dari sumbernya sebelum mencapai zona pernafasan pekerja.



Gambar 2.2. Kontrol Bahaya kesehatan di Tempat kerja

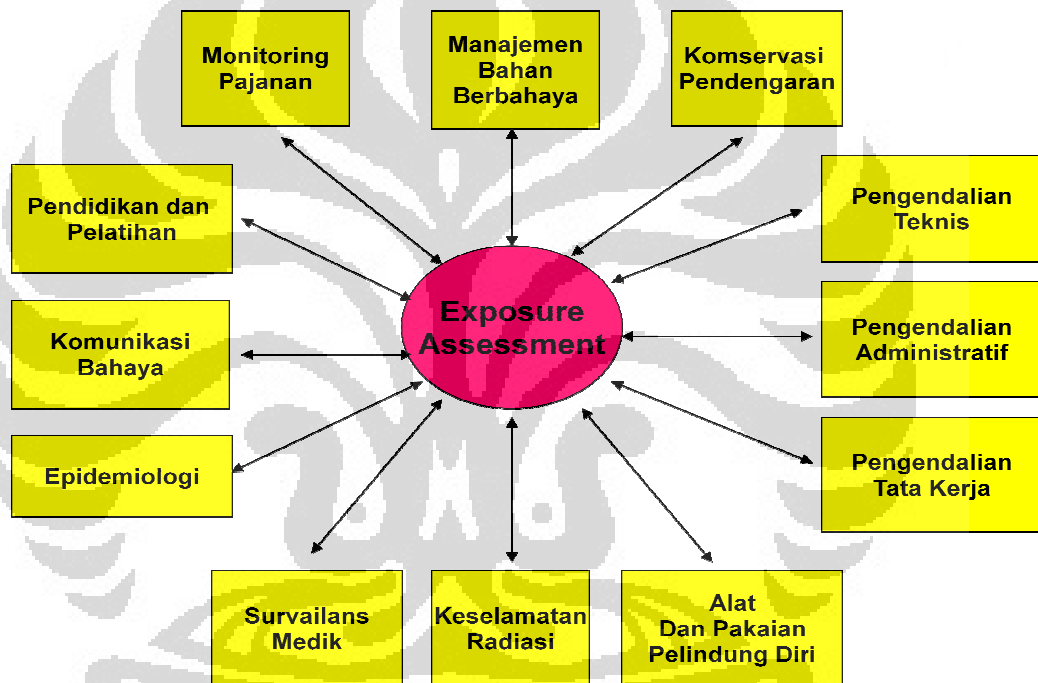
Sumber : Friend & Kohn. 2007.

Ketika pengendalian teknik (*engineering control*) tidak dapat diubah karena proses fabrikasi dan konstruksi membutuhkan waktu cukup lama, maka

diperlukan pengendalian administratif (*administrative control*) dan pengendalian alat perlindungan diri (APD) (*personal protective equipment*).

2.2 Kajian Pajanan di Tempat Kerja

Kajian pajanan di tempat kerja adalah penentuan atau estimasi secara kualitatif maupun kuantitatif dari besaran, frekuensi, lama pajanan, dan rute pajanan (Mulhausen & Damiano, 2003). Kajian pajanan di tempat kerja merupakan bagian terpenting dalam program higiene industri seperti di perlihatkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Kajian pajanan (*exposure assessment*) di tempat kerja sebagai sentral program higiene industri.

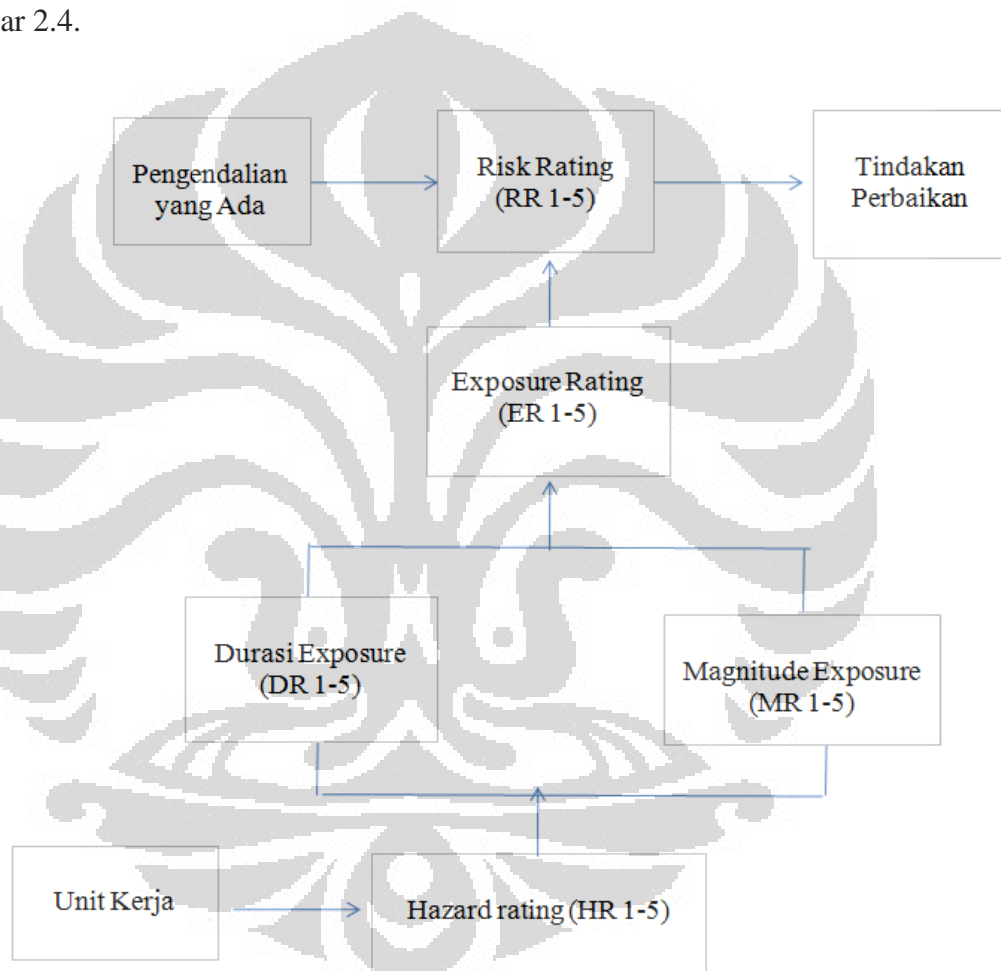
Sumber : Ignatio & Bullock. 2006

Berdasarkan panduan *American Industrial Hygiene Association*, AIHA yang diadopsi oleh Ignatio & Bullock (2006) strategi kajian pajanan di tempat kerja terdiri dari beberapa tahapan antara lain tahap mulai (*start*) untuk menentukan tujuan kajian pajanan, tahap karakterisasi dasar (*basic characterization*), tahap kajian pajanan (*exposure assessment*) mencakup pajanan yang dapat diterima (*acceptable exposure*) pajanan yang tidak dapat diterima (*unacceptable exposure*) dan ketidakpastian pajanan (*uncertain*), pengumpulan data lebih lanjut (*further*

information gathering), pengendalian bahaya kesehatan (*health hazard control*), kajian ulang (*reassessment*).

2.3 Analisis Risiko Kesehatan

Menurut Department of Occupational Safety and Health, DOSH (2000) penentuan risiko kesehatan akibat bahan kimia dapat dilakukan dengan menggunakan rating pajanan. Skema rating pajanan menurut Hanidza *et al.*, (2010) bagan alir evaluasi risiko pajanan bahan kimia dapat dilakukan seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Bagan Alir Evaluasi Risiko Pajanan Bahan Kimia

Sumber :Hanidza *et al.*, 2010.

Menurut Hanidza *et al.*, (2010) estimasi pajanan bahan kimia berdasarkan parameter berikut :

- a. Kategori Unit Kerja

Pekerja yang berpotensi terpajan dikelompokkan berdasarkan proses kerjanya karena setiap bagian memiliki kegiatan kerja yang berbeda.

b. Penentuan Tingkat bahaya

Tingkat bahaya dapat diketahui melalui *Material Safety Data Sheet* (MSDS), dan rekaman pemakaian bahan kimia. Sumber informasi tersebut menerangkan deskripsi bahaya, data toksisitas, dan efek terhadap kesehatan.

Penggunaan sistem rating risiko pajanan bahan kimia terhadap kesehatan dibutuhkan data lama pajanan (*duration exposure*) dan besaran pajanan (*magnitude exposure*). *Duration exposure* digunakan untuk menilai sifat kronik atau pajanan rutin yang dihitung berdasarkan rata-rata durasi setiap pajanan 8 jam shift kerja atau 40 jam per minggu (Hanidza, et al, 2010).

Besaran pajanan ditentukan berdasarkan konsentrasi di udara kerja dibandingkan dengan pajanan yang diijinkan. Menurut Department of Occupational Safety and Health, DOSH (2000) kategori rating pajanan adalah sebagai berikut :

- a. Kategori 5 untuk pajanan ≥ 3 kali nilai rekomendasi TLV.
- b. Kategori 4 untuk pajanan \geq Nilai ambang batas tetapi < 3 kali nilai rekomendasi TLV.
- c. Kategori 3 untuk pajanan $\geq 0,5$ Nilai ambang batas tetapi kali nilai rekomendasi TLV.
- d. Kategori 2 untuk pajanan $\geq 0,1$ Nilai ambang batas tetapi $< 0,5$ kali nilai rekomendasi TLV.
- e. Kategori 1 untuk pajanan $< 0,1$ kali nilai rekomendasi TLV.

Setelah besaran dan durasi pajanan diketahui tahap selanjutnya adalah menentukan rating pajanan (*exposure rating*). Nilai exposure rating dibandingkan dengan nilai rating bahaya (*hazard rating*) untuk mendapatkan rating risiko pajanan (*risk rating*). Menurut Occupational Safety and Health Division, OSHD (2004) kategori risk rating adalah sebagai berikut :

- a. Kategori risiko aman untuk *risk rating* 1 - 1,4
- b. Kategori risiko rendah untuk *risk rating* 1,7 – 2,4

- c. Kategori risiko medium untuk *risk rating* 2,8 - 3,2
- d. Kategori risiko tinggi untuk *risk rating* 3,5 – 4,0
- e. Kategori risiko sangat tinggi untuk *risk rating* 4,5 – 5,0

2.4 Penentuan Tingkat Bahaya

Tingkat bahaya (*hazard rating*) dalam analisis resiko kesehatan akibat bahan kimia digunakan untuk menentukan prioritas berdasarkan potensi bahaya terhadap kesehatan akibat bahan kimia. Menurut Department of Occupational Safety and Health, DOSH (2000) dan Hanidza *et al.*, (2010) tingkat bahaya dapat menggunakan rentang rating dari 1 hingga 5. Rating 1 untuk bahan yang paling tidak berbahaya hingga rating 5 untuk bahan yang paling berbahaya.

Informasi tingkat bahaya dapat dikaji melalui sumber yang bervariasi. Data Chemical Safety Data Sheet, CSDS dapat menjadi sumber acuan yang terkait penjelasan bahaya, data toksisitas, efek kesehatan dan efek akut dan kronis suatu bahan kimia. Tingkat bahaya ditentukan berdasarkan evaluasi data toksisitas, efek kesehatan, dan *risk phrase* (R) (Hanidza *et al.*, 2010). Bahan kimia yang terlepas ke lingkungan sebagai hasil reaksi, dekomposisi atau degradasi memerlukan informasi yang lebih dalam selain data MSDS dari pemasok bahan kimia.

Bahan kimia berbahaya dapat dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu berdasarkan efek sistemik dan efek lokal yang ditimbulkan. Pengelompokan ini untuk memisahkan bahan kimia yang masuk ke dalam tubuh dan mengakibatkan kerusakan organ dan sistem tubuh dan bahan kimia yang mengakibatkan gangguan pada bagian tubuh yang terpajan yaitu kulit atau mata (Hanidza *et al.*, 2010).

Penerapan sistem informasi bahaya bahan kimia dapat dilakukan dengan penggunaan label pada kemasan bahan kimia berbahaya. Pelabelan bahan kimia berdasarkan informasi *Risk Phrase* yang terdiri dari huruf R dan diikuti dengan angka sesuai dengan sifat bahan kimia tersebut (International Programme on Chemical Safety, IPCS, 2012). Penjelasan mengenai keterangan *R Phrase* dari R1 hingga R64 dan kombinasinya dapat dilihat pada lampiran 3.

Penentuan *hazard rating* bahan kimia tunggal berdasarkan *R Phrase* dapat menggunakan tabel 2.1. Berdasarkan efek sistemik dari tingkat bahaya paling

tinggi hingga paling rendah, beberapa sifat bahan kimia dalam tabel 2.1 dapat dikelompokkan menjadi kelompok sangat toksik, toksik, *harmful*, sensitif terhadap pernafasan, dan iritasi terhadap pernafasan (Hanidza *et al.*, 2010). Sedangkan berdasarkan efek lokal dikelompokkan menjadi korosif terhadap kulit (R34 dan R35) atau mata dan iritasi terhadap mata dan kulit (R41, 38 dan 36).

Kelompok sangat toksik terdiri dari R26 – R28, 39, 45(1), 46(1), 47(1), dan 49(1). Kelompok toksik terdiri dari R23 – 25, 39, 48, 45(2), 46(2), 47(2), 49(2). Kelompok *harmful* terdiri dari R20 – 22, 40, 40(3), 40(M2), dan 48. Kelompok sensitasi terhadap pernafasan R42, kelompok iritasi terhadap pernafasan yaitu R37 (Department of Occupational Safety and Health, DOSH, 2000).

Tabel 2.1 Hazard Rating Berdasarkan Risk Phrase

Efek	Akut / Kronis	Rute Paparan				Tidak Spesifik	Hazard Rating (HR)
		Inhalasi	Dermal	Mata	Ingesti		
Sangat Toksik	Akut	R26	R27		R28	R39	5
	Kronis	-	-		-	-	
Toksik	Akut	R23	R24		R25	R39	4
	Kronis	-	-		-	R48 , R39	
Harmful	Akut	R20	R21		R22	R40	3
	Kronis	-	-		-	R48 , R40	
Korosif	Akut		R35				4
			R34				3
Iritasi	Akut	R37	-	R41			3
		-	R38	R36			2
Sensitasi	Akut	R42	-				3
		-	R43				2
Karsinogenik	Kronik	R49 (1)				R45 (1)	5
		R49 (2)				R45 (2)	4
		-				R40 (3)	3
Mutagenik						R46 (1)	5
						R46 (2)	4
						R40 (M2)	3
Teratogenik						R47 (1)	5
						R47 (2)	4

Sumber : Department of Occupational Safety & Health, DOSH, 2000

Penentuan *hazard rating* berdasarkan efek sistemik dan efek lokal dapat menggunakan Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hazard Rating Berdasarkan Efek Lokal dan Sistemik

Hazard Rating	Efek Kesehatan	Kategori Bahaya
5	Lokal : Kerusakan cukup parah pada kulit, mata atau membran mukosa yang dapat menyebabkan kematian dengan pajanan tunggal Sistemik : Efek yang irreversibel pada sistem syaraf pusat, kematian fungsi ginjal, hati, anemia atau paralisis dengan pajanan tunggal	Bahan sangat toksik, LD50<25 mg/Kg (oral), LD50<50 mg/Kg (kulit), LC50<0,5 mg/Liter
4	Lokal : Kerusakan pada kulit, mata atau membran mukosa yang cukup parah yang dapat menyebabkan kerusakan permanen, melalui pajanan tunggal atau berulang Sistemik : Efek yang sangat parah pada kesehatan melalui pajanan berulang	Bahan sangat korosif, toksik, LD50 25-200 mg/Kg (oral), LD50 50-400 mg/Kg (kulit), LC50 0,5-2 mg/Liter
3	Lokal : Kerusakan serius pada mata, kulit atau membran mukosa pada pajanan tunggal atau berulang Sistemik : Efek parah pada mata, kulit atau membran mukosa pada pajanan tunggal atau berulang	Bahan korosif, sensitasi pemapasan, iritasi cukup parah pada mata, <i>harmful</i> , LD50 200-500 mg/Kg (oral), LD50 400-2000 mg/Kg (kulit), LC50 2-20 mg/Liter
2	Lokal : Efek yang reversibel pada kulit, mata atau membran mukosa yang tidak terlalu parah Sistemik : Efek yang segera dapat pulih pada satu kejadian pajanan	Iritasi dan sensitasi pada kulit
1	Diketahui tidak menimbulkan efek kesehatan	Bukan termasuk bahan berbahaya

Sumber : Department of Occupational Safety & Health, DOSH, 2000

Penentuan *Hazard Rating* dapat dilakukan dengan berdasarkan sifat karsinogenitas bahan kimia. Beberapa badan internasional seperti American Conference of Governmental Industrial Hygiene, ACGIH dan International Agency for Research on Cancer, IARC membuat klasifikasi mengenai sifat karsinogenik bahan kimia. Penentuan hazard rating berdasarkan sifat karsinogenik dapat menggunakan tabel 2.3.

Tabel 2.3 Hazard Rating Berdasarkan Sifat Karsinogenik

Hazard Rating	Kategori Karsinogenitas	Contoh Bahan Kimia
1	Karsinogenitas ACGIH A5 & IARC Golongan 5	Butana, Natrium Klorida
2	Karsinogenitas ACGIH A4	Aseton, Debu Aluminium
3	Karsinogenitas ACGIH A3 & IARC Golongan 2 B	Diklormetan, Styrena
4	Karsinogenitas ACGIH A2 & IARC Golongan 2 A	Trikloroetilen, Tetrakloroetilen
5	Karsinogenitas ACGIH A1 & IARC Golongan 1	Benzena, Benzidin, monomer Vinyl Klorida, Merkuri Logam

Sumber : Occupational Safety and Health Division, OSHD (2004)

Menurut American Conference of Governmental Industrial Hygiene, ACGIH (2010) kategori karsinogenitas dikelompokkan menjadi A1, A2, A3, A4 dan A5. Kategori A1 artinya telah dikonfirmasi menyebabkan kanker pada manusia berdasarkan bukti-bukti yang mendukung melalui penelitian epidemiologi. Kategori A2 artinya dicurigai menimbulkan kanker pada manusia karena terbukti menimbulkan kanker pada hewan uji namun belum cukup bukti pada manusia. Kategori A3 artinya telah terbukti menimbulkan kanker pada hewan uji namun belum diketahui kemungkinan menimbulkan kanker pada

manusia. Kategori A4 artinya diduga ada kemungkinan menimbulkan kanker pada manusia namun tidak dapat di kaji karena informasi mengenai penelitiannya belum ada. Penelitian pada hewan uji belum dapat membuktikan termasuk kategori A1, A2, A3 atau A5. Kategori A5 artinya berdasarkan penelitian epidemiologi terbukti bukan merupakan bahan penyebab kanker pada manusia.

International Agency for Research on Cancer, IARC (2011) membuat klasifikasi karsinogenitas menjadi golongan 1, 2A, 2B, 3 dan 4. Golongan 1 adalah bahan yang bersifat karsinogenik pada manusia,. Golongan 2A adalah bahan yang memiliki kemungkinan bersifat kanker pada manusia, Golongan 2B adalah bahan yang dapat memiliki kemungkinan bersifat karsinogenik pada manusia, Golongan 3 adalah bahan yang belum diklasifikasikan bersifat karsinogenik dan golongan 4 adalah bahan yang kemungkinan tidak bersifat karsinogenik.

2.5 Evaluasi Paparan Berdasarkan *Exposure Rating*

Tujuan penetapan *exposure rating* adalah untuk menentukan potensi bahaya bahan kimia terhadap kesehatan akibat masuknya bahan kimia ke dalam tubuh melalui berbagai jalur paparan dan menyebabkan efek sistemik dan efek lokal (kontak dengan mata, kulit dan jalur pernafasan).

2.5.1 Derajat Paparan (*Magnitude Rating*)

Estimasi derajat paparan umumnya berdasarkan parameter frekuensi paparan, durasi paparan, dan intensitas atau kuantitas paparan. Frekuensi paparan dapat ditentukan melalui tabel 2.4 .

Tabel 2.4 Frekuensi Rating

Rating	Definisi
5	Potensial Terpapar Satu kali atau lebih per shift atau per hari
4	Terpapar lebih dari satu kali perminggu
3	Terpapar lebih dari satu kali perbulan
2	Terpapar lebih dari satu kali pertahun
1	Terpapar di bawah satu kali pertahun

Sumber : Department of Occupational Safety & Health, DOSH, 2000

Durasi pajanan digunakan untuk memberikan penilaian sifat kronis atau pajanan rutin. Durasi pajanan memberikan efek signifikan pada pajanan bahan kimia. Total durasi pajanan adalah gabungan banyaknya pajanan dan rata-rata durasi pajanan pada setiap pajanan. Durasi pajanan dapat ditentukan melalui duration rating pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Penentuan Duration Rating

Rating	Total Durasi Pajanan	
	% Jam Kerja	Durasi per 8 jam Shift
5	> 87,5 %	> 7 Jam / Shift
4	50 - 87,5 %	4 sampai 7 Jam / Shift
3	25 - 50 %	2 sampai 4 Jam / Shift
2	12,5 % - 25 %	1 sampai 2 Jam / Shift
1	< 12,5 %	< 1 Jam / 8 Jam Shift

Sumber : Department of Occupational Safety & Health, DOSH, 2000

Kuantitas pajanan antara lain dapat ditentukan dengan melakukan pengukuran konsentrasi bahan kimia di tempat kerja dan dibandingkan dengan nilai rekomendasi *threshold limit value*. Kuantitas pajanan dalam analisis risiko kesehatan dinyatakan dalam bentuk *magnitude rating*. Nilai *magnitude rating* ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.6.

Pajanan bahan kimia tidak merata dalam 8 jam kerja, pada waktu tertentu mungkin tinggi dan pada saat yang lain mungkin tidak terdeteksi. Konversi pajanan bahan kimia pada beberapa waktu kedalam rata-rata tertimbang waktu 8 jam (TWA) dapat menggunakan persamaan 2a berikut.

$$\underline{C_1 T_1 + C_2 T_2 \dots + C_n T_n} \quad (2a)$$

8

C_1 adalah pajanan bahan kimia pada kegiatan 1 dan T_1 adalah waktu pajanan pada kegiatan 1, demikian berlaku untuk pajanan waktu yang lain dalam satu shift 8 jam kerja.

Ketika para pekerja terpajan dua atau lebih bahan kimia yang memiliki efek independen maka nilai TLV semua bahan kimia tersebut harus dijumlahkan menggunakan persamaan 2a .

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \leq 1 \quad (2b)$$

Dimana : C_1 adalah konsentrasi bahan kimia 1, C_2 adalah konsentrasi bahan kimia 2, C_n konsentrasi bahan kimia ke n, T_1 adalah adalah nilai TLV bahan kimia 1, T_2 adalah adalah nilai TLV bahan kimia 2, T_n adalah adalah nilai TLV bahan kimia ke n. Nilai TLV gabungan adalah 1, artinya apabila hasil perhitungan gabungan konsentrasi bahan kimia dibagi dengan nilai TLV lebih besar dari 1 maka pajanan campuran melebihi nilai rekomendasi TLV gabungan. Tabel 2.7 menunjukkan penentuan nilai *magnitude rating* akibat pajanan campuran.

Tabel 2.6 Penentuan *Magnitude Rating* Pajanan Tunggal

Rata-rata Tertimbang Waktu (TWA)	Magnitude Rating
$\geq 3 \times \text{TLV}$	5
$\geq \text{TLV}$, tapi $< 3 \times \text{TLV}$	4
$\geq 0,5 \times \text{TLV}$, tapi $< \text{TLV}$	3
$\geq 0,1 \times \text{TLV}$, tapi $< 0,5 \times \text{TLV}$	2
$< 0,1 \text{ TLV}$	1

Sumber : Occupational Safety and Health Division, OSHD (2004)

Tabel 2.7 Penentuan *Magnitude Rating* Paparan Campuran

Rata-rata Tertimbang Waktu (TWA)	Magnitude Rating
≥ 3	5
1 - 3	4
0,5 - 1	3
0,1 - 0,5	2
$< 0,1$	1

Sumber : Occupational Safety and Health Division, OSHD (2004)

2.3 Toksikologi Diklorometan

Diklorometan atau *methylene chloride* murni merupakan cairan tidak berwarna, berbau khas (*sweet odor*), mudah menguap, dan tidak mudah terbakar (Helbeck, 2010).

Diklorometan tidak berada secara alami di lingkungan, melainkan umumnya hasil sintesis melalui reaksi dari hidrogen klorida dan methanol membentuk metil klorida kemudian melalui pencampuran dengan klorin menghasilkan diklorometan (International Agency for Research on Cancer, 2011).

Umumnya diklorometan terlepas ke lingkungan sebagai produk akhir dari berbagai industri seperti penggunaannya sebagai cairan penghapus cat, manufaktur farmasi, produksi *polyurethane*, industri fotografi, resin polikarbonat, hingga distribusi *solvent* dan formulasi.

2.3.1 Sifat Fisika dan Kimia Pelarut Diklormetan

Tabel 2.8. Sifat Fisika dan Kimia Diklormetan

Sifat	Informasi
Nama IUPAC	: Dichloromethane
Chem. Abstr. Serv. (CAS)	: 75-09-2
Rumus kimia	: CH ₂ Cl ₂
Bentuk Fisik	: Cairan
Berat molekul	: 84,93 g/mol
Warna	: tidak berwarna
Densitas Uap	: 2,93 (udara = 1)
Titik leleh	: - 95 °C
Titik didih	: 40 C (1013 kPa)
Densitas	: 1,33 g/cm ³
Bau	: segar, menyenangkan
Konsentrasi tercium bau	: 540 – 2,160 mg/m ³ (160 – 620 ppm)
Kelarutan , dalam air 20°C	: 20,000 mg / liter
dalam air 25°C	: 16,700 mg / liter
dalam pelarut organik	: Larut dalam alkohol, aseton, eter, kloroform, dan karbon Tetrakhlorida
Tekanan Uap, pada suhu 20°C	: 349 mmHg
Pada suhu 30°C	: 500 mmHg
Log Kow	: 1,3

Sumber : International Agency for Research on Cancer, 2005

2.3.1 Absorpsi, Distribusi, Metabolisme dan Eliminasi Ekresi (ADME) Diklormetan

a. Absorpsi

Jalur pajanan utama diklormetan adalah melalui inhalasi, selama absorpsi dalam paru-paru konsentrasi diklormetan dalam alveoli berkesetimbangan dengan pembuluh darah vena paru hingga mendekati keadaan stabil (*steady*

state). Setelah seluruh jaringan mencapai keadaan *steady state* dalam jalur paru dan jalur lain, maka proses pengeluaran (*uptake*) diseimbangkan oleh metabolisme dan eliminasi. Keadaan *steady state* ini umumnya 2-4 jam setelah pajanan 70 – 75 % diklormetan yang terhisap diabsorpsi secara terpisah dalam proses awal (*initially*).

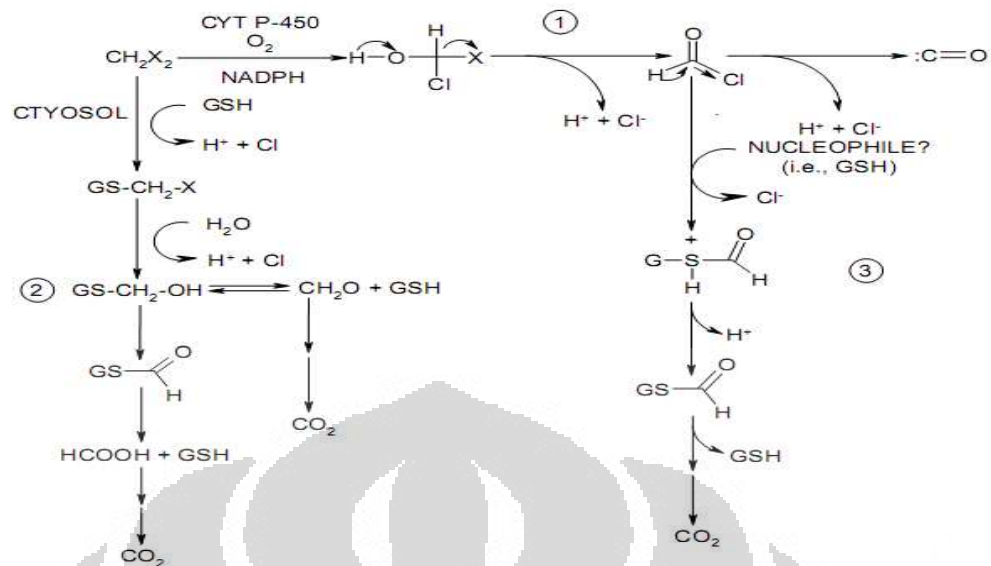
b. Distribusi

Setelah diklormetan diabsorpsi dalam paru-paru, jaringan lipoprotein dalam darah akan melarutkannya dan membawa ke sistem sirkulasi organ tubuh. distribusi diklormetan dan metabolitenya akan berada di hati, ginjal, paru, otak, otot, dan jaringan adiposa setelah pajanan inhalasi. (Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, 2000). Satu jam setelah pajanan konsentrasi tertinggi akan berada di *white adipose tissue* selanjutnya menuju hati. Konsentrasi di ginjal, otak dan adrenal lebih kecil dari 50 % konsentrasi di hati. Konsentrasi di jaringan lemak akan menurun setelah 2 jam pajanan. Selanjutnya konsentrasi di jaringan lain juga akan menurun secara perlahan (Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, 2000).

c. Metabolisme

Proses metabolisme diklormetan dalam tubuh diyakini terdiri dari 3 jalur (*pathway*). Jalur pertama memerlukan katalis CYP2E1-*catalyzed oxidation* membentuk karbon monoksida melalui intermediet *formyl chloride* . Jalur kedua melalui jalur mediasi GSH melibatkan theta class Glutathione Transferase, GST, GSTT-1. Jalur ketiga adalah melalui jalur P450 yang diyakini bahwa karbon dioksida dihasilkan melalui oksidasi *formyl chloride* menggunakan nukleofilik seperti GSH (Casarett & Douls, 2008).

Proses metabolisme diklormetan dapat dilihat pada gambar 2.5 .



Gambar 2.5 Jalur Metabolisme Diklormetan

Sumber : Casarett & Douls , 2008

d. Eliminasi

Jalur utama eliminasi diklormetan dari tubuh adalah melalui ekspirasi udara dan urin. Pada 4 subjek manusia yang terpajan 100 ppm diklormetan selama 2 jam, rata-rata 22,6 ug (0.003 %) diekresikan melalui urin dibawah 24 jam setelah pajanan. Persentase tersebut berdasarkan asumsi kecepatan pajanan 1 mg/m³ dan seluruh diklormetan terabsorpsi. Diklormetan terekresikan melalui udara 30 menit setelah pajanan. Dalam pajanan 2 – 4 jam diklormetan yang dikeluarkan sekitar 20 ppm, dan menurun hingga 5 ppm setelah 30 menit. Sekitar setengah dari diklormetan dalam darah akan dikeluarkan dalam waktu sebelum 40 menit. Sebagian diklormetan mengalami perubahan menjadi senyawa yang lain. Salah satu senyawa yang terbentuk adalah karbon monoksida (CO) (Agency for Toxic Substances and Diseases Registry ,2000). Karbon monoksida bersifat toksik karena dapat bereaksi dengan hemoglobin membentuk karboksi hemoglobin (CO-Hb). Pada konsentrasi pajanan diklormetan melebihi 500 ppm maka pajanan tersebut akan melebihi ambang batas yang diperbolehkan untuk pajanan karbon monoksida secara langsung. Pajanan pada konsentrasi tersebut akan menimbulkan penurunan kandungan oksigen dalam otak dan hati sehingga menimbulkan kerusakan permanen pada organ tersebut (Casarett & Douls, 2008).

2.3.3 Sifat Karsinogenitas

Sejak tahun 1999 IARC Monographs (2011), telah menetapkan bahwa diklormetan ke dalam golongan 2 B dalam karsinogenitas. Golongan 2 B artinya bahan yang mungkin dapat menyebabkan kanker tetapi belum cukup bukti pajanan terhadap manusia (Winder, 2005).

Environmental Protection Agency, EPA (2000) menyatakan beberapa kajian tidak signifikan secara statistik menunjukkan peningkatan kematian akibat kanker dari pajanan diklormetan. Penelitian terhadap binatang uji, pajanan diklormetan menunjukkan peningkatan tumor pada hati dan paru-paru. EPA memutuskan bahwa diklormetan mungkin menimbulkan kanker pada manusia pada rangking B2.

EPA menggunakan model matematik berdasarkan penelitian terhadap hewan uji untuk memperkirakan manusia terkena kanker dari menghirup diklormetan dengan estimasi risiko inhalasi $4,7 \times 10^{-7} \text{ ug/m}^3$. EPA memperkirakan bahwa individu yang secara terus menerus menghirup diklormetan pada rata-rata $0,002 \text{ ug/m}^3$ selama hidupnya akan memiliki tidak lebih dari satu dalam sejuta peningkatan kemungkinan terkena kanker sebagai hasil langsung menghirup bahan kimia tersebut.

2.4 Toksikologi n – Heksan

n-Heksan murni merupakan cairan tidak berwarna, berbau seperti minyak tanah, mudah terbakar, dan uapnya dapat bersifat mudah meledak. (Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, 1999).

n - Heksan berada di alam melalui pemisahan dari minyak bumi (Crude Oil). n – heksan murni umumnya hanya digunakan di laboratorium. Kebanyakan n – heksan digunakan di industri dicampur dengan bahan kimia sejenis yang disebut pelarut (*solvents*). Nama yang umum untuk beberapa campuran pelarut yang mengandung heksan antara lain heksan komersial, campuran heksan, petroleum eter, petroleum nafta, dan petroleum benzen (Helbeck, 2010).

Penggunaan utama heksan adalah untuk ekstraksi minyak sayur dari biji kacang. Heksan juga digunakan sebagai bahan pembersih pada percetakan, tekstil,

furniture, dan sepatu. Beberapa jenis lem pada atap, sepatu, dan industri kulit juga mengandung heksan (Helbeck, 2010).

2.4.1 Sifat Kimia dan Fisika n – Heksan

Sifat – sifat kimia dan fisika n – Heksan disajikan dalam table 2.9 berikut :

Tabel 2.9. Sifat Fisika dan Kimia n - Heksan

Sifat	Informasi
Nama IUPAC	: n – Hexane
Chem. Abstr. Serv. (CAS)	: 110-54-3
Rumus kimia	: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$
Bentuk Fisik	: Cairan
Berat molekul	: 86,18 g/mol
Warna	: tidak berwarna
Rentang Terbakar	: 1,1 – 7,5 %
Titik leleh	: - 95 °C
Titik didih	: 69 °C (1013 KPa)
Densitas	: 0,6603 g/cm ³
Bau	: khas hexane (<i>faint</i>)
Konsentrasi tercium bau	: 130 ppm
Titik Nyala	: -22 °C
Kelarutan , dalam air 20 ⁰ C	: tidak larut
dalam pelarut organik	: Larut dalam alkohol, aseton, eter, kloroform, dan karbon tetraklorida
Tekanan Uap, pada 25 °C	: 150 mmHg
pada 34 °C	: 138 mmHg
Log Kow	: 3,29

Sumber : Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, 2000

2.4.2 Absorpsi, Distribusi, Metabolisme dan Eliminasi Ekresi (ADME) n - Heksan

a. Absorpsi

Heksan dapat masuk ke dalam tubuh terutama melalui jalur inhalasi ke paru-paru dalam proses pernafasan. Hal ini karena n – heksan bersifat mudah menguap (tekanan uap 150 mmHg pada 25°C). N-

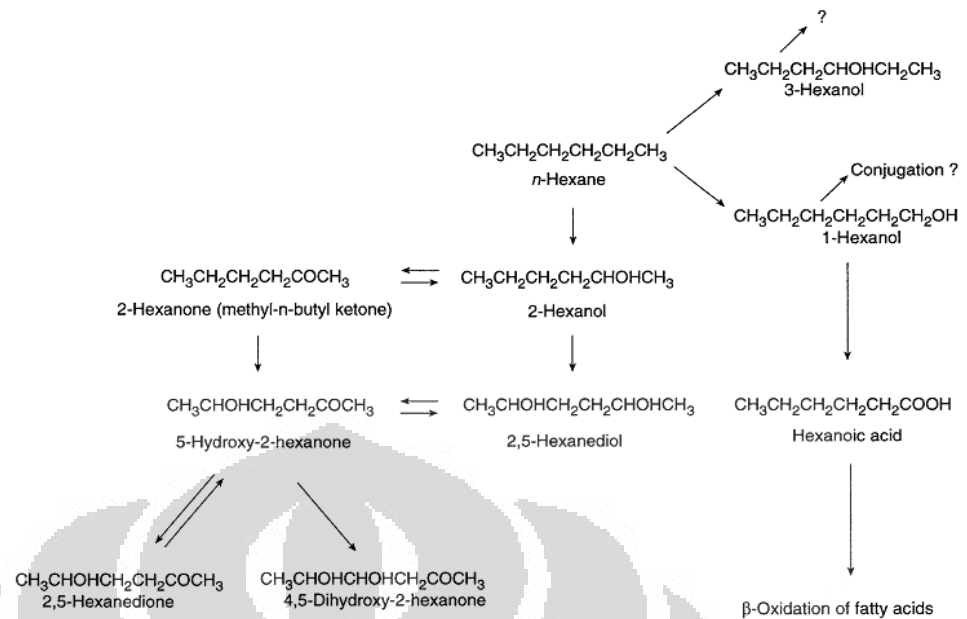
heksan juga memiliki kelarutan sangat rendah dalam air. Pada manusia segera terabsorpsi ke paru-paru dengan persentase 20-30 %. Absorpsi disebabkan oleh difusi pasif melalui membran sel *epithelial*. Adapun absorpsi melalui oral dan kulit n-heksan masih jarang diteliti.

b. Distribusi

Heksan yang melalui jalur inhalasi terdistribusi ke seluruh tubuh berdasarkan koefisien partisi pada jaringan darah. Besarnya distribusi secara berurutan dari yang terbesar adalah pada lemak tubuh, selanjutnya hati, otak, otot, lalu ginjal, jantung, paru-paru, selanjutnya dalam darah. Penyimpanan n-heksan dalam lemak tubuh tidak memperlihatkan keberadaannya pada pajanan inhalasi karena proses metabolismenya yang relatif cepat.

c. Metabolisme

Proses metabolisme n-heksan dalam tubuh terjadi di hati. Reaksi awal oleh sitokrom P-450 menjadi 2-heksanol. Reaksi selanjutnya konversi 2-heksanol menjadi 2-heksanon, 2,5-heksanadiol, 5-hidroksi-2-heksanon, 4,5-hidroksi 2-heksanon dan neurotoksikan 2,5-heksanadion. Hidroksilasi pada posisi 1 dan 3 dapat dikatakan sebagai jalur detoksifikasi, sementara hidroksilasi pada posisi 2 adalah jalur bioaktivasi. Seluruh senyawa metabolit ini memproduksi polyneuropathies. Sifat neurotoxicity 2,5-heksanadion spesifik dalam bentuk struktur gamma diketon, dimana pada posisi 2,3-, 2,4-heksadion dan 2,6-heptanadion bersifat neurotoksik, sementara 2,5-heptanadion, 3,6-Oktadion dan gamma diketon lain bersifat neurotoksik (Winder, 2005). Diagram jalur metabolisme n-heksan pada mamalia diperlihatkan pada gambar 2-6.



Gambar 2.6 Jalur Metabolisme n - Heksan

Sumber : Winder, 2005

d. Eliminasi

Penelitian pada beberapa pekerja yang terpajan n-heksan menggambarkan bahwa ekresi alveolar n-heksan adalah sekitar 10 % dari total yang dikeluarkan. Proses tersebut terdiri dari 2 fasa yaitu fasa cepat dengan waktu paruh 11 menit dan fase lambat dengan waktu paruh 99 menit. Konsentrasi metabolit pada urin yang terendah terjadi pada dari awal awal shift kerja, yang tertinggi pada akhir shift kerja dan berlangsung hingga hari berikutnya. Waktu paruh ekresi urin dari total metabolit heksan para pekerja tersebut adalah 13-14 jam (Agency for Toxic Substances and Diseases Registry, 2000).

Terdapat hubungan yang erat antara konsentrasi n-heksan di udara dengan konsentrasi 2,5-heksanadion pada urin di akhir kerja shift, sehingga waktu tersebut menjadi saat yang tepat untuk mengestimasi seluruh pajanan. Perhitungan para peneliti menyebutkan sekitar 3 mg 2,5-heksanadion per gram kreatin akan seimbang dengan 50 ppm n-heksan di udara (rata-rata pajanan harian). (American Conference of Governmental Industrial Hygienist, ACGIH, 2010).

2.6. Pengendalian Bahaya Kimia di Laboratorium

2.6.1 Ventilasi

Ventilasi adalah pergerakan udara dan tujuan utama ventilasi adalah memindahkan udara terkontaminasi dari ruangan kerja dan memasukan udara bersih ke dalam ruangan (National Research Council, NRC, 2010).

Ventilasi udara diatur untuk menyediakan 6 sampai 12 pergantian udara ruangan per jam (NRC, 2010). Umumnya ventilasi terdiri dari dua sistem yang umum yaitu ventilasi umum dan ventilasi lokal (Mohamed, 2008).

Ventilasi umum bekerja dengan pengenceran udara terkontaminasi di dalam ruangan. Ventilasi umum biasanya disarankan untuk bahan tidak berbahaya untuk kontrol temperatur dan kelembaban.

Ventilasi lokal adalah mengeluarkan secara langsung udara terkontaminasi dari sumbernya. Ventilasi lokal direkomendasikan untuk udara yang mengandung uap berbahaya (Mohamed, 2008).

Ventilasi lokal di laboratorium dalam bentuk tudung laboratorium. Seluruh pekerjaan yang menggunakan bahan kimia berbahaya yang mudah menguap seperti pelarut organik dan uap asam harus dilakukan di dalam tudung laboratorium.

Kecepatan rata-rata udara yang masuk ke muka tudung disebut kecepatan muka. Kecepatan muka tudung sangat mempengaruhi efisiensi daya tangkapnya, atau kemampuan tudung menampung bahan berbahaya. Kecepatan tudung yang terlalu rendah atau terlalu cepat akan mengurangi efisiensi perangkat pengaman tudung. Kecepatan muka tudung tradisional yang direkomendasikan adalah antara 0,41 - 0,51 meter per detik. Kecepatan muka antara 0,51 - 0,61 m/dtk dapat digunakan untuk bahan dengan toksisitas yang sangat tinggi atau jika pengaruh dari luar memperburuk kinerja tudung. Kecepatan muka tudung tidak boleh melebihi 0,76 m/dtk karena dapat menyebabkan turbulensi di sekitar jendela tudung yang akan mengurangi efisiensi penangkapan uap oleh tudung laboratorium (National Research Council, NRC, 2010).

2.6.2 Proteksi Pernafasan (Respirator)

Respirator digunakan untuk melindungi pernafasan dari paparan uap bahan kimia dan debu. Respirator dapat diklasifikasi ke dalam 2 kategori yaitu respirator untuk pemurnian udara dan respirator yang memasok atmosfer. *Respirator* pemurnian udara melindungi pemakainya dengan menghilangkan kontaminasi dari udara yang terhirup sementara respirator pemasok atmosfer menyediakan pasokan oksigen bagi pemakainya.

Respirator pemurnian udara memiliki *cartridge* yang memiliki bahan pengisi misalnya karbon aktif. *Cartridge* memiliki kode warna standar sesuai peruntukannya, misalnya untuk uap organik diberi kode warna hitam.

2.6.3 Proteksi Mata dan Kulit.

Mata sangat sensitif terhadap bahan kimia dan memerlukan perlindungan dalam bekerja di laboratorium. Penggunaan pelindung mata di laboratorium untuk mencegah bahaya akibat cipratan bahan kimia dan debu akibat aktivitas laboratorium.

Sarung tangan merupakan APD untuk melindungi bahaya paparan bahan kimia terhadap tangan. Tingkat proteksi penggunaan sarung tangan bergantung dari jenis bahan sarung tangan. Sarung tangan anti kimia secara komersial diproduksi dari polimerisasi misalnya nitrile dan neoprene. Sarung tangan berbahan nitrile dapat digunakan untuk pelarut organik, vinil untuk peroksida, polivinil alkohol dapat digunakan untuk proteksi dari senyawa aromatik, pelarut terklorinasi dan ester.

2.7 Metode Monitoring Udara Kerja

2.7.1 Pengambilan Sampel Udara

Berdasarkan penempatan dan lokasi terdapat dua jenis pengambilan sampel udara :

- a. Pengambilan sampel perseorangan
- b. Pengambilan sampel area kerja

Pengambilan sampel perseorangan dilakukan untuk mengetahui paparan perseorangan yaitu pada pekerja dalam melakukan kegiatan yang dilakukannya.

Peralatan sampling dipasang di badan pekerja dan dibawa secara kontinu selama menyelesaikan pekerjaannya (Lestari, 2010).

Estimasi terbaik untuk sampling perseorangan adalah menempatkan posisi pengambilan sampel di zona pernafasan pekerja (breating zone) dalam periode kerja. Kondisi optimum secara praktik tidak selalu tercapai dan waktu pengambilan sampel aktual harus diatur untuk dapat melingkupi potensi pajanan tertinggi minimal 75 % dari periode referensi (Smit & Asnong, 2009).

Pengambilan sampel area kerja dilakukan untuk mengukur pajanan di lingkungan kerja dan diletakan di lingkungan kerja. Pengukuran area dapat dilakukan dengan peralatan yang sama dengan sampling perseorangan. Pengambilan sampel area dapat digunakan untuk identifikasi konsentrasi dasar pada lingkungan kerja dan berguna untuk mengukur efektifitas pengendalian bahaya laboratorium seperti tudung laboratorium, ventilasi selama periode kerja (Smit & Asnong, 2009).

Berdasarkan proses aliran udara ke dalam media sampling jenis pengambilan sampel dapat dibedakan menjadi dua kategori yaitu aktif sampling dan pasif sampling.

Aktif sampling adalah pengambilan sampel udara menggunakan peralatan mekanik misalnya pompa untuk mengalirkan udara ke dalam media sampling. Gambar 2.7 memperlihatkan contoh alat pompa untuk sampling perseorangan. Metode aktif sampling adalah metode yang paling umum untuk penilaian pajanan heksan dan diklormetan pada pekerja. Prinsip aktif sampling pengukuran adalah melewati udara kerja melewati tabung charcoal aktif berbahan kelapa (Smit & Asnong, 2009).

Pasif sampling adalah pengambilan sampel udara tanpa menggunakan peralatan pompa, namun melalui proses perpindahan aliran udara secara fisik yaitu difusi secara alami ke lapisan udara statik atau media sampling (Lestari, 2010).



Gambar 2.7 Pompa Personal Sampling

2.7.2 Metode Pengukuran Uap dan Gas Kontaminan Organik di Laboratorium

a. Tahapan Preparasi Sampel Gas dan Uap Organik

Sampel gas dan uap umumnya berupa adsorber (*adsorbent tube*) yang dipakai untuk menyerap bahan kimia organik di udara kerja. Tahapan preparasi pada sorbent tube dapat dilakukan dengan dua cara yaitu desorpsi kimia menggunakan pelarut organik dan desorpsi thermal menggunakan panas untuk proses desorpsi (Lestari, 2010).

b. Metode Khromatografi Gas

Metode kromatografi gas merupakan metode yang telah banyak digunakan dalam aplikasi higiene industri untuk penentuan bahan kimia organik dalam bentuk uap dan gas. Jenis bahan kimia organik yang dapat dianalisis dengan kromatografi gas umumnya memiliki karakteristik memiliki titik uap tinggi, titik didih rendah dan memiliki kestabilan termal sehingga dapat terlarut dalam fasa gas (Lestari, 2010).



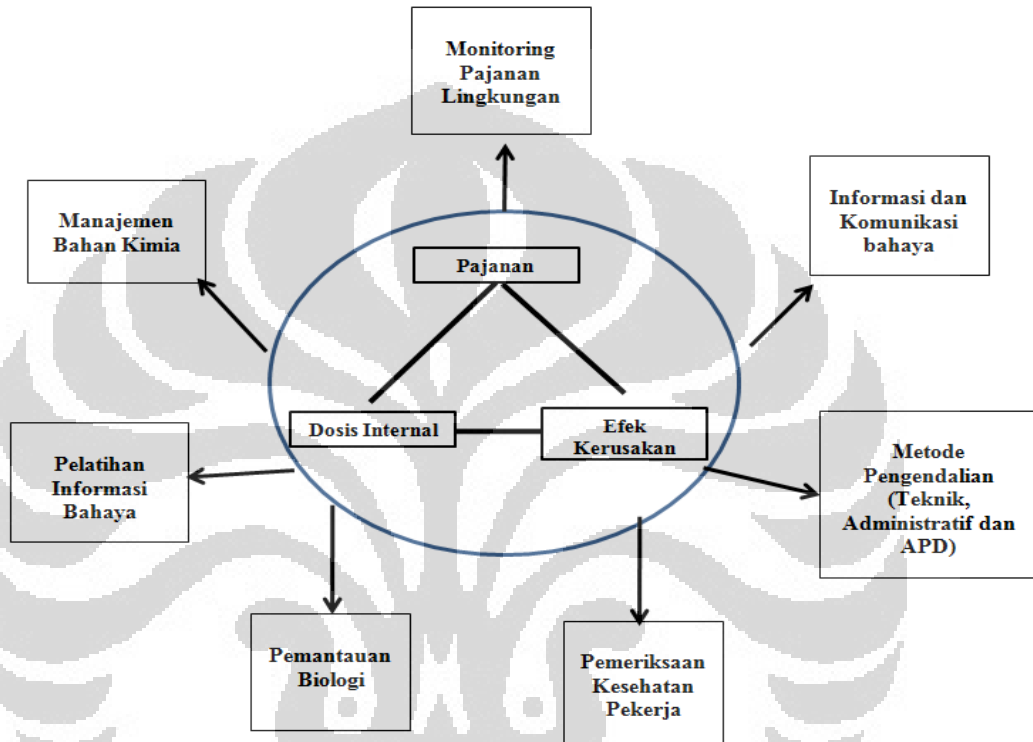
Gambar 2.8 Alat Kromatografi Gas Spektrofotometer Massa

BAB 3

KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEP

3.1 Kerangka Teori

Kerangka teori penelitian digambarkan dalam gambar 3.1.



Gambar 3.1. Kerangka Teori

Sumber : Mulhausen, 1997

Analisis risiko kesehatan di tempat kerja dilakukan melalui kajian informasi dan pengambilan data dengan memperhatikan beberapa aspek antara lain informasi bahaya, metode pengendalian, manajemen bahaya, hingga melakukan pemantauan biologi dan pemeriksaan kesehatan pekerja.

Kajian informasi paparan di tempat kerja dimulai dengan menentukan karakteristik dasar yang terdiri dari :

a. Informasi tempat kerja

Informasi mencakup luas area yang akan diteliti, kondisi pertukaran udara (ventilasi), kondisi lemari asam, kondisi kebersihan ruangan, dan lain-lain.

b. Informasi tenaga kerja

Informasi mencakup usia, lama pajanan, kondisi kesehatan, pemakaian alat pelindung diri (APD), pengetahuan akan keselamatan kerja, pengetahuan tentang bahan kimia, dan lain-lain.

c. Informasi Bahaya kimia

Informasi mencakup nilai ambang batas yang diperkenankan, sifat kimia dan fisika, material safety data sheet (MSDS), APD yang diperlukan, dan lain-lain.

Informasi mengenai karakterisasi dasar menjadi acuan untuk tahapan selanjutnya yaitu kajian pajanan (*exposure assessment*).

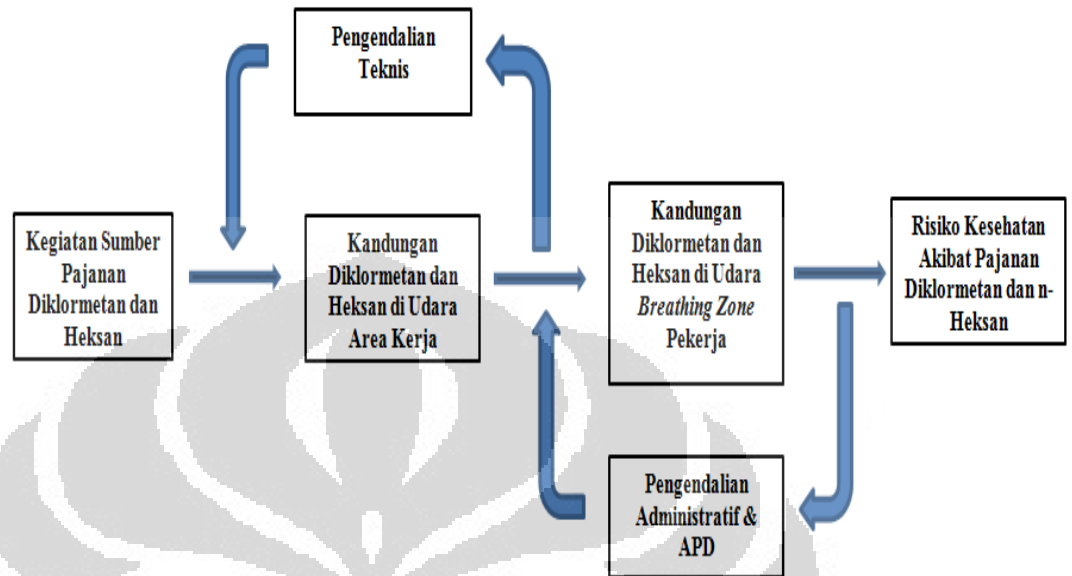
Pada tahap kajian pajanan (*exposure assessment*) dilakukan penentuan kelompok pajanan yaitu penentuan beberapa kelompok berdasarkan kesamaan tempat kerja, tanggung jawab kerja (*task*), lingkungan kerja, dan jenis pajanannya. Pemantauan area kerja terhadap kandungan bahan berbahaya di tempat kerja dapat menjadi evaluasi terhadap kondisi pengendalian teknis yang sudah dilakukan.

Hasil pemantauan lingkungan kerja dapat memiliki kriteria diterima apabila hasil kajian menunjukkan tingkat yang terkendali diantaranya memenuhi nilai pajanan yang direkomendasikan dan dapat dikontrol potensi bahaya dengan pengendalian yang sudah ada.

Pemantauan biologi dan pemeriksaan kesehatan pekerja dilakukan untuk mengetahui kemungkinan adanya gangguan pada kesehatan pekerja. Pemantauan kesehatan dapat menjadi gambaran efektifitas pengendalian administratif dan penggunaan APD.

3.2 Kerangka Konsep

Kerangka konsep diilustrasikan melalui Gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Kerangka Konsep

Sumber pajanan diklormetan dan n-heksan berasal dari kegiatan pekerja yang menggunakan pelarut organik tersebut. Pemantauan kandungan n-heksan dan diklormetan di lingkungan kerja menggambarkan kondisi pengendalian teknis yang ada pada suatu ruangan kerja. Konsentrasi pajanan yang melebihi nilai rekomendasi TLV menunjukkan pengendalian teknis di ruang kerja belum berfungsi seperti yang diharapkan. Kandungan diklormetan dan n-heksan melalui pengambilan sampel perseorangan dilakukan untuk mengetahui risiko pajanan terhadap pekerja pada akumulasi seluruh kegiatan kerja di beberapa ruang kerja. Pengendalian administratif melalui pengaturan prosedur kerja dan disiplin pemakaian APD diharapkan dapat mengurangi risiko kesehatan akibat pajanan diklormetan dan n-heksan.

Penentuan profil sebaran pajanan n-heksan dan diklormetan dilakukan dengan melakukan pengukuran konsentrasi n-heksan dan diklormetan pada area (ruangan) yang digunakan untuk kegiatan yang

berpotensi terpajan n-heksan dan diklormetan. Hasil pengukuran di setiap ruangan dibandingkan dengan nilai rekomendasi TLV – TWA.

Penelitian profil karakteristik pajanan di tempat kerja dilakukan berdasarkan data sebaran konsentrasi di ruang kerja, informasi potensi bahaya yang dapat terjadi, informasi pengendalian yang sudah ada, dan informasi jenis kegiatan, durasi, hingga jam kegiatan dilakukan.

Penelitian risiko kesehatan akibat pajanan n-heksan dan diklormetan dilakukan berdasarkan data pengukuran pajanan perseorangan, profil karakteristik pajanan di tempat kerja, dan pengendalian teknis, administratif dan APD.

Efektifitas pengendalian teknis dan administratif dapat dideteksi dengan melihat data sebaran konsentrasi n-heksan dan diklormetan di area kerja. Sedangkan pengendalian APD berdasarkan kualitas dan disiplin penggunaan dalam kegiatan kerja.

Tindakan perbaikan merupakan output dari penelitian risiko kesehatan akibat pajanan n-heksan dan diklormetan. Risiko pajanan yang signifikan menunjukkan urgencitas pelaksanaan tindakan perbaikan. Tindakan perbaikan dapat berupa perbaikan pengendalian teknis melalui perbaikan fasilitas keselamatan laboratorium, pengendalian administratif melalui perubahan prosedur kerja yang tidak aman, dan pengendalian APD

3.3 Definisi Operasional

Tabel 3.1. Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Metoda Ukur	Skala Ukur	Alat Ukur	Hasil Ukur/Kategori
Konsentrasi n-heksan diudara	Kandungan n-heksan diudara yang terdapat di udara yang diukur dengan cara menghisap udara di area kerja, kemudian mendapatkan perlakuan tertentu sebelum dianalisis dengan menggunakan <i>Gas Chromatography</i> .	NIOSH 1500	Rasio	Gas Chromatography	Dalam satuan mg/m ³
Konsentrasi Diklorometana diudara	Kandungan diklorometana diudara yang terdapat di udara yang diukur dengan cara	NIOSH 1005	Rasio	Gas Chromatography	Dalam satuan mg/m ³

		menghisap udara di area kerja, kemudian mendapatkan perlakuan tertentu sebelum dianalisis dengan menggunakan <i>Gas Chromatography</i> .				
	Pengendalian risiko					
	a. Pengendalian teknik	Kualitas pengendalian teknik dalam mengendalikan risiko paparan n-heksan dan diklorometan	Observasi	Nominal	a. Daftar periksa b. Standar Control	1. Cukup 2. Tidak Cukup
	a. Pengendalian administrasi	Upaya pengendalian keberadaan upaya pengendalian teknik dalam mengendalikan	Observasi lapangan	Nominal	a. Daftar periksa b. Dokumen SOP	1. Cukup 2. Tidak Cukup

		<p>risiko pajanan diklorometana dan n-heksan seperti eliminasi bahan berbahaya, substitusi bahan b risiko melalui :</p> <p>Instruksi kerja Pembagian jadwal kerja <i>Housekeeping</i> Higiene personal</p>				
	c. Penggunaan alat pelindung diri	<p>Kepatuhan pekerja menggunakan APD dan kesesuaian APD pada saat melakukan aktivitas yang mempunyai risiko terpajan n-heksan dan diklorometana dan didukung oleh persepsi yang benar mengenai APD</p>	Observasi lapangan	Nominal	<p>a. Daftar periksa b. Dokumen pembagian alat pelindung diri d. Dokumen pelatihan e. sosialisasi alat pelindung diri</p>	<p>* Baik * Tidak baik,</p>

BAB 4

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian bersifat *crosssectional* (potong silang) yaitu meneliti beberapa variable dan menganalisis berdasarkan pendekatan teori yang penunjang.

4.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penguji Lingkungan PT. X, sedangkan waktu penelitian dilaksanakan sejak bulan April – Mei 2012.

4.3 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah area laboratorium organik PT. X dan pekerja yang bekerja dengan menggunakan n-heksan dan diklormetan. Data-data penelitian yang diambil dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Sampel dan Objek Penelitian

No.	Data dan Informasi	Objek Ukur dan Sumber Informasi	Tujuan Pengambilan Data
1	Informasi Bahaya n-heksan dan diklormetan	MSDS, Sifat Karsinogenik, R-Phrase, Nilai Toksisitas, efek kronis, Toksikologi bahan, GHS, dan lain - lain	Menentukan Rating Bahaya (hazard rating)
2	Informasi Kegiatan Di Laboratorium	Durasi pajanan, Frekuensi pajanan, Kondisi kerja, Prosedur Kerja, Program K3, Penggunaan APD, Kondisi Pengendalian, dan lain-lain	Profil Karakteristik Pajanan dan pengendalian
3	Data Konsentrasi n-heksan dan diklormetan di Area Kerja	1. Ruang Pencucian Peralatan Lab. 2. Ruang Preparasi 3. Ruang Destilasi 4. Ruang Gas Kromatografi 5. Ruang Penampungan Limbah	Menentukan Sebaran n-heksan dan diklormetan di Area Kerja
4.	Data Sampling Perseorangan Pada Setiap Kegiatan Laboratorium	Teknisi Laboratorium 1, Teknisi Laboratorium 2 , Operator GC ECD, Operator GC MS, dan Asisten Laboratorium	1. Penentuan Resiko Pajanan Setiap Kegiatan di Laboratorium 2. Penentuan Resiko Pajanan Petugas Laboratorium

4.4 Metoda Pengumpulan Data

4.4.1 Pengumpulan Informasi Bahaya Paparan Heksan dan Diklorometan.

Informasi bahaya paparan dilakukan dengan mengumpulkan informasi dari *Material Safety Data Sheet (MSDS)*, *Risk Phrase*, *threshold limit value* (American Government of Industrial Hygienist, 2010) dan literatur lainnya.

4.4.2 Pengumpulan Informasi Bahaya Paparan Heksan dan Diklorometan.

Informasi karakterisasi dasar area kerja dan kualitas pengendalian bahaya dilakukan antara lain:

- a. Pembuatan gambaran layout ruangan dalam lingkup penelitian.
- b. Pemantauan kegiatan pekerja berdasarkan waktu dan ruang kerja.
- c. Pemantauan proses dan durasi kerja.
- d. Pemantauan pengendalian teknis seperti ventilasi, tudung laboratorium.
- e. Pemantauan pengendalian administratif antara lain menelaah prosedur kerja dan peraturan keselamatan kerja.
- f. Pemantauan kualitas dan penggunaan Alat Pelindung Diri APD disiplin pemakaian dan kecocokan dengan bahaya paparan heksan dan diklorometan.

4.4.3 Pengambilan Sampel Area Kerja.

Pengambilan sampel di area kerja dilakukan untuk analisis n-heksan dan diklorometan. Pengambilan sampel di area kerja dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Pompa sampling dihubungkan dengan *flowmeter* terkalibrasi dan *Charcoal*.
- b. Pompa sampling dinyalakan laju alir diatur antara 0,01 – 0,05 Liter/menit (L/min) dan dijaga stabil
- c. Sampling dilakukan selama 8 jam di lokasi area yang akan diukur.
- d. Setelah 8 jam pengambilan sampel dihentikan , *charcoal* segera di tutup bagian inlet dan outletnya dan disimpan dalam wadah tertutup rapat.
- e. Dicatat data laju alir, lama sampling dan suhu ruangan.
- f. Sampling dilakukan untuk diklorometan dan heksan dalam *charcoal* yang berbeda.

4.4.4 Pengambilan Sampel Perseorangan

Pengambilan sampel perseorangan dilakukan untuk analisis n-Heksan dan diklormetan. Pengambilan sampel perseorangan dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Pompa personal sampling dikalibrasi laju alirnya.
- b. Pompa personal sampling dipasang di badan pekerja dengan posisi *charcoal* pada posisi *breathing zone*.
- c. Pompa sampling dinyalakan laju alir diatur antara 0,01 – 0,05 Liter/menit dan dijaga stabil.
- d. Pengambilan sampel dilakukan persatu kegiatan kerja, misalnya pengambilan sampel pada aktifitas ekstraksi, destilasi dan lain-lain.

4.5 Analisis Data

4.5.1 Metode Analisis Diklormetan dan n-Heksan

Analisis Diklormetan dengan Metode NIOSH 1005

Preparasi Sampel

- a. Seluruh sorbent dalam *charcoal* dikeluarkan secara hati-hati ke dalam vial bertutup
- b. Ditambahkan 1 mL pelarut karbon disulfida (CS_2) dingin ke dalam *vial* dan segera ditutup
- c. Diaduk selama 30 menit untuk proses desorpsi

Pengukuran dengan alat GC MS

- a. Kondisi alat pada analisis diklormetan adalah :
 - Volume injeksi 1 μ L
 - Temperatur Injektor : 250 °C
 - Detektor : 300 °C
 - Kolom : 80 - 150 °C (10° C permenit)
 - Gas Pembawa Helium 2,4 ml/Menit
- b. Dihitung konsentrasi diklormetan di udara berdasarkan data luas area peak, laju alir, dan lama sampling (lampiran 6-10).

Analisis n-Heksan dengan Metode NIOSH 1500

Preparasi Sampel

- a. Seluruh *sorbent* dalam *charcoal* dikeluarkan secara hati-hati ke dalam vial bertutup
- b. Ditambahkan 1 mL pelarut Karbon Disulfida (CS_2) dingin ke dalam vial dan segera ditutup
- c. Diaduk selama 30 menit untuk proses desorpsi

Pengukuran dengan alat GC MS

- a. Kondisi alat pada analisis diklormetan adalah :
Volume injeksi 1 μL
Temperatur Injektor : 250°C
Temperatur Detektor : 300°C
Temperatur Kolom : 35°C (8 Menit) - 230°C (1 menit) ramp
($7,5^\circ\text{C}$ permenit)
Gas Pembawa Helium 1 ml/Menit
- b. Dihitung konsentrasi diklormetan di udara berdasarkan data luas area peak, laju alir dan lama sampling (lampiran 1 - 4).

4.5.2 Penentuan Risiko Kesehatan Akibat Paparan Pelarut Organik

a. Penentuan Tingkat Bahaya (*Hazard Rating*)

Nilai *hazard rating* dilakukan dengan melihat sifat-sifat bahaya pelarut antara lain berdasarkan *risk phrase* pada Tabel 2.1, efek lokal dan sistemik pada Tabel 2.2, dan efek karsinogenik pada Tabel 2.3.

b. Penentuan Durasi Paparan

Durasi paparan ditentukan berdasarkan Tabel 2.5.

c. Penentuan Magnitude Rating

Hasil pengukuran sampling perseorangan dibandingkan dengan Tabel 2.6 dan 2.7 untuk mengetahui nilai *magnitude rating*

d. **Penentuan Tingkat Paparan (ER)**

Tingkat paparan (*exposure rating*) ditentukan dengan Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Exposure Rating (ER)

Frequency Rating / Duration Rating	Magnitude Rating (MR)					
	1	1	2	3	4	5
2	1	1	2	2	2	3
3	2	2	2	3	3	4
4	2	2	3	4	4	5
5	3	3	4	4	5	5

Sumber : Department of Occupational Safety & Health, 2000

e. **Kesimpulan Risiko Kajian Paparan**

Risiko paparan (*risk rating*) ditentukan dengan Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Risk Matrix

Hazard Rating	1	2	3	4	5
Exposure Rating	1	2	3	4	5
1	1	1,4	1,7	2	2,2
2	1,4	2	2,4	2,8	3,2
3	1,7	2,4	3	3,5	3,9
4	2	2,8	3,5	4	4,5
5	2,2	3,2	3,9	4,5	5

Sumber : Occupational Safety and Health Division, OSHD (2004),

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Karakterisasi Dasar Lingkungan Kerja

Karyawan laboratorium organik PT X yang bekerja dengan menggunakan pelarut organik diklormetan dan n-heksan terdiri dari 5 orang pekerja, yaitu teknisi laboratorium 1, teknisi laboratorium 2, operator alat *Gas Chromatography Electron Capture Detector* (GC ECD), operator *Gas Chromatography Mass Spectrometer* (GC MS) dan asisten laboratorium.

Adapun kegiatan yang menggunakan pelarut organik diklormetan dan n-heksan antara lain penentuan kandungan minyak dan lemak, penentuan pestisida dan *polychlorinated biphenyls* PCBs, penentuan *Total Petroleum Hydrocarbons* (TPH) dan *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH), PencuXan peralatan bekas analisis, dan pembuangan limbah pelarut organik ke tempat penyimpanan limbah sementara (TPS).

Penggunaan diklormetan dan n-heksan memiliki risiko terhadap pekerja laboratorium karena memiliki efek kronis yang disebabkan oleh akumulasi berulang. Gangguan kesehatan dapat timbul setelah beberapa tahun pajanan sehingga selain pengendalian teknis diperlukan pula disiplin dan kesadaran penggunaan APD dan pengendalian administratif yang sesuai. Tabel 5.1 berikut memperlihatkan hasil pemantauan pengendalian di laboratorium.

Tabel 5.1 Kondisi Pengendalian di Laboratorium

Pengendalian Teknis		Pengendalian Administratif		Pengendalian dgn APD	
Jenis Pengendalian	Kondisi	Jenis Pengendalian	Pelaksanaan	Jenis APD	Kondisi
Ventilasi Lokal (Tudung Laboratorium)	Baik	Instruksi Penggunaan APD	Baik	Minimum APD	Sesuai
Ventilasi Umum (Exhaust Fan)	Baik	SOP Keselamatan	Baik	Respirator dgn cartridge Organik	Sesuai
Ventilasi Umum (Fresh Air in)	Tidak Ada	Pelabelan Bahan Kimia	Baik	Emergency Eyewash & APAR	Sesuai

5.1.1 Penentuan Kandungan Minyak dan Lemak

Tahapan kerja penentuan kandungan minyak dan lemak adalah :

a. Preparasi sampel

Preparasi sampel meliputi penimbangan sampel untuk padatan, penentuan volume untuk sampel air selanjutnya sampel di masukan ke dalam labu ekstraksi untuk cairan dan tabung ekstraksi untuk sampel padatan. Proses preparasi sampel belum menggunakan pelarut organik dan dilakukan oleh teknisi laboratorium 1.

b. Ekstraksi dengan heksan

Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan pelarut organik n-heksan sebanyak 100 mL. Proses ekstraksi dilakukan dengan 30 mL heksan dan dilanjutkan dengan proses penyaringan sebanyak 3 kali dan sekitar 10 mL untuk pembilasan. Kegiatan ini dilakukan oleh teknisi laboratorium 1. Kegiatan ini dilakukan dalam tudung laboratorium (*fume hood*) di ruang preparasi (Ruang 1 , Gambar 5.1).

c. Destilasi heksan

Minyak dan lemak yang telah terekstrak oleh pelarut heksan dipisahkan melalui destilasi pelarut heksan sehingga didapatkan residu minyak dan lemak. Kegiatan ini dilakukan oleh teknisi laboratorium 1. Kegiatan ini dilakukan dalam tudung laboratorium di ruang destilasi (Ruang 3 , Gambar 5.1).

d. Penimbangan dan perhitungan

Tahapan selanjutnya adalah penimbangan residu hasil destilasi heksan dan perhitungan yang dilakukan oleh teknisi laboratorium 1.

5.1.2 Penentuan kandungan Pestisida dan PCBs

Tahapan penentuan pestisida dan PCBs adalah :

a. Preparasi Sampel

Preparasi sampel meliputi penimbangan sampel untuk padatan, penentuan volume untuk sampel air selanjutnya sampel di masukan ke dalam labu ekstraksi untuk cairan dan tabung ekstraksi untuk sampel padatan. Proses preparasi sampel belum menggunakan pelarut organik dan dilakukan oleh teknisi laboratorium 2.

b. Ekstraksi dengan Diklormetan

Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan pelarut organik diklormetan sebanyak 100 mL. Proses ekstraksi dilakukan dengan 30 mL diklormetan dan dilanjutkan dengan proses penyaringan sebanyak 3 kali dan sekitar 10 mL untuk pembilasan. Kegiatan ini dilakukan oleh teknisi laboratorium 2. Kegiatan ini dilakukan dalam tudung laboratorium (*fume hood*) di ruang preparasi (Ruang 1 , Gambar 5.1)

c. Destilasi Diklormetan

Hasil ekstraksi dengan diklormetan selanjutnya didestilasi dengan tujuan memisahkan residu penguapan diklormetan. Residu pestisida dan PCBs dilarutkan dengan heksan kedalam vial ukuran 2 mL. Kegiatan ini dilakukan oleh teknisi laboratorium 2. Kegiatan ini dilakukan dalam tudung laboratorium (*fume hood*) di ruang destilasi (Ruang 3 , Gambar 5.1).

d. Pembuatan Standar Pestisida dan PCBs

Pembuatan standar dilakukan untuk kalibrasi GC ECD. Sejumlah terukur standar pestisida dan PCBs diencerkan dengan heksan dalam beberapa labu ukur 50 mL (minimal 4 labu ukur) sebagai deret standar kalibrasi alat GC ECD. Kegiatan ini dilakukan oleh operator GC ECD. Kegiatan ini dilakukan dalam tudung laboratorium (*fume hood*) di ruang destilasi (Ruang 3 , Gambar 5.1).

e. Kalibrasi dan pengukuran dengan alat GC ECD

Alat GC ECD dilengkapi dengan auto sampler, sehingga operator GC ECD cukup menyimpan deret standar dan sampel dalam vial ke alat auto injektor pada sore hari, selanjutnya alat GC ECD akan mengukur secara otomatis kandungan pestisida dan PCBs sepanjang malam tanpa pengawasan. Kegiatan ini dilakukan di ruang gas kromatografi (Ruang 1 , Gambar 5.1).

5.1.3 Penentuan kandungan PAH dan TPH

Tahapan Penentuan kandungan PAH dan TPH antara lain :

a. Preparasi Sampel

Preparasi sampel meliputi penimbangan sampel untuk padatan, penentuan volume untuk sampel air selanjutnya sampel di masukan ke dalam labu ekstraksi untuk cairan dan tabung ekstraksi untuk sampel padatan. Proses

preparasi sampel belum menggunakan pelarut organik dan dilakukan oleh teknisi laboratorium 2

b. Ekstraksi dengan Diklormetan

Ekstraksi dilakukan dengan menggunakan pelarut organik diklormetan sebanyak 100 mL. Proses ekstraksi dilakukan dengan 30 mL diklormetan dan dilanjutkan dengan proses penyaringan sebanyak 3 kali dan sekitar 10 mL untuk pembilasan. Kegiatan ini dilakukan oleh teknisi laboratorium 2. Kegiatan ini dilakukan dalam tudung laboratorium (*fume hood*) di ruang preparasi (Ruang 1, Gambar 5.1).

c. Pembuatan Standar TPH dan PAH

Pembuatan standar dilakukan untuk kalibrasi GC MS. Sejumlah terukur standar TPH dan PAH diencerkan dengan diklormetan dalam beberapa labu ukur 50 mL (minimal 4 labu ukur) sebagai deret standar kalibrasi alat GC MS. Kegiatan ini dilakukan oleh operator GC MS. Kegiatan ini dilakukan dalam tudung laboratorium (*fume hood*) di ruang destilasi (Ruang 3, Gambar 5.1).

d. Kalibrasi dan Pengukuran dengan Alat GC MS

Proses injeksi standar dan sampel ke dalam alat GC MS dilakukan secara manual menggunakan syringe. Kegiatan injeksi dalam satu shift kerja dilakukan oleh operator GC MS rata-rata dilakukan selama 6 jam kerja. Kegiatan ini dilakukan di ruang gas kromatografi (Ruang 4, Gambar 5.1).

5.1.4 Pencucian Peralatan Analisis

Proses pencucian peralatan ekstraksi seperti labu dan tabung ekstraksi, peralatan destilasi seperti labu didih, peralatan ukur seperti pipet dan labu takar yang sudah dipakai untuk pembuatan standar dilakukan oleh asisten laboratorium di ruang pencucian (Ruang 2, Gambar 5.1).

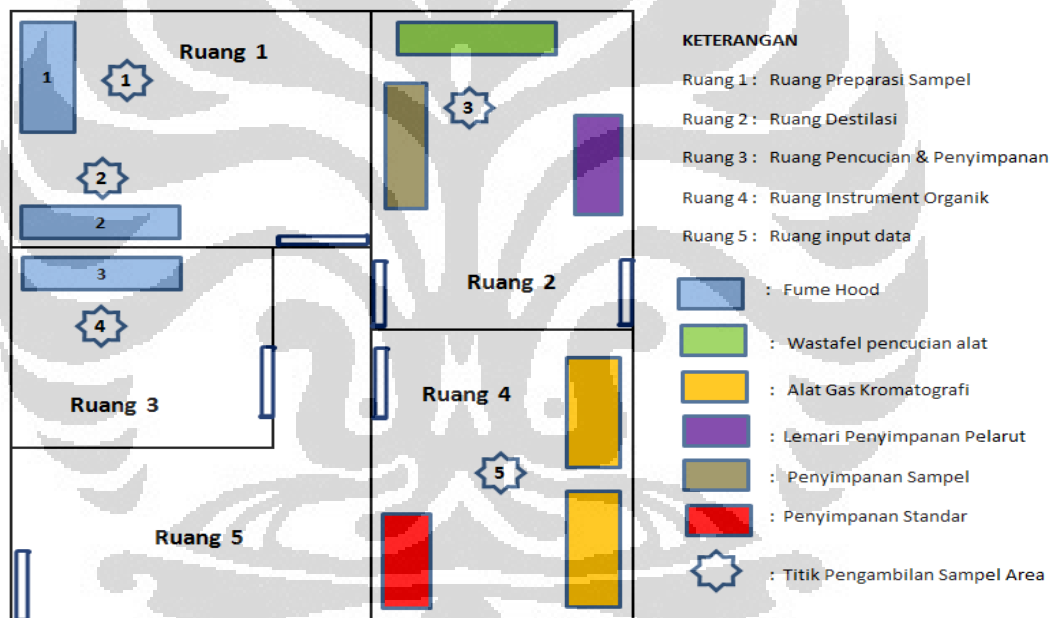
5.1.5 Pembuangan Limbah

Limbah laboratorium organik yang terdiri dari sisa sampel dan sisa pelarut organik dari destilasi dan pembuatan standar di tampung di laboratorium. Asisten laboratorium setiap 1 minggu satu kali membuang limbah pelarut organik dan sisa sampel ke drum penampungan limbah di ruang TPS (Gambar 5.2).

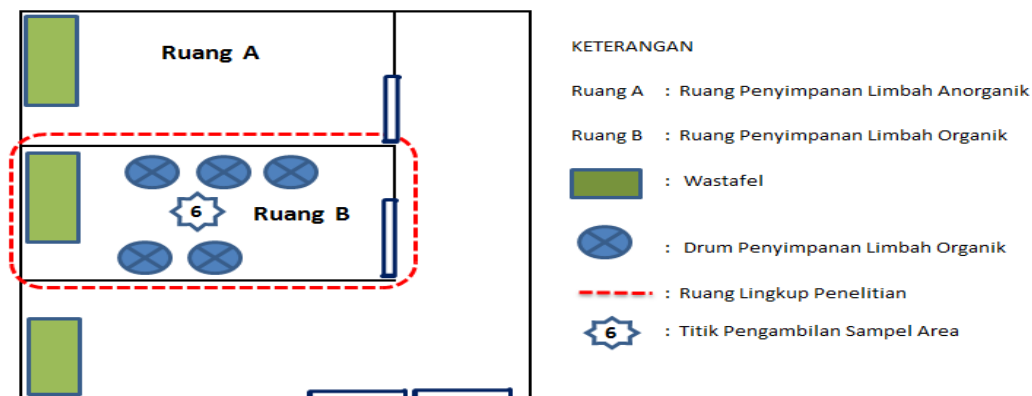
5.1.6 Ruang Laboratorium

Semua kegiatan yang menggunakan pelarut organik dilakukan di dalam laboratorium organik PT. X dan di tempat penyimpanan limbah sementara (TPS). Gambar 5.1 memperlihatkan layout ruangan laboratorium organik dan Gambar 5.2 adalah layout ruang TPS.

Ruang preparasi sampel memiliki fasilitas 2 buah Tudung Laboratorium yang masing-masing digunakan untuk melakukan proses ekstraksi. Tudung Laboratorium 1 digunakan oleh teknisi laboratorium 1 untuk ekstraksi penentuan minyak dan lemak menggunakan heksan. Sedangkan Tudung Laboratorium 2 digunakan oleh teknisi laboratorium 2 untuk ekstraksi penentuan pestisida, PCBs, PAH dan TPH menggunakan diklormetan.



Gambar 5.1 Laboratorium Organik PT X



Gambar 5.2 Ruang TPS

Ruang pencucian adalah tempat pencucian peralatan sesuai sub bab 5.1.4 halaman 33. Ruang pencucian tidak dilengkapi dengan tudung laboratorium. Di dalam ruang pencucian terdapat juga rak peralatan dan tempat penyimpanan bahan kimia yang baru datang.

Ruang Destilasi memiliki 1 buah tudung laboratorium yang digunakan bersama oleh teknisi laboratorium 1 untuk mendestilasi heksan, teknisi laboratorium 2 untuk mendestilasi diklormetan, operator GC ECD untuk membuat larutan standar pestisida dan PCBs menggunakan pelarut heksan dan operator GC MS untuk membuat larutan standar PAH dan TPH dengan pelarut diklormetan.

Ruang gas kromatografi adalah tempat operator GC ECD melakukan pengukuran pestisida dan PCBs dan operator GC MS melakukan pengukuran TPH dan PAH.

Kegiatan laboratorium berdasarkan ruangan, kegiatan, jam kerja dan petugas pelaksana diperlihatkan dalam tabel 5.2 .

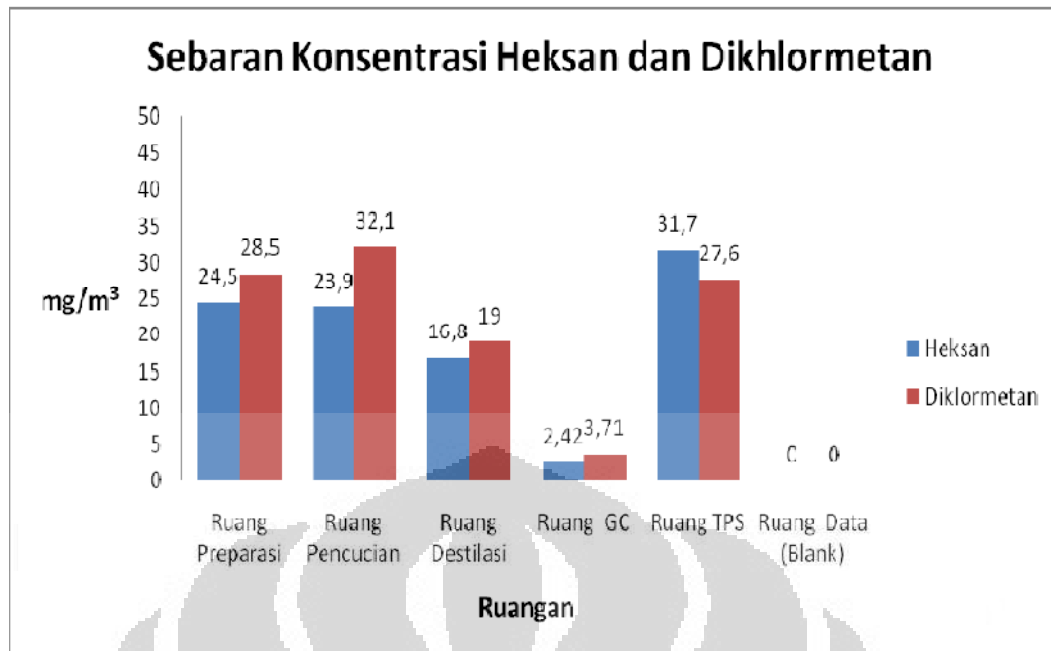
Ruang TPS terdiri dari drum-drum tempat penyimpanan limbah anorganik di ruangan A, dan limbah organik di ruangan B. Pada penelitian ini hanya dibatasi pada tempat penyimpanan limbah organik. Kegiatan pembuangan limbah organik dilakukan oleh asisten laboratorium dalam satu minggu sekali.

Tabel 5.2 Kegiatan di Laboratorium Organik

Jam Kerja	Jenis Pekerja				
	Lab. Technician 1	Lab. Technician 2	Operator GC ECD	Operator GC MS	Asisten Laboratorium
8.00 - 8.30	Meeting	Meeting	Meeting	Meeting	Meeting
8.30 - 9.00	Preparasi Sampel	Preparasi Sampel	Data Reporting	Preparasi Standar	Inventaris & Order Chemical
9.00 - 9.30	Ekstraksi dengan Heksan	Ekstraksi dengan Diklormetan			
9.30 - 10.00					
10.30 - 11.00					
11.00 - 11.30					
11.30 - 12.00					Memeriksa & Melabeli Chemical yg Datang
12.00 - 13.00	Istirahat	Istirahat	Istirahat	Istirahat	Istirahat
13.00 - 14.00	Destilasi Heksan		Preparasi Standar		Mencuci Botol Sampel
14.00 - 14.30					
14.30 - 15.30	Pendinginan Residu	Destilasi Diklormetan		Injeksi GC MS	
15.30 - 16.00	Penimbangan Residu				
16.00 - 16.30	Perhitungan dan pelaporan	Melaporkan data preparasi	Pengukuran GC ECD		Pencucian Alat
16.30 - 17.00	Merapihkan Ruang Kerja	Merapihkan Ruang Kerja			

5.2 Hasil Pemantauan Area Monitoring

Hasil pengukuran kandungan heksan dan diklormetan dengan metode Area Sampling diperlihatkan dalam Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Konsentrasi Heksan dan Dikhlormetan di Ruang Kerja

Hasil analisis area kerja di beberapa ruangan laboratorium pada Gambar 5.3 menunjukkan masih di bawah kandungan yang direkomendasikan dalam TLV dari *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* (2010) yaitu 173,7 mg/m³ untuk dikhlormetan dan 176,2 mg/m³ untuk heksan.

5.3 Profil Paparan di Ruang Kerja

5.3.1 Paparan di Ruang Preparasi

Hasil analisis dikhlormetan di ruangan preparasi adalah 28,5 mg/m³ dan untuk heksan 24,5 mg/m³. Hasil ini masih di bawah 50 % dari nilai TLV, hal ini menunjukkan usaha pengendalian yang sudah ada di laboratorium mampu mengendalikan paparan heksan dan dikhlormetan di ruang preparasi sampel.

Pekerja yang bekerja di ruang preparasi sampel adalah teknisi laboratorium 1 dan teknisi laboratorium 2 pada jam yang bersamaan. Proses ekstraksi menggunakan dikhlormetan dan heksan dilakukan dalam tudung laboratorium yang berbeda. Kandungan dikhlormetan di ruang preparasi berasal dari kegiatan teknisi laboratorium 2 dan kandungan heksan berasal dari kegiatan teknisi laboratorium 1

selama 3 jam kerja. Setelah proses ekstraksi selesai hampir tidak ada pekerja yang berada di ruang preparasi karena proses penyaringan dibiarkan dalam tudung laboratorium dalam keadaan tertutup. Profil pajanan di ruang preparasi diperlihatkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Profil Pajanan di Ruang Preparasi

Deskripsi Kerja	Teknisi Lab. 1	Teknisi Lab. 2
Proses Kerja	Analisis Minyak dan Lemak	Analisis Pestisida, PAH, PCBs, dan TPH
Tahapan Kerja	Ekstraksi menggunakan Heksan	Ekstraksi menggunakan Diklormetan
Waktu Pengerjaan	9.00 - 12.00 (3 Jam)	9.00 - 12.00 (3 Jam)
Kandungan Heksan di Udara Area Kerja	24 , 6 mg/m³	
Kandungan Diklormetan di Udara Area Kerja	28 , 5 mg/m³	

Perbaikan yang dapat dilakukan pada sistem kerja di ruang preparasi adalah kegiatan ekstraksi diklorometan oleh teknisi laboratorium 1 dan teknisi laboratorium 2 sebaiknya tidak dilakukan dalam waktu yang bersamaan untuk menghindari pajanan silang dari pelarut yang digunakan. Pengendalian administratif di ruangan ini adalah :

- a. Minimum Alat Pelindung Diri (APD) Setiap pekerja di ruang preparasi harus menggunakan APD minimum Masker dengan *Cartridge* untuk bahan organik, kaca mata pelindung, baju laboratorium, sarung tangan berbahan karet. Berdasarkan hasil pengamatan teknisi laboratorium 1 dan 2 selalu menggunakan APD tersebut pada saat bekerja dengan pelarut organik Setiap pekerja di ruang preparasi harus menggunakan APD minimum Masker dengan *Cartridge* untuk bahan organik, kaca mata pelindung, baju laboratorium, sarung tangan berbahan karet. Berdasarkan hasil pengamatan teknisi laboratorium 1 dan 2 selalu menggunakan APD tersebut pada saat bekerja dengan pelarut organik
- b. Memahami Standar Operasi Prosedur (SOP)
Setiap pekerja harus memahami dan melaksanakan sesuai dengan SOP. Di dalam SOP dijelaskan proses ekstraksi dan penyaringan harus dilakukan di dalam tudung laboratorium yang beroperasi dalam keadaan baik.
Berdasarkan pengamatan semua proses ekstraksi dan penyaringan pelarut telah dilakukan di dalam tudung laboratorium yang berfungsi dengan baik. Namun selama melakukan proses ekstraksi secara manual dengan corong pemisah, teknisi laboratorium 1 dan teknisi laboratorium 2 tidak dapat menutup rendah *shield* (penutup muka) tudung laboratorium sehingga memungkinkan sejumlah uap pelarut organik terlepas ke dalam ruangan preparasi.
- c. Pelabelan Bahan Kimia
Bahan kimia cair dan padat sudah dilengkapi dengan pelabelan sesuai dengan sistem harmonisasi global (GHS).

Pengendalian Teknik di ruangan preparasi antara lain :

- a. Ventilasi

Ruang preparasi sampel sudah dilengkapi dengan mekanisme pembuangan udara keluar melalui 3 *exhaust fan* yang selalu dioperasikan pada saat pekerja berada di ruangan, namun belum dilengkapi dengan fasilitas yang memungkinkan masuknya cukup udara bersih *fresh air fan*. Hal tersebut menyebabkan pergantian udara di ruangan ini tidak cukup untuk dapat mengeluarkan semua kontaminasi yang terjadi akibat pajanan pelarut organik. Meskipun hasil pengukuran menunjukkan hasil di bawah rekomendasi TLV namun perbaikan input udara bersih ke dalam ruang preparasi perlu dilakukan untuk menghindari terkonsentrasinya uap pelarut organik secara tidak merata di dalam ruang preparasi.

b. Lokal Ventilasi

Fasilitas tudung laboratorium (*fume hood*) sebagai lokal ventilasi di ruangan preparasi sudah dioperasikan secara terpisah untuk pekerjaan yang berbeda yaitu ekstraksi menggunakan diklormetan dan heksan.

Kecepatan muka kedua tudung laboratorium sudah memenuhi standar ANSI yaitu antara 0,41 – 0,51 m/s.

5.3.2 Pajanan di Ruang Pencucian

Hasil analisis diklormetan di ruangan pencucian adalah 23,9 mg/m³ dan untuk heksan 32,1 mg/m³ dan pajanan campuran masih di bawah 1. Profil pajanan di ruang pencucian diperlihatkan pada tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Profil Pajanan di Ruang Pencucian

Deskripsi Kerja	Asisten Laboratorium
Proses Kerja Menggunakan Pelarut Organik	Pencucian peralatan laboratorium
Waktu Pengerjaan	14.30 - 17.00 (2,5 Jam)
Kandungan Heksan di Udara Area Kerja	23,9 mg/m³
Kandungan Diklormetan di Udara Area Kerja	32,1 mg/m³

Hasil ini masih di bawah 50 % dari nilai TLV, hal ini menunjukkan usaha pengendalian yang sudah ada di laboratorium mampu mengendalikan pajanan heksan dan diklormetan di ruang pencucian.

Pekerja yang bertugas di ruang pencucian adalah asisten laboratorium. Kegiatan asisten laboratorium di ruangan ini adalah inventarisasi bahan kimia, pencucian botol sampel dan pencucian peralatan bekas analisis laboratorium organik. Kegiatan yang berpotensi pajanan pelarut organik heksan dan diklormetan adalah pada pencucian peralatan bekas analisis.

Berdasarkan pengamatan peralatan laboratorium yang dicuci adalah corong pemisah bekas ekstraksi dengan heksan dan diklormetan, labu destilasi, pipet, labu takar, corong, beaker glass, tabung reaksi, vial dan lain-lain. Asisten laboratorium menuangkan labu takar berisi sisa larutan standar dalam pelarut heksan dan diklormetan ke dalam penampung limbah pelarut organik. Kegiatan pencucian dilakukan tidak di dalam tudung laboratorium namun di wastafel yang dilengkapi exhaust fan yang terletak diatas posisi wastafel.

Perbaikan dalam sistem kerja yang perlu dilakukan adalah selalu menuangkan sisa pelarut organik di dalam lokal ventilasi (tudung laboratorium).

Ruang pencucian sudah dilengkapi dengan mekanisme pembuangan udara keluar melalui 2 *exhaust fan* di dinding dan 1 di pasang di atas tempat pencucian dan selalu dioperasikan pada saat pekerja berada di ruangan, namun belum dilengkapi dengan fasilitas yang cukup untuk masuknya udara bersih (*fresh air fan*). Hal tersebut menyebabkan pergantian udara di ruangan ini tidak cukup untuk dapat mengeluarkan semua kontaminasi yang terjadi akibat pajanan pelarut organik.

5.3.4 Pajanan di Ruang Destilasi

Hasil analisis diklormetan di ruangan destilasi adalah $19,0 \text{ mg/m}^3$ dan untuk heksan $16,8 \text{ mg/m}^3$ dan pajanan campuran masih di bawah 1 . Hasil ini masih di bawah 50 % dari nilai TLV, hal ini menunjukkan usaha pengendalian yang sudah ada di laboratorium mampu mengendalikan pajanan heksan dan diklormetan di ruang pencucian.

Terdapat 4 orang pekerja yang berada di ruangan destilasi dengan jenis kegiatan yang berbeda. Tiga pekerja diantaranya melakukannya pada waktu yang relatif bersamaan yaitu teknisi laboratorium 1 yang melakukan destilasi heksan, teknisi laboratorium 2 yang sedang melakukan destilasi diklormetan dan operator GC ECD yang melakukan pembuatan standar pestisida dan PCBs dengan pelarut heksan. Profil pajanan di ruang pencucian diperlihatkan pada Tabel 5.5.

Kegiatan yang dilakukan bersamaan memungkinkan pekerja memiliki pajanan serupa dan meningkatkan risiko pajanan dari masing-masing kegiatan.

Pengendalian administratif di ruangan ini adalah :

a. Minimum Alat Pelindung Diri (APD)

Setiap pekerja di ruang destilasi harus menggunakan APD minimum Masker dengan *Cartridge* untuk bahan organik, kaca mata pelindung, baju laboratorium, sarung tangan berbahan karet. Berdasarkan hasil pengamatan teknisi laboratorium 1 dan 2 selalu menggunakan APD tersebut pada saat bekerja dengan pelarut organik.

Tabel 5.5 Profil Pajanan di Ruang Destilasi

Deskripsi Kerja	Teknisi Lab. 1	Teknisi Lab. 2	GC ECD Operator	GC MS Operator
Proses Kerja	Analisis Minyak dan Lemak	Analisis Pestisida, PAH, PCBs, dan TPH	Analisis Pestisida & PCBs	Analisis PAH dan TPH
Tahapan Kerja	Destilasi Ekstrak Heksan	Destilasi Ekstrak Diklormetan	Prepare Standar menggunakan Heksan	Prepare Standar menggunakan Diklormetan
Waktu Pengerjaan	13.00 -14.30 (1,5 Jam)	13.00 - 16.00 (3 Jam)	13.00 - 14.00 (1 Jam)	8.30 - 9.30 (1 Jam)
Kandungan Heksan di Udara Area Kerja	16, 8 mg/m ³			
Kandungan Diklormetan di Udara Area Kerja	19, 0 mg/m ³			

b. Memahami Standar Operasi Prosedur (SOP)

Setiap pekerja harus memahami dan melaksanakan sesuai dengan SOP. Di dalam SOP dijelaskan proses destilasi dan penyaringan harus dilakukan di dalam tudung laboratorium yang beroperasi dalam keadaan baik.

Berdasarkan pengamatan semua proses destilasi dan pembuatan standar telah dilakukan di dalam tudung laboratorium yang berfungsi dengan baik. Namun selama melakukan proses pembuatan standar Operator GC ECD dan Operator GC MS antara lain pada proses mempipetkan dan menuangkan larutan tidak dapat menutup rendah *shield* (penutup muka) tudung laboratorium sehingga memungkinkan sejumlah uap pelarut organik terlepas ke dalam ruangan destilasi.

c. Pelabelan Bahan Kimia

Bahan kimia cair dan padat sudah dilengkapi dengan pelabelan sesuai dengan sistem harmonisasi global (GHS).

Pengendalian Teknik di ruangan destilasi antara lain :

a. Ventilasi

Ruang destilasi sudah dilengkapi dengan mekanisme pembuangan udara keluar melalui 2 *exhaust fan* yang selalu dioperasikan pada saat pekerja berada di ruangan, namun belum dilengkapi dengan fasilitas yang memungkinkan masuknya cukup udara bersih. Hal tersebut menyebabkan pergantian udara di ruangan ini tidak cukup untuk dapat mengeluarkan semua kontaminasi yang terjadi akibat pajanan pelarut organik.

Meskipun hasil pengukuran menunjukkan hasil di bawah rekomendasi TLV namun perbaikan input udara bersih ke dalam ruang preparasi perlu dilakukan untuk menghindari terkonsentrasinya uap pelarut organik secara tidak merata di dalam ruang destilasi.

b. Ventilasi Lokal

Fasilitas tudung laboratorium sebagai lokal ventilasi di ruangan destilasi dioperasikan secara bersama untuk pekerjaan yang berbeda yaitu destilasi menggunakan diklormetan dan heksan, pembuatan standar oleh operator GC ECD. Kecepatan muka kedua tudung laboratorium sudah memenuhi standar ANSI yaitu antara 0,41 – 0,51 m/s.

5.3.4 Paparan di Ruang Gas Kromatografi

Hasil analisis diklormetan di ruangan gas kromatografi adalah 2,42 mg/m³ dan untuk heksan 3,71 mg/m³. Hasil ini masih di bawah 50 % dari nilai TLV, hal ini menunjukkan usaha pengendalian yang sudah ada di laboratorium mampu mengendalikan paparan heksan dan diklormetan di ruang gas kromatografi.

Tabel 5.6 Profil Paparan di Ruang Gas Kromatografi

Deskripsi Kerja	Operator GC ECD	Operator GC MS
Proses Kerja	Analisis Pestisida & PCBs	Analisis PAH dan TPH
Tahapan Kerja	Pengukuran dengan GC ECD	Pengukuran Dengan GCMS
Waktu Pengerjaan	14.00 - 17.00 (3 Jam)	9.30 - 16.30 (6 Jam)
Kandungan Heksan di Udara Area Kerja	2,42 mg/m ³	
Kandungan Diklormetan di Udara Area Kerja	3, 71 mg/m ³	

Pekerja yang bekerja di ruang gas kromatografi adalah operator GC ECD dan operator GC MS. Proses pengukuran Pestisida dan PCBs dilakukan menggunakan Gas Kromatografi *Electron Capture Detector* dengan sistem autosampler sehingga lebih aman terhadap paparan pelarut organik karena setelah alat stabil maka pengukuran dapat berlangsung otomatis dan operator ECD bisa meninggalkan ruangan gas kromatografi.

Proses analisis dengan alat GC MS dilakukan secara manual injeksi larutan hasil destilasi diklormetan, sehingga secara berkala operator GC MS harus melakukan injeksi larutan diklormetan ke dalam GC MS. Pengendalian administratif di ruangan ini adalah :

- a. Minimum Alat Pelindung Diri (APD)

Setiap pekerja di ruang gas kromatografi harus menggunakan APD minimum Masker dengan Cartridge untuk bahan organik, kaca mata pelindung, baju laboratorium, dan sarung tangan berbahan karet ketika kontak dengan bahan kimia. Berdasarkan hasil pengamatan operator GC ECD dan GC MS selalu menggunakan APD tersebut pada saat bekerja.

d. Memahami Standar Operasi Prosedur (SOP)

Setiap pekerja harus memahami dan melaksanakan sesuai dengan SOP. Di dalam SOP dijelaskan proses pembuatan standar harus dilakukan di dalam tudung laboratorium yang beroperasi dalam keadaan baik.

e. Pelabelan Bahan Kimia

Bahan kimia cair dan padat sudah dilengkapi dengan pelabelan sesuai dengan sistem harmonisasi global (GHS).

Pengendalian Teknik di ruangan gas kromatografi antara lain :

a. Ventilasi

Ruang Gas Kromatografi sudah dilengkapi dengan mekanisme pembuangan udara keluar melalui 4 *exhaust fan* yang selalu dioperasikan pada saat pekerja berada di ruangan, namun belum dilengkapi dengan fasilitas yang memungkinkan masuknya cukup udara bersih. Hal tersebut menyebabkan pergantian udara di ruangan ini tidak cukup untuk dapat mengeluarkan semua kontaminasi yang terjadi akibat pajanan pelarut organik.

Meskipun hasil pengukuran menunjukkan hasil di bawah rekomendasi TLV namun perbaikan input udara bersih ke dalam ruang preparasi perlu dilakukan untuk menghindari terkonsentrasinya uap pelarut organik secara tidak merata di dalam ruang gas kromatografi.

5.3.6 Pajanan di Ruang TPS

Hasil analisis diklormetan di ruangan TPS pencucian adalah $31,7 \text{ mg/m}^3$ dan untuk heksan $27,6 \text{ mg/m}^3$. Hasil ini masih di bawah 50 % dari nilai TLV, hal ini menunjukkan usaha pengendalian yang sudah ada di laboratorium mampu mengendalikan pajanan heksan dan diklormetan di ruang TPS. Profil pajanan di ruang TPS diperlihatkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Profil Paparan di Ruang TPS

Deskripsi Kerja	Asisten Laboratorium
Proses Kerja Menggunakan Pelarut Organik	Pembuangan Limbah Lab. Organik ke TPS
Waktu Pengerjaan	09.30 - 11.00 (1,5 Jam)
Kandungan Heksan di Udara Area Kerja	31,7 mg/m ³
Kandungan Diklormetan di Udara Area Kerja	27,6 mg/m ³

Pekerja yang bertugas di ruang TPS adalah asisten laboratorium. Kegiatan asisten laboratorium di ruangan ini adalah menuangkan limbah dari laboratorium organik ke dalam drum penampungan limbah laboratorium organik dan merapikan ruangan organik di gudang TPS. Limbah yang dibuang antara lain limbah pelarut organik dan limbah sisa analisis. Kegiatan pembuangan limbah ini dilakukan satu minggu sekali setiap hari jumat.

Perbaikan dalam sistem kerja yang perlu dilakukan adalah selalu proses menuangkan limbah bisa menggunakan pompa tangan dan membiarkan wadah limbah dari laboratorium mengisi drum penyimpanan limbah, sehingga mengurangi waktu kontak Asisten Laboratorium di dalam ruangan TPS

Ruang limbah organik TPS sudah dilengkapi dengan mekanisme pembuangan udara keluar melalui 2 *exhaust fan* di dinding dan 1 di pasang di atas tempat pencucian dan selalu dioperasikan pada saat pekerja berada di ruangan, namun belum dilengkapi dengan fasilitas yang cukup untuk masuknya udara bersih. Hal tersebut menyebabkan pergantian udara di ruangan ini tidak cukup untuk dapat mengeluarkan semua kontaminasi yang terjadi akibat paparan pelarut organik.

Setiap pekerja di ruang TPS selalu menggunakan APD minimum Masker dengan Cartridge untuk bahan organik, kaca mata pelindung, baju laboratorium, sarung tangan berbahan karet.

Perbaikan pengendalian APD pada proses pembuangan limbah adalah asisten laboratorium sebaiknya menggunakan masker yang *full face* untuk menghindari cipratan pada saat menuangkan limbah.

5.4 Risiko Paparan Diklormetan

5.4.1 Penentuan Nilai Hazard Rating (HR)

Penilaian *hazard rating* diklormetan dilakukan dengan menggunakan kategori sifat karsinogenik pada Tabel 2.3. Diklormetan termasuk ke dalam golongan 2 B dalam klasifikasi karsinogenik dari IARC sehingga termasuk kategori rating 3 dalam tabel penentuan hazard rating berdasarkan sifat karsinogenik.

5.4.2 Hasil Analisis Diklormetan dengan Pengambilan Sampel Perseorangan

Pengambilan sampel perseorangan dilakukan terhadap pekerja laboratorium yaitu teknisi laboratorium 1, teknisi laboratorium 2, operator GC ECD, Operator GC MS dan asisten laboratorium. Waktu pengukuran dilakukan berdasarkan waktu kegiatan yang dilakukan oleh masing-masing pekerja.

a. Hasil Analisis Diklormetan Pada Pengambilan Sampel Perseorangan Terhadap Teknisi Laboratorium 1.

analisis diklormetan pada pengambilan sampel perseorangan terhadap teknisi laboratorium 1 dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Analisis Diklormetan Melalui Sampling Perseorangan Terhadap Teknisi Laboratorium 1.

Judul Kerja	Teknisi Laboratorium 1			
Tempat Kegiatan	Di luar Lab. Organik	Di Ruang Preparasi	Di Ruang Destilasi	Di luar Lab. Organik
Jenis Kegiatan	Meeting	Ekstraksi Dengan Heksan	Destilasi Heksan	Kegiatan Pelaporan
Waktu Kegiatan	8:00 - 9:00	9:00 - 12:00	13:00 - 14:30	14:30 - 17:00
Lama Kegiatan	1 Jam	3 Jam	1,5 Jam	2,5 Jam
Hasil Analisis Diklormetan	Tidak Diukur	0,926 ppm	3,31 ppm	Tidak Diukur

Kegiatan kerja teknisi laboratorium 1 yang menggunakan pelarut organik atau berpotensi terpajan diklormetan adalah proses ekstraksi dengan n-heksan di ruang preparasi dan destilasi dengan n-heksan di ruang destilasi. Kegiatan diluar laboratorium organik tidak diukur karena diluar ruang lingkup penelitian karena sesuai tujuan penelitian konsentrasi diklormetan yang terdeteksi diharapkan hanya berasal dari diklormetan yang digunakan di laboratorium organik PT. X.

Selanjutnya konsentrasi pajanan rata-rata tertimbang waktu (TWA) dihitung menggunakan persamaan 2a halaman 17. Berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi diklormetan secara TWA untuk judul kerja Teknisi Laboratorium 1 adalah 0,97 ppm.

b. Hasil Analisis Diklormetan Pada Pengambilan Sampel Perseorangan Terhadap Teknisi Laboratorium 2.

Hasil analisis diklormetan pada pengambilan sampel perseorangan terhadap teknisi laboratorium 2 dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Analisis Diklormetan Melalui Sampling Perseorangan Terhadap Teknisi Laboratorium 2.

Judul Kerja	Teknisi Laboratorium 2			
Tempat Kegiatan	Di luar Lab. Organik	Di Ruang Preparasi	Di Ruang Destilasi	Di luar Lab. Organik
Jenis Kegiatan	Meeting	Ekstraksi Dengan Diklormetan	Destilasi Diklormetan	Kegiatan Pelaporan
Waktu Kegiatan	8:00 - 9:00	9:00 - 12:00	13:00 - 16:00	16:00 - 17:00
Lama Kegiatan	1 Jam	3 Jam	3,0 Jam	1 Jam
Hasil Analisis Diklormetan	Tidak Diukur	24,4 ppm	6,36 ppm	Tidak Diukur

Kegiatan kerja teknisi laboratorium 2 yang menggunakan pelarut organik atau berpotensi terpajan diklormetan adalah proses ekstraksi dengan diklormetan di ruang preparasi dan destilasi dengan diklormetan di ruang destilasi. Kegiatan

diluar laboratorium organik tidak diukur karena diluar ruang lingkup penelitian karena sesuai tujuan penelitian konsentrasi diklormetan yang terdeteksi diharapkan hanya berasal dari diklormetan yang digunakan di laboratorium organik PT. X.

Selanjutnya konsentrasi pajanan rata-rata tertimbang waktu (TWA) dihitung menggunakan persamaan 2a halaman 17. Berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi diklormetan secara TWA untuk judul kerja Teknisi Laboratorium 1 adalah 11,535 ppm.

c. Hasil Analisis Diklormetan Pada Pengambilan Sampel Perseorangan Terhadap Operator GC ECD.

Hasil analisis diklormetan pada pengambilan sampel perseorangan terhadap Operator GC ECD dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Analisis Diklormetan Melalui Sampling Perseorangan Terhadap Teknisi Operator ECD.

Judul Kerja	Operator GC ECD				
	Di luar Lab. Organik	Di Luar Lab Organik	Di Ruang GC	Di Ruang Destilasi	Di Ruang GC
Jenis Kegiatan	Meeting	Kegiatan Pelaporan	Preparasi Alat	Preparasi Standar	Injeksi GC ECD
Waktu Kegiatan	8:00 - 8:30	8:30 - 10:30	10:30 - 12:00	13:00 - 14:00	14:00 - 17:00
Lama Kegiatan	0,5 Jam	2,0 Jam	1,5 Jam	1 Jam	3 Jam
Hasil Analisis Diklormetan	Tidak Diukur	Tidak Diukur	Tidak Diukur	1,88	Tidak Terdeteksi

Kegiatan kerja operator GC ECD yang menggunakan pelarut organik atau berpotensi terpajan diklormetan adalah proses preparasi standar di ruang destilasi dan injeksi GC ECD di ruang Gas Kromatografi. Kegiatan di luar laboratorium organik tidak diukur karena diluar ruang lingkup penelitian karena sesuai tujuan penelitian konsentrasi diklormetan yang terdeteksi diharapkan hanya berasal dari diklormetan yang digunakan di laboratorium organik PT. X.

Selanjutnya konsentrasi pajanan rata-rata tertimbang waktu (TWA) dihitung menggunakan persamaan 2a halaman 17. Berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi diklormetan secara TWA untuk judul kerja Teknisi Laboratorium 1 adalah 0,353 ppm.

d. Hasil Analisis Diklormetan Pada Pengambilan Sampel Perseorangan Terhadap Operator GC MS.

Hasil analisis diklormetan pada pengambilan sampel perseorangan terhadap Operator GC MS dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Analisis Diklormetan Melalui Sampling Perseorangan Terhadap Teknisi Operator GC MS.

Judul Kerja	Operator GC MS			
Tempat Kegiatan	Di luar Lab. Organik	Di Ruang Destilasi	Di Ruang GC	Di luar Lab. Organik
Jenis Kegiatan	Meeting	Preparasi Standar	Injeksi GC MS	Kegiatan Pelaporan
Waktu Kegiatan	8:00 - 8:30	8:30 - 9:30	9:30 - 16:30	16:30 - 17:00
Lama Kegiatan	0,5 Jam	1,0 Jam	6 Jam	0,5 Jam
Hasil Analisis Diklormetan	Tidak Diukur	17,8	1,42	Tidak Diukur

Kegiatan kerja operator GC MS yang menggunakan pelarut organik atau berpotensi terpajan diklormetan adalah proses preparasi standar di ruang destilasi dan injeksi GC MS di ruang Gas Kromatografi. Kegiatan di luar laboratorium organik tidak diukur karena diluar ruang lingkup penelitian karena sesuai tujuan penelitian konsentrasi diklormetan yang terdeteksi diharapkan hanya berasal dari diklormetan yang digunakan di laboratorium organik PT. X.

Selanjutnya konsentrasi pajanan rata-rata tertimbang waktu (TWA) dihitung menggunakan persamaan 2a halaman 17. Berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi diklormetan secara TWA untuk judul kerja Teknisi Laboratorium 1 adalah 13,19 ppm.

- e. Hasil Analisis Diklormetan Pada Pengambilan Sampel Perseorangan Terhadap Asisten Laboratorium .

Hasil analisis diklormetan pada pengambilan sampel perseorangan terhadap Asisten Laboratorium dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Analisis Diklormetan Melalui Sampling Perseorangan Terhadap Teknisi Asisten Laboratorium.

Judul Kerja	Asisten Laboratorium			
Tempat Kegiatan	Di luar Lab. Organik	TPS	Di luar Lab Organik	Ruang Pencucian
Jenis Kegiatan	Meeting	Membuang Limbah	Pengecekan Barang	Pencucian alat
Waktu Kegiatan	8:00 - 9:30	9:30 - 11:00	11:00 - 14:30	14:30 - 17:00
Lama Kegiatan	1,5 Jam	1,5 Jam	2,5 Jam	2,5 Jam
Hasil Analisis Diklormetan	Tidak Diukur	31,7 ppm	Tidak Diukur	36,8 ppm

Kegiatan kerja asisten laboratorium yang menggunakan pelarut organik atau berpotensi terpajan diklormetan adalah proses pembuangan limbah di ruang TPS dan pencucian alat di ruang pencucian. Kegiatan di luar laboratorium organik tidak diukur karena diluar ruang lingkup penelitian karena sesuai tujuan penelitian konsentrasi diklormetan yang terdeteksi diharapkan hanya berasal dari diklormetan yang digunakan di laboratorium organik PT. X.

Selanjutnya konsentrasi pajanan rata-rata tertimbang waktu (TWA) dihitung menggunakan persamaan 2a halaman 17. Berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi diklormetan secara TWA untuk judul kerja Teknisi Laboratorium 1 adalah 10,17 ppm.

5.4.3 Penentuan *Exposure Rating* Pajanan Diklormetan

Nilai *duration rating* , *magnitude rating* , *exposure rating* dan *risk rating* dapat dilihat dalam Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Penentuan *duration rating* , *magnitude rating*, *exposure rating* dan *risk rating* pajanan diklormetan

Judul Kerja	Diklormetan ppm	<i>Magnitude Rating</i>	<i>Duration Rating</i>	<i>Hazard Rating</i>	<i>Exposure Rating</i>	<i>Risk Rating</i>
Teknisi laboratorium 1	0,91	2	4	3	3	3
Teknisi laboratorium 2	11,54	2	4	3	3	3
Operator GC ECD	0,25	1	4	3	2	2,4
Operator GC MS	3,29	2	4	3	3	3
Asisten Laboratorium	17,44	2	4	3	3	3

Nilai konsentrasi diklormetan dalam ppm pada tabel 5.13 adalah mengacu pada baris hasil analisis diklormetan pada Tabel 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, dan 5. 12. Penentuan *duration rating* mengacu pada Tabel 2.5 dengan menggunakan data waktu kegiatan pada Tabel 5.8, 5.9, 5.10, 5.11, dan 5. 12. Penentuan *Magnitude rating* mengacu pada Tabel 2.6 untuk pajanan tunggal dengan menggunakan data konsentrasi diklormetan pada kolom ke 2 Tabel 5.13.

Penentuan *exposure rating* berdasarkan data *hazard rating* dan *exposure rating* pada Tabel 5.13 mengacu pada Tabel 4.3 (penentuan *risk matrix*).

Berdasarkan Tabel 5.13 judul kerja teknisi laboratorium1, teknisi laboratorium 2 ,operator GC MS dan asisten laboratorium memiliki risiko kesehatan medium sedangkan operator GC ECD memiliki risiko kesehatan rendah terhadap pajanan diklormetan mengacu pada sistem rating menurut Occupational Safety and Health Division (2004).

5.5 Risiko Pajanan N-Heksan

5.5.1 Penentuan Nilai Hazard Rating (HR)

Penilaian *hazard rating* n-heksan dilakukan dengan menggunakan kategori sifat non karsinogenik berdasarkan efek lokal dan sistemik yang ditimbulkan pada Tabel 2.2. n – Heksan termasuk bahan yang menyebabkan kerusakan tidak permanen terhadap sistem syaraf dan mata pada pajanan berulang sehingga termasuk kategori rating 3 menurut Department of Occupational Health, 2000.

5.5.2 Hasil Analisis N-Heksan dengan Pengambilan Sampel Perseorangan

Pengambilan sampel perseorangan dilakukan terhadap pekerja laboratorium yaitu teknisi laboratorium 1, teknisi laboratorium 2, operator GC ECD, Operator GC MS dan asisten laboratorium. Waktu pengukuran dilakukan berdasarkan waktu kegiatan yang dilakukan oleh masing-masing pekerja.

a. Hasil Analisis N-Heksan Pada Pengambilan Sampel Perseorangan Terhadap Teknisi Laboratorium 1.

Hasil analisis n-heksan pada pengambilan sampel perseorangan terhadap teknisi laboratorium 1 dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Analisis N-Heksan Melalui Sampling Perseorangan Terhadap Teknisi Laboratorium 1.

Judul Kerja	Teknisi Laboratorium 1			
Tempat Kegiatan	Di luar Lab. Organik	Di Ruang Preparasi	Di Ruang Destilasi	Di luar Lab. Organik
Jenis Kegiatan	Meeting	Ekstraksi Dengan Heksan	Destilasi Heksan	Kegiatan Pelaporan
Waktu Kegiatan	8:00 - 9:00	9:00 - 12:00	13:00 - 14:30	14:30 - 17:00
Lama Kegiatan	1 Jam	3 Jam	1,5 Jam	2,5 Jam
Hasil Analisis n-Heksan	Tidak Diukur	27,2 ppm	10,7 ppm	Tidak Diukur

Kegiatan kerja teknisi laboratorium 1 yang menggunakan pelarut organik atau berpotensi terpapar n-heksan adalah proses ekstraksi dengan n-heksan di ruang preparasi dan destilasi dengan n-heksan di ruang destilasi. Kegiatan diluar laboratorium organik tidak diukur karena diluar ruang lingkup penelitian karena sesuai tujuan penelitian konsentrasi n-heksan yang terdeteksi diharapkan hanya berasal dari diklormetan yang digunakan di laboratorium organik PT. X.

Selanjutnya konsentrasi pajanan rata-rata tertimbang waktu (TWA) dihitung menggunakan persamaan 2a halaman 17. Berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi n-heksan secara TWA untuk judul kerja Teknisi Laboratorium 1 adalah 10,52 ppm.

b. Hasil Analisis N-Heksan Pada Pengambilan Sampel Perseorangan Terhadap Teknisi Laboratorium 2.

Hasil analisis n-heksan pada pengambilan sampel perseorangan terhadap teknisi laboratorium 2 dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Analisis N-Heksan Melalui Sampling Perseorangan Terhadap Teknisi Laboratorium 2.

Judul Kerja	Teknisi Laboratorium 2			
	Di luar Lab. Organik	Di Ruang Preparasi	Di Ruang Destilasi	Di luar Lab. Organik
Jenis Kegiatan	Meeting	Ekstraksi Dengan Diklormetan	Destilasi Diklormetan	Kegiatan Pelaporan
Waktu Kegiatan	8:00 - 9:00	9:00 - 12:00	13:00 - 16:00	16:00 - 17:00
Lama Kegiatan	1 Jam	3 Jam	3,0 Jam	1 Jam
Hasil Analisis n-Heksan	Tidak Diukur	0,554 ppm	3,95 ppm	Tidak Diukur

Kegiatan kerja teknisi laboratorium 2 yang menggunakan pelarut organik atau berpotensi terpajan n-heksan adalah proses ekstraksi dengan diklormetan di ruang preparasi dan destilasi dengan diklormetan di ruang destilasi. Kegiatan diluar laboratorium organik tidak diukur karena diluar ruang lingkup penelitian karena sesuai tujuan penelitian konsentrasi n-heksan yang terdeteksi diharapkan hanya berasal dari diklormetan yang digunakan di laboratorium organik PT. X.

Selanjutnya konsentrasi pajanan rata-rata tertimbang waktu (TWA) dihitung menggunakan persamaan 2a halaman 17. Berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi n-heksan secara TWA untuk judul kerja Teknisi Laboratorium 1 adalah 1,689 ppm.

c. Hasil Analisis N-Heksan Pada Pengambilan Sampel Perseorangan Terhadap Operator GC ECD.

Hasil analisis n-heksan pada pengambilan sampel perseorangan terhadap Operator GC ECD dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Analisis N-Heksan Melalui Sampling Perseorangan Terhadap Operator GC ECD.

Judul Kerja	Operator GC ECD				
	Di luar Lab. Organik	Di Luar Lab Organik	Di Ruang GC	Di Ruang Destilasi	Di Ruang GC
Jenis Kegiatan	Meeting	Kegiatan Pelaporan	Preparasi Alat	Preparasi Standar	Injeksi GC ECD
Waktu Kegiatan	8:00 - 8:30	8:30 - 10:30	10:30 - 12:00	13:00 - 14:00	14:00 - 17:00
Lama Kegiatan	0,5 Jam	2,0 Jam	1,5 Jam	1 Jam	3 Jam
Hasil Analisis n-Heksan	Tidak Diukur	Tidak Diukur	Tidak Diukur	24,6 ppm	3,36 ppm

Kegiatan kerja operator GC ECD yang menggunakan pelarut organik atau berpotensi terpajan n-heksan adalah pembuatan standar di ruang destilasi dan injeksi GC ECD di ruang gas kromatografi. Kegiatan diluar laboratorium organik tidak diukur karena diluar ruang lingkup penelitian karena sesuai tujuan penelitian konsentrasi n-heksan yang terdeteksi diharapkan hanya berasal dari diklormetan yang digunakan di laboratorium organik PT. X.

Selanjutnya konsentrasi pajanan rata-rata tertimbang waktu (TWA) dihitung menggunakan persamaan 2a halaman 17. Berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi n-heksan secara TWA untuk judul kerja Operator GC ECD adalah 5,873 ppm.

d. Hasil Analisis N-Heksan Pada Pengambilan Sampel Perseorangan Terhadap Operator GC MS.

Hasil analisis n-heksan pada pengambilan sampel perseorangan terhadap Operator GC MS dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Analisis N-Heksan Melalui Sampling Perseorangan Terhadap Operator GC MS.

Judul Kerja	Operator GC MS			
	Di luar Lab. Organik	Di Ruang Destilasi	Di Ruang GC	Di luar Lab. Organik
Tempat Kegiatan	Meeting	Preparasi Standar	Injeksi GC MS	Kegiatan Pelaporan
Jenis Kegiatan	Meeting	Preparasi Standar	Injeksi GC MS	Kegiatan Pelaporan
Waktu Kegiatan	8:00 - 8:30	8:30 - 9:30	9:30 - 16:30	16:30 - 17:00
Lama Kegiatan	0,5 Jam	1,0 Jam	6 Jam	1 Jam
Hasil Analisis n-Heksan	Tidak Diukur	Tidak Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Tidak Diukur

Kegiatan kerja operator GC MS yang menggunakan pelarut organik atau berpotensi terpajan n-heksan adalah pembuatan standar di ruang destilasi dan injeksi GC MS di ruang gas kromatografi. Kegiatan diluar laboratorium organik tidak diukur karena diluar ruang lingkup penelitian karena sesuai tujuan penelitian konsentrasi n-heksan yang terdeteksi diharapkan hanya berasal dari diklormetan yang digunakan di laboratorium organik PT. X.

Selanjutnya konsentrasi pajanan rata-rata tertimbang waktu (TWA) dihitung menggunakan persamaan 2a halaman 17. Berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi n-heksan secara TWA untuk judul kerja Operator GC MS adalah tidak terdeteksi.

- e. Hasil Analisis N-Heksan Pada Pengambilan Sampel Perseorangan Terhadap asisten Laboratorium.

Hasil analisis n-heksan pada pengambilan sampel perseorangan terhadap Asisten laboratorium dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Analisis N-Heksan Melalui Sampling Perseorangan Terhadap asisten Laboratorium.

Judul Kerja	Asisten Laboratorium			
	Di luar Lab. Organik	TPS	Di luar Lab Organik	Ruang Pencucian
Tempat Kegiatan	Meeting	Membuang Limbah	Pengecekan Barang	Pencucian alat
Jenis Kegiatan	Meeting	Membuang Limbah	Pengecekan Barang	Pencucian alat
Waktu Kegiatan	8:00 - 9:30	9:30 - 11:00	11:00 - 14:30	14:30 - 17:00
Lama Kegiatan	1,5 Jam	1,5 Jam	2,5 Jam	2,5 Jam
Hasil Analisis n-Heksan	Tidak Diukur	27,6 ppm	Tidak Diukur	28,0 ppm

Kegiatan kerja asisten laboratorium yang menggunakan pelarut organik atau berpotensi terpajan n-heksan adalah pembuangan limbah di ruang TPS dan pencucian di ruang pencucian. Kegiatan diluar laboratorium organik tidak diukur karena diluar ruang lingkup penelitian karena sesuai tujuan penelitian konsentrasi n-heksan yang terdeteksi diharapkan hanya berasal dari diklormetan yang digunakan di laboratorium organik PT. X.

Selanjutnya konsentrasi pajanan rata-rata tertimbang waktu (TWA) dihitung menggunakan persamaan 2a halaman 17. Berdasarkan hasil perhitungan konsentrasi n-heksan secara TWA untuk judul kerja asisten laboratorium adalah 10,39 ppm.

5.5.3 Penentuan *Exposure Rating* Pajanan N-Heksan

Nilai *duration rating* , *magnitude rating*, *exposure rating* dan *risk rating* dapat dilihat dalam Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Penentuan *duration rating* , *magnitude rating* , *exposure rating* dan *risk rating* pajanan n-heksan

Judul Kerja	n-Heksan ppm	Magnitude Rating	Duration Rating	Hazard Rating	Exposure Rating	Risk Rating
Teknisi laboratorium 1	12,21	2	4	3	3	3
Teknisi laboratorium 2	1,69	1	4	3	2	2,4
Operator GC ECD	4,34	2	4	3	3	3
Operator GC MS	Ttd	1	4	3	2	2,4
Asisten Laboratorium	13,93	2	4	3	3	3

Nilai konsentrasi n-heksan dalam ppm pada tabel 5.19 adalah mengacu pada baris hasil analisis diklormetan pada Tabel 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, dan 5. 18. Penentuan *duration rating* mengacu pada Tabel 2.5 dengan menggunakan data waktu kegiatan pada Tabel 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, dan 5. 18. Penentuan *Magnitude rating* mengacu pada Tabel 2.6 untuk pajanan tunggal dengan menggunakan data konsentrasi diklormetan pada kolom ke 2 Tabel 5.19.

Penentuan *exposure rating* berdasarkan data *hazard rating* dan *exposure rating* pada Tabel 5.19 mengacu pada Tabel 4.3 (penentuan *risk matrix*).

Berdasarkan Tabel 5.19 judul kerja teknisi laboratorium 1, operator GC ECD dan asisten laboratorium memiliki risiko kesehatan medium sedangkan operator GC MS dan Teknisi Laboratorium 2 memiliki risiko kesehatan rendah terhadap pajanan n-heksan mengacu pada sistem rating menurut Occupational Safety and Health Division (2004).

5.6 Keterbatasan Penelitian

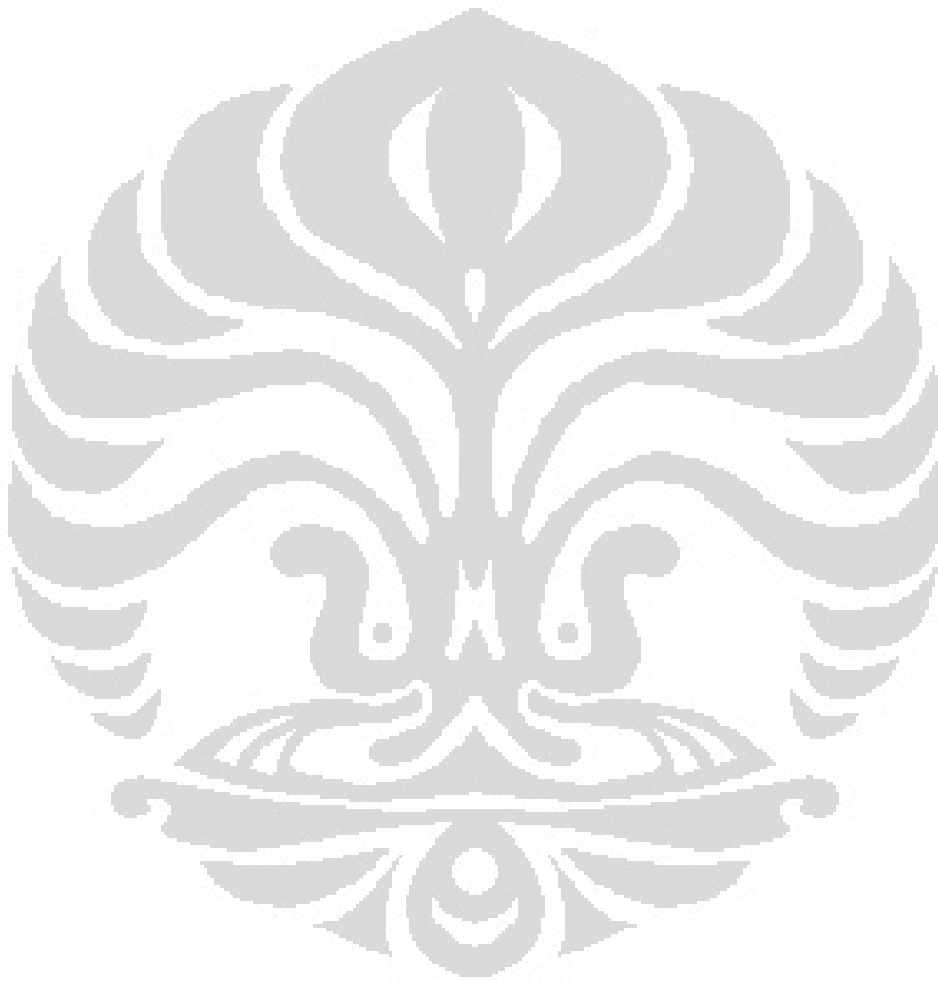
5.6.1 Penentuan Risiko Kesehatan

Analisis risiko kesehatan akibat pajanan n-heksan dan diklormetan berdasarkan jenis judul kegiatan adalah untuk mengetahui tingkat bahaya pada kegiatan yang dilakukan oleh pekerja di laboratorium organik. Tingkat bahaya

yang diteliti tidak memperhitungkan frekuensi pajanan berulang per minggu atau per bualan.

5.6.2 Kondisi Penelitian

Kondisi penelitian dilakukan pada keadaan normal laboratorium belum memperhitungkan kondisi abnormal di laboratorium seperti adanya pekerja yang berhalangan hadir, adanya instrument dan alat pengendalian yang rusak, bekerja lembur, bekerja di hari libur dan lain-lain.



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Hasil pemantauan area kerja parameter diklormetan dan n-heksan di laboratorium organik PT. X yaitu di ruang preparasi sampel, ruang destilasi, ruang pencucian peralatan, ruang gas kromatografi dan ruang tempat penyimpanan limbah masih di bawah nilai rekomendasi TLV – TWA ACGIH 2010.
2. Berdasarkan hasil pengamatan profil kelompok pajanan seluruh pekerja di laboratorium organik PT. X masing-masing memiliki jenis pekerjaan yang berbeda sehingga memiliki karakteristik pajanan yang tidak sama terhadap risiko pajanan diklormetan dan n-heksan .
3. Berdasarkan hasil analisis risiko kesehatan terhadap pajanan diklormetan judul kerja teknisi laboratorium1, teknisi laboratorium 2 ,operator GC MS dan asisten laboratorium memiliki risiko kesehatan medium sedangkan operator GC ECD memiliki risiko kesehatan rendah terhadap pajanan diklormetan.
4. Berdasarkan hasil analisis risiko kesehatan terhadap pekerja laboratorium judul kerja teknisi laboratorium 1, operator GC ECD dan asisten laboratorium memiliki risiko kesehatan medium sedangkan operator GC MS dan Teknisi Laboratorium 2 memiliki risiko kesehatan rendah terhadap pajanan n-heksan.
5. Pengendalian teknis di laboratorium organik PT. X perlu diperbaiki dengan melakukan perbaikan sistem pertukaran udara yang menyediakan pertukaran udara bersih ke area laboratorium. Sedangkan pengendalian administratif dan pengendalian dengan alat pelindung diri sudah cukup baik.

6. Tindakan perbaikan dan pencegahan untuk mengurangi kemungkinan paparan diklormetan dan n-heksan di laboratorium organik PT. X antara lain :
 - a. Perbaikan sistem pertukaran udara di seluruh ruangan laboratorium.
 - b. Seluruh pelarut organik harus dituangkan ke dalam kontainer di dalam tudung laboratorium.
 - c. Kegiatan pembuatan standar dengan pelarut diklormetan, n-heksan dan distilasi pelarut organik harus dilakukan dalam tudung laboratorium berbeda atau dalam tudung laboratorium yang sama namun pada waktu yang berbeda
 - d. Lokal ventilasi harus dipasang pada area pencucian peralatan bekas kegiatan yang menggunakan pelarut organik.

6.2 Saran

- 1 Berdasarkan adanya kegiatan yang berisiko tinggi di laboratorium organik PT. CI maka perbaikan dan pemantauan ulang terhadap risiko paparan diklormetan dan n-heksan harus segera dilakukan.
- 2 Medikal Check Up (MCU) dan pemantauan biologis harus dilakukan terhadap pekerja laboratorium secara berkala.
3. Faktor suhu dan kelembapan sebaiknya diperhitungkan dalam penelitian analisis risiko kesehatan selanjutnya.

REFERENSI

- American Conference of Governmental Industrial Hygienist , ACGIH (2010) *Threshold Limit Value for Chemicals Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indicators*, Cincinnati.
- American Industrial Hygiene Association, AIHA. April 19,2012. [http : //www.aiha.org /](http://www.aiha.org/).
- Asilian, H.,Nejad, M., Mortazavi, B., Jafari,M.J., Khavanin, A.R., Dehsdasti, A.R. (2008, January 18). *Assessment of Bagging Operators Exposure to with PVC Airborn Particulates*. Iran Journal Environ. Sci. Eng. Vol 5 No. 3. 187-194. <http://www.bioline.org.br/pdf?se08032>
- Agency of Toxic Substance and Diseases Registry, ATSDR (2000). *Toxicology Profile of Methylene Chloride*. March 17 , 2011. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofile/tp.asp?id=234&tid=42>
- Cassaret & Douls, (2008), *Toxicology : The Basic Science of Poisons 7th edition* , Mc Graw Hill Medical Publishing Division, USA.
- Department of Occupational Safety and Health, DOSH (2000), *Chemical Health Risk Assessment (CHRA)*,2nd Ed, Ministry of Human Resources, Malaysia
- Environmental Protection Agency (EPA). *Integrated Risk information System*, March 5, 2011. [http : //www.epa.gov/IRIS/subst/0486.htm](http://www.epa.gov/IRIS/subst/0486.htm).
- Environmental Protection Agency (EPA) (2008) *Technology Transfer Network Air Toxic.*, March 5, 2011. [http : //www.epa.gov/ttn/atw/hithec/n-hexane.htm](http://www.epa.gov/ttn/atw/hithec/n-hexane.htm)
- Helbeck, Michael (2010) , *ECO-USA TOXICS : Chemicals*, March 5 ,2011. [http : //www.eco-usa.net /toxic/chemicals/methylene.chloride.shtml..](http://www.eco-usa.net/toxic/chemicals/methylene.chloride.shtml..)
- Hanidza,T., Tong, L.K., Zain,S.,Latif, P.A., (2010), *Chemical Risk Evaluation: A Case Study in an Automotive Air Conditioner Production Facility*, Environment Asia The International Journal Published by Thai Education on Environment, 3 186-202. April 20, 2012. www.tshe.org/ea/pdf/vol35%20p186-202pdf
- Hoffman, Joseph (2010), *Firefighter Exposure to Fine Particles and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*. Thesis, University of Cincinnati. April 10, 2012 [http : //etd.ohiolink.edu/view.cgi?acc-num=ucin1282061833](http://etd.ohiolink.edu/view.cgi?acc-num=ucin1282061833).
- International Agency for Research on Cancer , IARC,(2011) *Overall Evaluation of Carcinogenicity to Humas List of Agents, Mixtures and Exposures Evaluated*, December 5, 2011. <http://Monographs.iarc.fr/ENG/classification>

- Ignatio, Joselito & Bullock, William (2006) *A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposure*. 3rd edition, AIHA press, Fairfax VA 22031.
- Leidel, Nelson A, Busch, K.A, Linch, J (1977), *Occupational Exposure Sampling Strategy Manual* USDN NIOSH. Available at <http://www.cdc.gov/NIOSH>
- Lestari, Fatma (2010) *Bahaya Kimia : Sampling & pengukuran kontaminan kimia di udara*, Penerbit Buku Kedokteran. Jakarta.
- Merck (2011), *106054 Dichlormethane*, December 5, 2011.
<http://www.merck-chemicals.com/indonesia/dichlormethane>.
- Merck (2011), *104371 n-hexane*, December 5, 2011.
<http://www.merck-chemicals.com/indonesia/n-hexane>.
- Mulhausen, JR & Damiano (2003) *Chapter 4th ; Comprehensive Exposure Assessment the Occupational Environment : Its evaluation, control, and management*. 2nd edition Salvatore, AIHA-Washington TLV ACGIH (2010) *Threshold Limit Value for Chemicals Substances and Physical Agents Biological Exposure Indicators*, Cincinnati.
- Mohamed, M.Y.A. (2008) *Risk Assessment of Hazardous Chemicals A Case Study in Chemistry Research Laboratory of USM*. Thesis. University Sains Malaysia.
- National Research Council, NRC (2010) *Keselamatan dan Keamanan laboratorium Kimia : Panduan pengelolaan Bahan Kimia dengan Bijak*. The National Academy Press, Washington DC.
- NIOSH (1996) *Volatile Organic Compounds (Screening)*. December 5, 2011.
<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/1005.pdf>.
- Occupational Safety and Health Division, OSHD (2004). *A Semi Quantitative to Assess Occupational Exposure to Harmful Chemical*. The Ministry of Manpower. Havelock Road Singapore
- Pennline, Cara (2005) *Evaluating Potential Exposure to Hexavalent Chromium (Cr(VI)) among Maintenance Mechanicwelders*. Thesis. University of Cincinnati. <http://etd.ohiolink.edu/view.cgi?acc-num=ucin1182717517>.
- Pertamina RU VI Balongan (2010) *Study Pemetaan Bahaya Kimia*, Universitas Indonesia.
- Smit, J., Asnong, W. (2009). *Industrial Hygiene Guideline : The Assessment of Exposure Vinyl Chloride and 1,2-Dichloroethane*. IndustTox Consult. Nijmegen Netherlands

Sianipar, Reinhard (2009). *Analisis risiko Paparan Hidrogen Sulfida pada Masyarakat Sekitar TPA Sampah medan 2009*. Thesis. Universitas Sumatera Utara Medan.

Winder, Chris (2005). *Occupational Toxicology*, 2nd Edition. CRC Press, Taylor & Francis e -Library

