

**ANALISIS RISIKO NON KARSINOGENIK DAN KARSINOGENIK
DARI PAPARAN BENZENE TERHADAP PEKERJA DI
AREA WASTE PLANT BADAQ 58 PT. X**

OLEH:

**MUHAMMAD YUSUF
NIM. 10.1101.5150**



**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS MULAWARMAN
SAMARINDA
2016**

**ANALISIS RISIKO NON KARSINOGENIK DAN KARSINOGENIK
DARI PAPARAN BENZENE TERHADAP PEKERJA DI
AREA WASTE PLANT BADAQ 58 PT. X**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat
Pada
Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Mulawarman**



OLEH:

**MUHAMMAD YUSUF
NIM. 10.1101.5150**

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS MULAWARMAN
SAMARINDA
2016**

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Muhammad Yusuf
NIM : 1011015150
Program Studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Jurusan : Ilmu Kesehatan Masyarakat
Judul : Analisis Non Karsinogenik dan Karsinogenik dari Paparan Benzene terhadap Pekerja di Area *Waste Plant* Badak 58 PT. X

Telah Dipertahankan Dihadapan Penguji dan Dinyatakan Lulus Pada
Tanggal 23 Februari 2016

Dewan Penguji

Pembimbing I

Pembimbing II

DR. Iwan M. Ramdan, SKp., M. Kes
NIP. 19750907 200501 1 004

Blego Sedionoto, SKM., M. Kes
NIP. 19770502 200604 1 003

Penguji I

Penguji II

Dina Lusiana, SKM., M. Kes
NIP. 19791229 200812 2 001

Andi Anwar, SKM., M. Kes
NIP. 19770827 201012 1 002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Mulawarman,

Dra. Hj. Sitti Badrah, M. Kes
NIP. 19600727 199203 2 002

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS MULAWARMAN
SAMARINDA
2016**

Analisis Risiko non Karsinogenik dan Karsinogenik dari Paparan Benzene terhadap Pekerja di Area *Waste Plant* Badak 58 PT. X (Pembimbing DR. Iwan M. Ramdan, S.Kp., M.Kes dan Blego Sedionoto, SKM., M.Kes)

ABSTRAK

Sejak penggunaan benzene, ditemukan juga dampak kesehatan akibat paparan dengan bahan kimia ini. Pekerja di area *Waste Plant* Badak 58 PT. X adalah salah satu populasi pekerja yang memiliki tingkat risiko paparan benzene yang tinggi, terutama melalui jalur inhalasi dalam waktu paparan yang terus menerus. Tujuan penelitian untuk mengetahui adanya risiko dari paparan benzene terhadap pekerja di area *Waste Plant* Badak 58 PT. X.

Jenis penelitian ini menggunakan metode survey analitik dengan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan, yaitu menghitung besar risiko paparan benzene terhadap pekerja. Subjek penelitian ini adalah pekerja di area *Waste Plant* dan pengambilan sampel menggunakan total sampel yaitu sebanyak 15 pekerja.

Hasil ARKL menunjukkan pada perhitungan tingkat risiko non karsinogenik pada durasi paparan *realtime* terdapat 9 pekerja (60%) yang berisiko dan pada durasi paparan *lifetime* 15 pekerja (100%) berisiko. Untuk risiko karsinogenik terdapat 2 pekerja (13%) yang berisiko pada durasi *realtime* dan 15 pekerja (100%) pada durasi *lifetime*.

Berdasarkan hasil penelitian disarankan ada upaya pengelolaan risiko untuk menurunkan konsentrasi benzene dengan pendekatan secara teknis menggunakan blower agar pekerja terhindar dari risiko kesehatan paparan benzene.

Kata Kunci : Analisis Risiko, Benzene, non Karsinogenik, Karsinogenik.

Kepustakaan : 20 (2005 – 2015)

Non Carcinogenik and Carcinogenik Risk Assessment of Benzene Exposure at Workers in PT. X Badak 58 Waste Plant Area (Supervisors: DR. Iwan M. Ramdan, S.Kp., M.Kes and Blego Sedionoto, SKM., M.Kes)

ABSTRACT

Since the use of benzene, was also found health effects due to these chemicals. Workers in PT. X Badak 58 Waste Plant Area are working population who have high risk levels of benzene exposure, mainly through the inhalation pathway at continuous exposure. This research aims to find out the risk of benzene exposure at workers in PT. X Badak 58 Waste Plant Area.

The type of this research was analytic survey with environmental health risk assessment approach to calculating risk of benzene exposure at workers. The subject of this research was the workers in Waste Plant Area and the sample was taken by using total sample with the total 15 workers.

The result of EHRA showed there was 9 workers (60%) has non carcinogenic risk on duration of realtime exposure and 15 workers (100%) has non carcinogenic risk on duration of lifetime exposure. The result of Excess Cancer risk there was 2 workers (13%) has cancer risk on duration of realtime exposure and 15 workers (100%) has cancer risk on duration of lifetime exposure.

Based on research result it is suggested to manage risiko for reduce benzene concentration with engineer approach use blower to avoid health risk of benzene exposure at workers.

Keywords : Risk Assessment, Benzene, non Carcinogenic, Carcinogenic

Literature : 20 (2005 – 2015)

Halaman Pernyataan

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis atau skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana), baik di Universitas Mulawarman maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis atau skripsi saya ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dan arahan tim pembimbing.
3. Dalam karya tulis atau skripsi saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila kemudian hari terdapat penyimpangan dan tindak kebenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh karena karya tulis atau skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi.

Samarinda, 5 Februari 2016

Yang membuat pernyataan

Muhammad Yusuf
NIM. 10.1101.5150

RIWAYAT HIDUP

Nama : Muhammad Yusuf
NIM : 1011015150
Tempat tanggal lahir : Makasar, 28 Desember 1991
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Asal SLTA/ Akademik : SMA Negeri 1 Balikpapan
Status Perkawinan : Belum Kawin
Alamat Asal : Jln. DI. Pandjaitan RT 32 No 8 Balikpapan
Alamat Sekarang : Jln. Rmania RT 45 No 80 Samarinda
Email : yusuf.skes@gmail.com

KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati, penyusun mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi dengan judul “Analisis Risiko non Karsinogenik dan Karsinogenik dari Paparan Benzene terhadap Pekerja di Area *Waste Plant* Badak 58 PT. X” ini dengan baik. Pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan rasa terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Dra. Hj. Sitti Badrah.,M.Kes, selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Mulawarman Samarinda.
2. DR. Iwan M. Ramdan,S.Kp.,M.Kes dan Blego Sedionoto, SKM.,M.Kes selaku pembimbing I dan II yang telah banyak memberikan masukan dan pengarahan kepada penulis mulai dari tahap penyusunan proposal penelitian sampai penyusunan skripsi ini.
3. Dina Lusiana, SKM.,M.Kes dan Ade Rahmat Firdaus, SKM.,M.PH selaku penguji I dan II yang telah memberikan masukan dan saran demi perbaikan hasil penelitian sehingga menjadi skripsi yang bermanfaat.
4. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat beserta seluruh staf struktural maupun fungsional yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan.

5. Keluargaku tercinta yang tiada hentinya memberikan doa dan restu , dukungan materil dan moril, khusus untuk Ayahanda Usman dan Ibunda Rosniah yang telah membantu dalam proses penelitian.
6. Sahabat-sahabat Aulia Ufi Kaila, Reza, dan Ikhsan mereka semua yang selalu memberikan bantuan, dukungan dan motivasi selama proses penyusunan skripsi. Serta tak lupa juga untuk sahabat FLY Kak Carda, Neng Vita, Dede Ajrina, Nani, Yuni, Indah, Dea, Randie yang telah memberikan canda tawa yang tidak akan terlupakan.
7. Teman-teman FKM 2010 terutama FKM B yang selalu memberikan dukungan, dorongan saling menyemangati dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari keterbatasan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan di masa yang akan datang.

Samarinda, 5 Februari 2016
Penulis

Muhammad Yusuf
NIM. 1011015150

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	
ABSTRACT	
HALAMAN PERNYATAAN	
RIWAYAT HIDUP	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR LAMPIRAN	

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.....	
B. Rumusan Masalah.....	
C. Tujuan.....	
D. Manfaat.....	
E. Keaslian Penelitian	

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Benzene	
B. Sumber Benzene	
C. Bahaya Benzene terhadap Kesehatan	
D. Metabolisme Benzene	
E. Analisis Kandungan Benzene di Udara	
F. Standar Benzene	
G. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)	
H. Kerangka Teori	

BAB III METODELOGI PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	
B. Waktu dan Lokasi	
C. Populasi dan Sampel.....	
D. Kerangka Konsep	
E. Hipotesis Penelitian	
F. Variabel Penelitian.....	
G. Definisi Operasional Variabel.....	
H. Teknik Pengumpulan Data	
I. Teknik Analisis Data	
J. Instrumen Penelitian	

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	
---------------------	--

1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian
2. Konsentrasi Benzene di Udara
3. Berat Badan dan Pola Paparan
4. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

B. Pembahasan Penelitian

1. Identifikasi Risiko Paparan Benzene di Area *Waste Plant*.....
2. Intake Paparan Benzene terhadap Pekerja di Area *Waste Plant*
3. Karakterisasi Risiko Paparan Benzene terhadap Pekerja di
Area *Waste Plant*.....
4. Manajemen Risiko Paparan Benzene di Area *Waste Plant*.....

C. Keterbatasan Penelitian

BAB V PENUTUP

- A. Kesimpulan
- B. Saran

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No	Judul	Hal
Tabel 1.1	Keaslian Peneliti	
Tabel 2.1	Sifat Fisik dan Kimia Benzene	
Tabel 2.2	Standar NAB Benzene	
Tabel 3.1	Definisi Operasional	
Tabel 4.1	Distribusi Konsentrasi Benzene di Area <i>Waste Plant</i>	
Tabel 4.2	Distribusi Responden Berdasarkan Berat Badan dan Pola Paparan	
Tabel 4.3	Identifikasi Risiko	
Tabel 4.4	Analisis Dosis Respon	
Tabel 4.5	Distribusi Intake Paparan <i>Realtime</i> dan <i>Lifetime</i>	
Tabel 4.6	Distribusi Tingkat Risiko Paparan <i>Realtime</i> dan <i>Lifetime</i>	
Tabel 4.7	Distribusi Laju Asupan Berdasarkan Manajemen Risiko	

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Hal
Tabel 2.1	Metabolisme Benzene	
Tabel 4.1	Denah Lokasi <i>Waste Plant</i>	

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul
Lampiran 1	Kuesioner
Lampiran 2	Lembar Observasi
Lampiran 3	Hasil ARKL

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri minyak dan gas bumi merupakan industri yang berisiko tinggi. Pelanggaran yang disebabkan akibat kelalaian dan ketidakpedulian yang kecil sekali pun terhadap persyaratan keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan dapat berakibat fatal sehingga menimbulkan bencana yang berdampak sangat serius. Oleh sebab itu perhatian terhadap K3LH pada industri minyak dan gas bumi harus semaksimal mungkin untuk diawasi secara ketat pelaksanaan dan penerapannya dengan menyesuaikan standar yang tepat untuk operasi migas.

Menurut *United States Environmental Protection Agency* (US-EPA) fasilitas produksi minyak dan gas bumi memaparkan polusi seperti *hazardous air pollutants* (HAPs) dan *volatile organic compounds* (VOC). Polusi tersebut dapat menimbulkan masalah kesehatan yang bisa mempengaruhi kemampuan karyawan dalam bekerja. Meskipun pemerintah dan regulasi telah membatasi jumlah emisi dari minyak dan gas bumi dari fasilitas produksi minyak, bahaya pelepasan HAPs dapat terjadi apabila fasilitas produksi minyak dan gas bumi melakukan operasi tidak sesuai dengan aturan (US-EPA, 2005).

Berdasarkan informasi dari *United States Environmental Protection Agency* (US-EPA), produksi minyak dan gas bumi memaparkan *benzene*.

Dan salah satu tempat dapat ditemukan adalah di area *Waste Plant*. Walaupun *benzene* sangat mudah ditemukan terutama di area penampungan limbah B3 (*Waste Plant*), tetapi para pekerja masih banyak yang kurang peduli dan mengabaikan bahaya tersebut dengan alasan sudah terbiasa dengan kondisi lingkungan kerja padahal *benzene* merupakan senyawa yang bisa menimbulkan masalah kesehatan dan juga bersifat karsinogenik yang berdampak pada jangka panjang (Pratama, 2013).

Benzene merupakan salah satu potensi penyebab terjadinya gangguan hematopoietic yaitu anemia, lymphoma, dan gangguan penyakit darah yang lain termasuk jenis leukimia. Selain itu benzene merupakan salah satu senyawa yang bersifat karsinogenik, bukti kuat ditemukannya kanker akibat paparan benzene adalah dalam studi kohort pada pekerja di Ohio dan Cina. EPA, IARC, dan departemen kesehatan Amerika telah menggolongkan benzene bahan toksik yang bersifat karsinogenik pada manusia. US-EPA mengelompokkan benzene sebagai kategori A (Pudyoko, 2010).

Berdasarkan penelitian terhadap pekerja di instalasi BBM Semarang, didapatkan bahwa adanya indikasi gangguan *hematopoietic* akibat dari paparan *benzene*. Sebanyak 29 orang pekerja mempunyai jumlah netrofil yang tidak normal, 21 orang pekerja jumlah limfositnya tidak normal, 34 orang pekerja (73,91%) jumlah monositnya tidak normal, 16 orang pekerja (34,78 %) laju endap darah 1 jamnya tidak normal dan 24 orang. Dari

hubungan variabel bebas dengan variabel terikat didapatkan terdapat hubungan yang signifikan antara konsentrasi benzene di udara dengan profil darah yaitu eosinofil, *mean corpuscular hemoglobin concentration* (MCHC), laju endap darah (Pudyoko, 2010).

Pada penelitian tentang paparan *benzene*, *toluene*, dan *xylene* pada pekerja di kawasan industri sepatu. Dari hasil penelitian didapatkan hasil yang menunjukkan ada hubungan antara paparan *benzene* dengan penurunan kadar hemoglobin, kadar eritrosit dan juga kadar eosinofil pada *breathing zone* (Haen, 2013).

Banyak industri minyak dan gas bumi yang telah melakukan proses pengeboran minyak di Indonesia dan salah satunya adalah PT. X. Sebagai perusahaan minyak dan gas bumi yang memiliki ratusan sumur yang memproduksi di wilayah Kabupaten Kutai Kertanegara, Kalimantan Timur, lokasi PT. X memiliki kemungkinan yang terdapat paparan dari *benzene*. Walaupun belum ditemukannya kasus leukimia pada para pekerja yang terkena paparan *benzene*, tapi efek akut yang ditimbulkan oleh *benzene* sering dirasakan oleh para pekerja terutama mereka yang berkerja di area-area sumber paparan benzene (Pratama, 2013).

Berdasarkan standar yang ditentukan oleh *American Conference of Governmental Industrial Hygienist* pada tahun 2010 bahwa standar nilai ambang batas *benzene* 0,5 ppm. Dari hasil pengukuran yang pernah dilakukan di area kerja PT. X pada tahun 2012, terdapat lokasi kerja yang teridentifikasi sumber *benzene* yang berpotensi terjadinya paparan terhadap

pekerja. Dari hasil pemantauan 47 titik sumber *benzene*, untuk konsentrasi *benzene* terdapat 40 (85%) titik dengan nilai konsentrasi diatas nilai ambang batas (Pratama,2013).

Pada monitoring benzene tahun 2012 di area *waste plant* PT. X, hasilnya yang didapatkan dari pengukuran pada 8 titik sumber paparan didapatkan 7 titik pengukuran benzene (87,5%) nilai benzene berada diatas nilai ambang batas yang ditetapkan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi yaitu 0,5 ppm. Untuk monitoring pada tahun 2014 konsentrasi benzene di area *Waste Plant*, dari 8 titik pengukuran area paparan, hasil pengukuran pada semua titik (100%) menunjukkan nilai konsentrasi benzene berada diatas nilai ambang batas dan bahkan salah satu titik menunjukkan nilai konsentrasi benzene yang mencapai konsentrasi 159,45 ppm.

Perkembangan higiene industri saat ini terutama dalam mencegah terjadinya penyakit akibat kerja, studi tentang penyakit tidak lagi hanya terfokus pada orientasi penyakit atau kondisi lingkungan kerja yang spesifik tetapi sudah intensif terhadap analisis risiko kesehatan yang bersifat *agent spesific* dan *site spesific* sehingga dengan analisis risiko dapat dihitung atau menaksir risiko yang telah, sedang, dan akan terjadi. Dengan penerapan analisis risiko kesehatan maka risiko penyakit akibat kerja dapat diprediksi sehingga dapat diterapkan program manajemen risiko yang tepat untuk meminimalisir atau bahkan menghilangkan risiko penyakit akibat kerja (Basri, 2014).

Analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) merupakan salah satu metode *risk assessment*. Secara garis besar analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) menurut *National Research* (NRC) terdiri dari empat tahap kajian, yaitu : Identifikasi bahaya, analisis pemajanan, analisis dosis respon, dan karakteristik risiko (Basri, 2014).

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penulis ingin melakukan penelitian tentang estimasi risiko *benzene* di area *Shale Shaker* tersebut, dengan judul penelitian “**Analisis Risiko non Karsinogenik dan Karsinogenik Paparan *Benzene* di area *Waste Plant* Badak 58 PT. X**”

B. Rumusan Masalah

Apakah ada risiko non karsinogenik dan karsinogenik paparan *Benzene* di Area *Waste Plant* Badak 58 PT. X?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Mengetahui adanya risiko non karsinogenik dan karsinogenik dari *Benzene* terhadap Pekerja di Area *Waste Plant* Badak 58 PT. X.

2. Tujuan Khusus

- a. Mengetahui sumber dan jalur paparan *benzene* terhadap pekerja di area *Waste Plant* Badak 58.
- b. Mengetahui intake/asupan dari paparan *benzene* terhadap pekerja di area *Waste Plant* Badak 58.

- c. Mengatahui tingkat risiko kesehatan dari paparan benzene terhadap pekerja di area *Waste Plant* Badak 58.
- d. Mengetahui upaya pengelolaan risiko paparan benzene sebagai proses manajemen risiko di area *Waste Plant* Badak 58.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat pada beberapa pihak antara lain :

1. Bagi Instansi Terkait

Sebagai masukan dan bahan pertimbangan kepada pengelola program khususnya Health, Safety, and Environment (HSE) dalam upaya monitoring dan usaha meminimalisir risiko yang ditimbulkan oleh paparan *Benzene*.

2. Bagi Pekerja

Sebagai sumber pengetahuan dan bahan pertimbangan dalam upaya pencegahan efek jangka pendek maupun jangka panjang oleh paparan *Benzene* sehingga pekerja lebih memperdulikan bahaya terhadap kesehatan.

3. Bagi Mahasiswa

Menambah wawasan dan pengalaman dalam menerapkan ilmu pengetahuan dan teori yang didapatkan pada saat perkuliahan.

E. Keaslian Penelitian

Tabel 1.1. Keaslian Peneliti

No.	Judul	Peneliti	Desain Penelitian	Analisis Data	Hasil
1.	Pengaruh Upaya <i>Engineering Control</i> Terhadap Penurunan Paparan <i>Benzene, Toluene, Xylen</i> (BTX) di Area Kerja <i>Shale Shaker Rig</i> Pengeboran Minyak dan Gas VICO Indonesia Tahun 2013	Dadi Mahendra Pratama	Pre-Post Eksperimen	<i>Paired sample T-test</i>	Ada pengaruh penggunaan blower dan exhaust terhadap penurunan konsentrasi BTX dengan persentase penurunan Benzene mencapai 74%, Toluene mencapai 83% dan Xylene Mencapai 74%
2.	Hubungan Paparan <i>Benzene</i> dengan kadar fenol dalam urin dan gangguan sistem <i>Hematopoietic</i> pada pekerja Intalasi BBM	Sigit Pudyoko	<i>Cross sectional</i>	Analisis regresi berganda	Terdapat hubungan antara konsentrasi <i>benzene</i> di udara dengan profil darah (p value 0,14)
3.	Hubungan Paparan Senyawa Benzena, Toluena, dan Xylen dengan sistem Hematologi Pekerja di Kawasan Industri Sepatu	Martha Tinelli Haen dan Katharina Oginawati	<i>Cross sectional</i>	<i>Chi Square</i>	Terdapat hubungan antara konsentrasi benzena dengan jumlah hemoglobin, eritrosit, dan juga eosinofil
4.	Analisis Paparan Benzena terhadap Profil Darah Pada Pekerja Industri Pengolahan Minyak Bumi	Agus Ramon	<i>Cross Sectional</i>		Terdapat hubungan yang bermakna antara kadar benzena dengan profil darah

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Benzene

Benzene merupakan senyawa aromatik tersederhana. Cincin benzene dianggap sebagai induk sama seperti alkana rantai lurus. Gugus alkil, halogen dan gugus nitro dinamai dalam bentuk awalan pada benzene itu. Untuk pertama kalinya benzene diisolasi dalam tahun 1825 oleh Michael Faraday dari residu minyak yang tertimbun dalam pipa induk gas di London. Dewasa ini sumber utama benzene, benzene tersubstitusi dan senyawa aromatik lain adalah petroleum. Sampai tahun 1940, terbarubara merupakan sumber utama. Macam senyawa aromatik yang diperoleh dari sumber hidrokarbon, fenol, dan senyawa heterosiklik aromatik (Pudyoko, 2010)

Tabel 2.1. Sifat fisik dan kimia benzene

No.	Sifat Fisik dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus Kimia	C_6H_6
2.	Keadaan pada suhu ruangan	Berbentuk larutan jernih, mempunyai bau yang khas aromatik
3.	Titik nyala	$-11,1^{\circ}C$ (mudah terbakar)
4.	Kelarutan dalam air $25^{\circ}C$	0,188% (berat/berat) atau 1,8 gr/L
5.	Kelanjutan dalam pelarut organik	Alkohol, kloroform, eter, karbon disulfida, aseton, minyak, karbon tetraklorida, asam aseta gasial
6.	Koefisien partisi oktanol-air	Log Kow = 2,13
7.	Faktor konversi	1 ppm = 3,24 mg/in ³ ($20^{\circ}C$, 1 atm) mg/m ³ == 0,31 ppm
8.	Massa molekul relative	78,11
9.	Batas mudah terbakar	1,3-7,1%
10.	Batas ambang bau	4,8-15 mg/m ³

11.	Titik leleh	5,5°C
-----	-------------	-------

Sumber : WHO (1996) dan ATSDR (2005)

Benzene ditemukan pada tahun 1825 oleh seorang ilmuwan Inggris Michael Faraday, yang mengisolasi dari gas dan minyak lalu menanamkannya birkaburet dari hidrogen. Pada tahun 1833, kimiawan Jerman Eilhard Mitscherlich menghasilkan benzene melalui distilasi asam benzoat (dari benzoin karet/gum benzoin) dan kapur. Mitscherlich memberinya nama benzin. Pada tahun 1845, kimiawan Inggris Charles Mansfield memulai produksi benzene berskala besar pertama menggunakan metode tir tersebut (Ramon, 2007).

Benzene juga dikenal dengan rumus kimia C_6H_6 , Ph-H, dan benzol, adalah senyawa kimia organik yang merupakan cairan tak berwarna, mudah terbakar dan mudah menguap serta mempunyai bau yang manis (ambang batas bau 34 – 119 ppm). Benzene terdiri dari enam atom karbon yang membentuk cincin, dengan satu atom hidrogen berkaitan pada setiap satu atom karbon. Benzene merupakan salah satu jenis hidrokarbon aromatik siklik dengan ikatan pi yang tetap (Ramon, 2007).

B. Sumber Benzene

Benzene adalah satu satu komponen dalam minyak bumi, dan merupakan salah satu bahan petrokimia yang paling dasar serta serta pelarut yang paling penting dalam dunia industri. Karena memiliki bilangan

oktan yang tinggi, maka benzene juga salah satu campuran penting pada bensin (Pudyoko,2010).

Sumber benzene terutama berasal dari penguapan bensin sebesar 1-5% benzene, juga terdapat di pembuatan mesin otomobil, rokok sigaret, dan asap dari proses pembakaran.

Benzene juga bahan dasar dalam produksi obat-obatan, plastik, bensin, karet buatan, dan pewarna. Selain itu benzene adalah kandungan alami dalam minyak bumi, namun biasaya diperoleh dari senyawa lainnya yang terdapat dalam minyak bumi. Karena bersifat karsinogenik dan penyebab kanker, maka pemakaiannya selain dibidang non industri menjadi sangat terbatas (VICO, 2009)

Kadar benzene di udara luar ruangan ada dalam kisaran 0,22 – 34 ppb (1 ppb = 1000 kali lebih kecil dari 1 ppm). Penduduk yang hidup di kota dan daerah industri umumnya terpajan benzene dalam kadar yang lebih tinggi daripada yang hidup di pedesaan. Individu dapat terpajan benzene di udara dalam kadar yang lebih tinggi oleh karena tinggal di dekat tempat pembuangan limbah, kilang minyak, pabrik petrokimia, atau pompa bensin (Ramon,1996).

C. Bahaya Benzene Terhadap Kesehatan

Selain paparan benzene beberapa faktor menentukan apakah efek kesehatan yang merugikan akan terjadi, serta jenis dan keparahan efek

kesehatan tersebut. Faktor-faktor ini termasuk jumlah benzene yang terkena dan lamanya waktu pemaparan (VICO 2009).

Kebanyakan informasi mengenai pengaruh paparan jangka panjang untuk benzene adalah penelitian terhadap pekerja yang bekerja di industri yang membuat atau menggunakan bensin atau dalam industri pengeboran minyak dan gas bumi. Para pekerja terkena tingkat benzene di udara jauh lebih besar dari tingkat biasanya ditemui oleh masyarakat umum. Ketersediaan alat pelindung diri seperti respirator, pekerja lebih sedikit memiliki gejala keracunan benzene.

Paparan singkat (5-10 menit) untuk tingkat yang sangat tinggi benzene di udara dapat mengakibatkan kematian. Dalam tingkat keterpaparan benzene yang cukup rendah dapat menyebabkan kantuk, pusing, detak jantung lebih cepat, sakit kepala, tremor, kebingungan, dan ketidaksadaran. Dalam kebanyakan kasus, orang akan berhenti merasakan efek ini ketika mereka tidak lagi terbuka dan mulai menghirup udara segar (VICO, 2009).

Makan makanan atau minum cairan yang mengandung tingkat tinggi benzene dapat menyebabkan muntah, iritasi lambung, pusing, mengantuk, kejang, detak jantung yang cepat, koma, dan kematian. Efek kesehatan yang mungkin timbul dari makanan atau minum cairan yang mengandung tingkat rendah benzene tidak diketahui. Jika anda menumpahkan benzene pada kulit anda, dapat menyebabkan kemerahan dan luka. Benzene dimata anda dapat menyebabkan iritasi umum dan kerusakan kornea anda (ATSDR, 2005).

Efek toksik yang paling berarti pada paparan benzene adalah kerusakan susmsum tulang yang terjadi secara laten dan sering ireversibel, mungkin disebabkan oleh metabolit benzene epoksida. Benzene menyebabkan masalah dalam darah. Orang yang menghirup benzene dalam waktu lama mungkin mengalami efek yang berbahaya dalam jaringan yang membentuk sel-sel darah. Efek ini dapat mengganggu produksi darah normal dan menyebabkan penurunan komponen darah yang penting. Penurunan sel darah merah dapat menyebabkan anemia. Pengurangan komponen lain dalam darah dapat menyebabkan pendarahan yang berlebihan. Produksi darah dapat kembali normal setelah paparan benzene terhenti (ATSDR, 2005).

Paparan berlebihan terhadap benzene bisa berbahaya bagi sistem kekebalan tubuh, meningkatkan kesempatan untuk infeksi dan mungkin penurunan pertahanan tubuh terhadap kanker. Paparan jangka panjang untuk benzene dapat menyebabkan kanker organ pembentuk darah. Kondisi ini disebut Leukimia. Papapran benzene telah dikaitkan pengembangan jenis tertentu dari leukimia myeloid akut (AML). Departemen kesehatan dan Layanan Kemanusiaan telah menetapkan bahwa benzene adalah karsinogen (dapat menyebabkan kanker). Kedua badan internasioal untuk penelitian kanker dan EPA telah menentukan bahwa benzene karsinogenik pada manusia (ATSDR, 2005).

EPA (*Environmental Protection Agency*) mengklasifikasikan benzene sebagai grup A karsinogen dan memperkirakan bahwa paparan terhadap

benzene di udara sebesar 0,004 ppm dalam jangka waktu lama berisiko menimbulkan satu kasus leukemia per 10.000 penduduk. EPA juga mengasumsikan bahwa tidak ada nilai ambang batas untuk efek karsinogenik dari benzene.

D. Metabolisme Benzene

Benzene sebagai suatu kimia pelarut lemak didistribusikan dalam bagian-bagian berbeda, terutama tergantung pada kandungan lemak dari organ-organ tersebut. Toksikokinetika benzene melalui suatu rangkaian proses yang dimulai dari absorpsi ke dalam tubuh, interaksi biokimia dan *metabolic pathway*, distribusi dan eliminasi dari tubuh (Pudyoko, 2010).

Benzene dapat memasuki tubuh melalui paru-paru, saluran pencernaan, dan kulit. Ketika terkena benzene tingkat tinggi di udara, sekitar setengah dari benzene akan melewati selaput paru-paru dan memasuki aliran darah. Ketika terkena benzene dalam makanan atau minuman, sebagian besar benzene masuk melalui mulut melewati lapisan saluran pencernaan dan memasuki aliran darah. Sejumlah kecil benzene akan memasuki tubuh dengan melewati kulit dan masuk ke aliran darah selama kontak kulit dengan produk yang mengandung benzene. Setelah dalam aliran darah, benzene melalui seluruh tubuh dan dapat disimpan di sumsum tulang dan lemak. Selanjutnya benzene diubah menjadi produk yang disebut metabolit dalam hati dan sumsum tulang. Beberapa efek berbahaya dari paparan benzene disebabkan oleh metabolit. Sebagian besar metabolit

benzene meninggalkan tubuh dalam urin dalam waktu 48 jam setelah paparan (ATSDR, 2005).

1. Absorpsi

Benzena yang masuk melalui inhalasi apabila tidak segera dikeluarkan melalui ekspirasi, maka akan diabsorpsi ke dalam darah. Benzene larut dalam cairan tubuh dalam konsentrasi sangat rendah dan secara cepat dapat berakumulasi dalam jaringan lemak karena kelarutannya yang tinggi dalam lemak. Uap benzene mudah diabsorpsi oleh darah, yang sebelumnya diabsorpsi dengan baik oleh jaringan lemak.

Absorpsi benzene ke dalam jaringan tubuh dapat melalui beberapa cara yaitu, pernapasan (inhalasi, melalui kulit (dermal) dan melalui saluran pencernaan (gastrointestinal).

a. Inhalasi (pernafasan)

Benzene masuk ke dalam tubuh dalam bentuk uap inhalasi, dan absorpsi terutama melalui paru-paru, jumlah yang diinhalasi sekitar 40-50% dari keseluruhan jumlah benzene yang masuk ke dalam tubuh.

Benzene mudah diabsorpsi melalui pernafasan, ketahanan paru-paru mengabsorpsi benzene mencapai lebih kurang 50% untuk beberapa jam pada paparan di antara 2-100 cm^3/m^3 .

b. Dermal (kontak kulit)

Diperkirakan dari studi in vitro yang dilakukan pada kulit manusia, bahwa absorpsi gas benzene melalui kulit, lebih kecil

dibandingkan dengan total absorpsi, tetapi absorpsi dari gas benzena dapat merupakan rute paparan yang signifikan. Ada penentuan yang menyatakan bahwa kontak melalui kulit merupakan rute utama absorpsi benzena pada pekerja yang terpapar bensin cair.

c. Gastrointestinal (pencernaan)

Absorpsi benzena yang efektif melalui pencernaan dapat mengakibatkan intoksikasi akut, walaupun data kuantitatif pada manusia masih kurang. Walaupun tidak informasi tentang absorpsi oral dari benzena pada larutan encer, diasumsikan bahwa absorpsi oral dari air adalah hampir 100%.

2. Distribusi

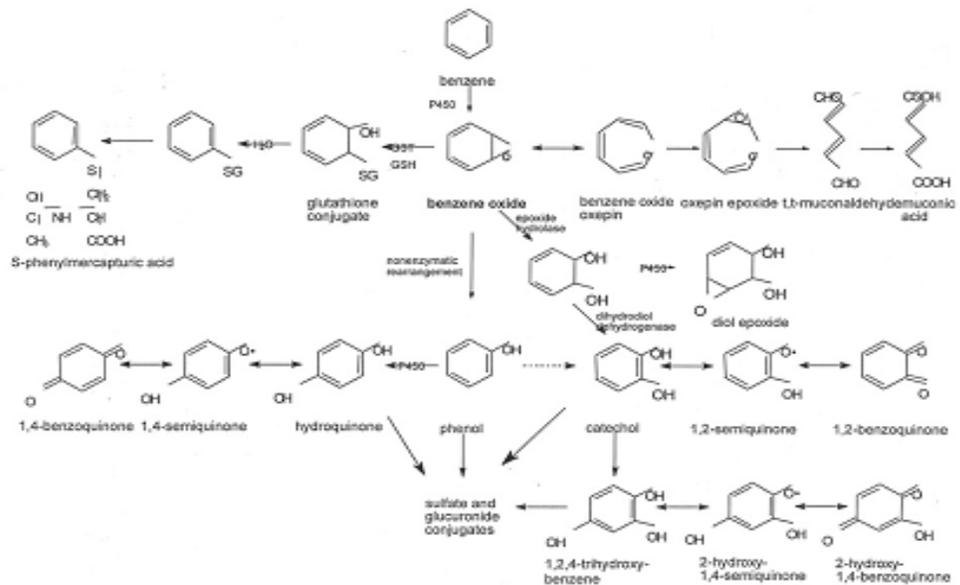
Benzena terdistribusi ke seluruh tubuh melalui absorpsi dalam darah, karena benzena adalah lipofilik, maka distribusi terbesar dalam jaringan lemak. Jaringan lemak, sumsum tulang, dan urin mengandung benzena kira-kira 20 lebih banyak dari yang terdapat dalam darah. Kadar benzena dalam otot dan organ 1-3 lebih banyak dibandingkan dalam darah. Sel darah merah mengandung benzena dua kali lebih banyak dari dalam plasma.

3. Metabolisme

Metabolic pathway dan interaksi biokimia di dalam tubuh melalui serangkaian reaksi biokimia. Benzena dioksidasi pertama-tama di dalam hati (liver) oleh cytochrome P-450-monooksigenase menjadi benzena

oksida. Setelah reaksi ini, beberapa metabolit sekunder terbentuk secara enzimatis dan non enzimatis.

Metabolit adalah bahan yang dihasilkan secara langsung oleh reaksi biotransfusi. Setelah reaksi oksidasi ini, beberapa metabolit sekunder akan terbentuk secara enzimatis dan non-enzimatis. Biotransformasi benzena dalam tubuh berupa metabolit akhir yang utama adalah fenol yang diekskresi lewat urin dalam bentuk terkonjugasi dengan asam sulfat atau glukuronat. Sejumlah kecil dimetabolisme menjadi kathekol, hidrokuinon, karbon dioksida, dan asam mukonat (ATSDR, 2005).



Gambar 2.1. Metabolisme benzena

4. Ekskresi

Eliminasi benzena dalam tubuh melalui ekskresi dan ekshalasi, benzena terutama diekskresikan di dalam urin sebagai metabolit khususnya konjugasi phenol dan glucuronic dan sulphuric aci, dan ekhlesi ke udara dalam bentuk yang tidak berubah.

Diperkirakan sesudah terpajan benzene ditempat kerja pada tingkat $100 \text{ cm}^3/\text{m}^3$, sejumlah 13,2% fenol, 10,2% quinol, 1,9% t.t-mucowc acid, 1,6% katekol, dan 0,5% 1,2,4,-benzenetriol dari jumlah yang diabsorpsi, diekskresikan lewat urin sesudah jam kerja. Proporsi benzene yang diabsorpsi kemudian dieksresikan melalui ekshalasi adalah 8-17%. Sejumlah kecil benzene juga terdeteksi dalam urin.

Eliminasi benzene ditempat kerja mengikuti kinetika orde satu, waktu paruh tergantung pada disposisi benzene pada beberapa bagian tubuh. Waktu paruh yang lebih pendek dilaporkan kira-kira 10-15 menit, sedang 40-60 menit, dan lama 16-20 jam (ATSDR, 2005).

E. Analisa Kandungan Benzene di Udara

Benzene tidak lain adalah senyawa hidrokarbon aromatis yang terdapat didalam minyak bumi dan sangat sekali menguap ke udara bebas terutama dalam kegiatan industri pengeboran minyak dan gas.

Metode-metode yang digunakan untuk menganalisa kandungan benzene pun beragam mulai dari menggunakan alat gas detector hingga menggunakan pump dan selanjutnya hasilnya diperiksa ke laboratorium.

1. Menggunakan Alat Deteksi Gas

Alat deteksi gas sendiri terdapat banyak jenis, tetapi yang sering digunakan terutama pada industri migas adalah alat *MSA Sirius*. *MSA Sirius* sendiri merupakan alat multi gas detector yang dapat mendeteksi kandungan kadar benzene, toluene, xylene, CO₂, dan H₂S secara bersamaan pada satu tempat. *MSA Sirius* merupakan alat pengukuran yang bersifat portable tetapi memiliki tingkat akurasi yang cukup bagus sehingga alat ini sering digunakan dalam kegiatan monitoring serta pemantauan pada titik-titik sumber paparan benzene.

MSA Sirius dapat digunakan untuk mengukur kandungan benzene pada sumber langsung dan ambien dengan kecepatan alir yang digunakan adalah 0,1 L/menit. Hasil pengukuran dapat langsung dilihat secara langsung melalui monitor. Alat ini secara otomatis akan merekam rata-rata kandungan benzene yang ada di udara yang tersedot melalui selang kecil yang terpasang pada alat. Alat ini mendeteksi kandungan benzene hingga maksimal 100 ppm. Dan untuk penilaian NAB dapat dilihat dengan hasil data yang terekam pada monitor alat kemudian dibandingkan dengan standar NAB yang digunakan.

2. Menggunakan Pump dengan Uji Laboratorium

Pengukuran benzene juga dapat dilakukan dengan alat berjenis pump contohnya SKC Pump, alat ini dapat mengukur kandungan benzene pada sumber langsung, ambien, dan personal. Untuk pengukuran ambien pada area bernafas dilakukan dengan metode

sampling hidrokarbon aromatis yang ditetapkan dalam *Manual of Analytical Methods* dari NIOSH pada tahun 2003 (NIOSH 1501, 2003).

Sampel udara diambil dengan menggunakan alat SKC Pump yang telah dikalibrasi terlebih dahulu. Kecepatan alir yang digunakan adalah 0,1 L/menit selama 1 jam. Filter yang digunakan untuk menyerap kandungan benzene adalah *charcoal tube* SKC 226-01. Analisa benzene dilakukan dengan mendesorpsi filter menggunakan 1 mL karbon disulfida kemudian dianalisis menggunakan kromatografi gas (GC-FID) dengan gas He sebagai *carrier gas*. Analisa kandungan benzene yang menggunakan alat SKC Pump dapat dilakukan di Laboratorium yang memadai. Keunggulan alat SKC Pump ini dibandingkan alat *MSA Sirius* adalah tingkat akurasi yang lebih baik tetapi dengan biaya yang cukup mahal.

F. Standar Benzene

Di Indonesia, nilai ambang batas (NAB) yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13 Tahun 2011 yaitu untuk *Time Weighted Average* (TWA) atau waktu pertimbangan rata-rata untuk paparan 8 jam adalah 0,5 ppm atau sama dengan 1,59 mg/m³, sedangkan untuk *Short Term Exposure Limit* (STEL) atau batas paparan singkat untuk 15 menit adalah 2,5 ppm atau setara 7,98 mg/m³ (Diana, 2014).

Sedangkan jumlah paparan yang diperbolehkan oleh NIOSH (National Institute for Occupational Health and Safety) untuk delapan jam kerja hanya sebesar 0,1 ppm untuk benzene.

Untuk standar benzene yang dipergunakan berdasarkan American Conference of Governmental Insutrial Hygienists (ACGIH) tahun 2010 adalah sebagai berikut :

TLV-TWA*	TLV-STEL**	NOTATIONS	BASIC CRITICAL EFFECTS
0,5 ppm	2,5 ppm	1. Skin 2. A1 (Confirmed Human Carcinogen) 3. Bei	Leukimia

Keterangan :

* TLV-TWA (Threshold Limit Values – Time Weighted Avarage) adalah batas konsentrasi pekerja atau kontraktor terpapar dalam waktu 8 jam kerja perhari atau 40 jam per minggu dan tidak melewati batas yang ditetapkan

** TLV-STEL (Threshold Limit Values – Short Term Exposure Limit) adalah batas konsentrasi pekerja atau kontraktor terpapar dalam waktu maksimal 15 menit selama 1 hari bekerja dan tidak boleh melewati batas waktu tersebut

Tabel 2.2. Standar NAB Benzene

G. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

Menurut paradigma analisis risiko yang dikemukakan oleh *US National Academic of Science*, analisis risiko kesehatan dibagi dalam tiga langkah, langkah utama yaitu penelitian, analisis risiko, dan manajemen risiko. Analisis risiko terbagi menjadi empat langkah yaitu : identifikasi bahaya, analisis dosis respon, analisis pemajanan, dan karakteristik risiko.

Dalam analisis risiko kesehatan lingkungan, ada beberapa informasi yang harus sudah tersedia yaitu : jenis spesi kimi agen risiko, dosis referensi untuk setiap jenis spesi kimia agen risiko, media lingkungan tempat agen risiko berada (udara, air, tanah, pangan), konsentrasi agen risiko dalam media lingkungan yang bersangkutan, jalur-jalur pemajanan agen risiko (sesuai dengan media lingkungan yang bersangkutan, populasi dan sub-sub populasi yang berisiko, dan gangguan kesehatan (gejala-gejala penyakit atau penyakit-penyakit) yang berindikasi sebagai efek pajanan agen risiko yang merugikan kesehatan pada semua segmen populasi berisiko (ATSDR, 2005).

Ada dua kemungkinan kajian ARKL dapat dilakukan yaitu, evaluasi diatas meja atau disebut ARKL dan evaluasi kajian lapangan atau disebut ARKL lengkap. Dalam ARKL meja, estimasi risiko kesehatan dengan segera dapat dihitung tanpa harus mengumpulkan data dan informasi baru dilapangan. Evaluasi hanya membutuhkan konsentrasi agen risiko dalam lingkungan bermasalah, dosis referensi agen risiko, dan nilai default faktor-faktor antropometri pemajanan untuk menghitung asupan. Kajian lapangan atau ARKL lengkap pada dasarnya sama dengan evaluasi diatas meja, namun didasarkan pada data lingkungan dan faktor-faktor pemajanan antropometri sebenarnya yang didapat dari lapangan, bukan dengan asumsi atau simulasi.

Berikut adalah langkah-langkah ARKL, baik ARKL meja maupun ARKL lengkap.

1. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya adalah tahap awal ARKL untuk mengenal sumber risiko. Informasinya bisa ditelusuri dari sumber dan penggunaan *risk agent* memakai pendekatan *agent oriented*. Identifikasi bahaya juga dapat dilakukan dengan mengamati gejala dan penyakit yang berhubungan dengan toksisitas *risk agent* di masyarakat yang telah terkumpul dalam studi-studi sebelumnya, baik di wilayah kajian atau di tempat-tempat lain. Penelusuran seperti ini dikenal sebagai pendekatan *disease oriented*. Dengan cara identifikasi keberadaan *risk agent* yang potensial dan aktual dalam media lingkungan dapat digunakan untuk analisis dosis respon.

2. Analisis Pemajanan

Analisis pemajanan atau *exposure assessment* yang disebut juga penilaian kontak, bertujuan untuk mengenali jalur-jalur pajanan *risk agent* agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko bisa dihitung. *Risk agent* bisa berada di dalam tanah, di udara, air, atau pangan seperti ikan, daging, telur, susu, sayur-mayur, dan buah-buahan. Data dan informasi yang dibutuhkan untuk menghitung asupan adalah semua variabel **Persamaan (1)** (ATSDR, 2005).

$$I = \frac{C \times R \times t \times E \times f \times Dt}{Wb \times tavg}$$

I = asupan (intake), mg/M³/hari

C = konsentrasi *risk agent*

R = laju asupan atau konsumsi, M³/jam

tE = waktu pajanan, jam/hari

fE = Frekuensi pajanan, hari/tahun

Dt = Frekuensi pajanan, tahun (*real time*⁶ atau proyeksi, 30 tahun untuk nilai *default resedensial*)

Wb = berat badan, kg

tavg = periode waktu rata-rata (Dt x 365 hari/tahun untuk zat non karsinogenik, 70 tahun x 365 hari/tahun untuk zat karsinogenik)

konsentrasi *risk agent* dalam media lingkungan diperlukan menurut karakteristik statistiknya. Jika distribusi konsentrasi *risk agent* normal, bisa digunakan nilai *arithmetic mean*-nya. Jika distribusi tidak normal, harus digunakan log normal atau medianya. Normal tidaknya distribusi konsentrasi *risk agent* bisa ditentukan dengan menghitung *coefficient of variance* (CoV), yaitu SD sebagai *mean*, jika $CoV \leq 20\%$ distribusi dianggap normal dan karena itu dapat digunakan nilai *mean*.

3. Analisis Dosis Respon

Analisis dosis respon menetapkan nilai-nilai kuantitatif toksisitas *risk agent* untuk setiap bentuk spesi kimianya. Toksikitas dinyatakan sebagai dosis referensi (*reference dose*, RFC) untuk efek-efek nonkarsinogenik dan *cancer slope factor* (CSF) atau *cancer unit risk* (CCR) untuk efek-efek karsinogenik. Analisis dosis respon merupakan

tahap paling menentukan ARKL hanya bisa dilakukan untuk *risk agent* yang sudah ada dosis responnya.

RfD adalah toksisitas kuantitatif nonkarsinogenik, menyatakan estimasi dosis pajanan harian yang diperkirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan meskipun pajanan berlanjut sepanjang hayat (IPCS, 2004). Dosis referensi dibedakan untuk pajanan oral atau tertelan (ingesi, atau makanan dan minuman) yang disebut RfD dan untuk pajanan inhalasi yang disebut *reference concentration* (RfC).

RfD atau RfC diturunkan dari NOAEL atau LOAEL menurut

Persamaan (2) :

$$RfD \text{ atau } RfC = \frac{NOAEL \text{ atau } LOAEL}{UF_1 \times UF_2 \times UF_3 \times UF_4 \times MF}$$

UF adalah *uncertainty factor* (faktor ketidakpastian) dengan $UF_1 = 10$ untuk variasi sensitivitas dalam populasi manusia, $UF_2 = 10$ untuk ekstrapolasi dari hewan ke manusia, $UF_3 = 10$ jika NOAEL diturunkan dari uji subkronik bukan kronik, $UF_3 = 10$ bila menggunakan LOAEL bukan NOAEL dan MF adalah *modifying factor* bernilai 1 s/d 10 untuk mengakomodasi kekurangan atau kelemahan studi yang tidak tertampung UF. Penentuan nilai UF dan MF tidak lepas dari subyektifitas. Untuk menghindari subyektifitas, tahun 2004 telah diajukan model dosis respon baru memecah UF menjadi $AD_{UF} (=10^{0,4}$ atau 2,5), $AK_{UF} (=10^{0,6}$ atau 4,0), $HD_{UF} (=10^{0,5}$ atau 3,2) dan $HK_{UF} (=10^{0,8}$ atau 6,3).

Untuk benzene sendiri, nilai RfC (*reference dose*) yang telah ditentukan oleh EPA adalah sebesar 3E-2 dan nilai CSF (*cancer slope factor*) berkisar antara 2,2E-6 sampai 7,8E-6 (EPA, 1998).

4. Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko kesehatan dinyatakan sebagai *Risk Quotien* (RQ, Tingkat resiko) untuk efek-efek nonkarsinogenik dan ECR (*excess Cancer Risk*) untuk efek-efek karsinogenik (EPA 2005). RQ dihitung dengan membagi asupan nonkarsinogenik (INK) *Risk Agent I* dengan RfD atau Rfc menurut **Persamaan (3)** :

$$RQ = \frac{INK}{RfD \text{ atau } RfC}$$

Karakteristik INK maupun RfD atau RfC harus spesifik untuk bentuk spesi kimia *Risk Agent* dan jalur pajanannya. Risiko kesehatan dinyatakan ada dan perlu dikendalikan jika $RQ > 1$. Jika $RQ \leq 1$, risiko tidak perlu dikendalikan tetapi perlu diperhatikan agar nilai numeric RQ tidak melebihi 1.

ECR dihitung dengan mengalihkan CSF dengan asupan karsinogenik *risk agent* (IK). Harap diperhatikan, asupan karsinogenik dan nonkarsinogenik tidak sama karena perbedaan bobot waktu rata-ratanya (tavg) seperti dijelaskan dalam keterangan rumus asupan **Persamaan (4)** :

$$ECR = CSF \times Ik$$

Baik CSF maupun Ik harus spesifik untuk bentuk spesi kimia *risk agent* dan jalur pajanannya.

5. Manajemen Risiko

Berdasarkan karakteristik risiko, dapat dirumuskan pilihan-pilihan manajemen risiko untuk meminimalkan RQ dan ECR dengan memanipulasi (mengubah) nilai faktor-faktor pemajanan yang tercakup sedemikian rupa sehingga asupan lebih kecil atau sama dengan dosis referensi toksisitasnya. Pada dasarnya hanya ada dua cara untuk menyamakan intake nonkarsinogenik dengan RfD atau RfC atau mengubah konsentrasi risk agent atau mengurangi waktu kontak. Berikut penjelasan cara manajemen risiko secara lengkap.

a. Menurunkan konsentrasi agen risiko bila pola dan waktu konsumsi tidak dapat diubah.

$$RfC = \frac{C \times R \times fe \times Dt}{Wb \times tavg}$$

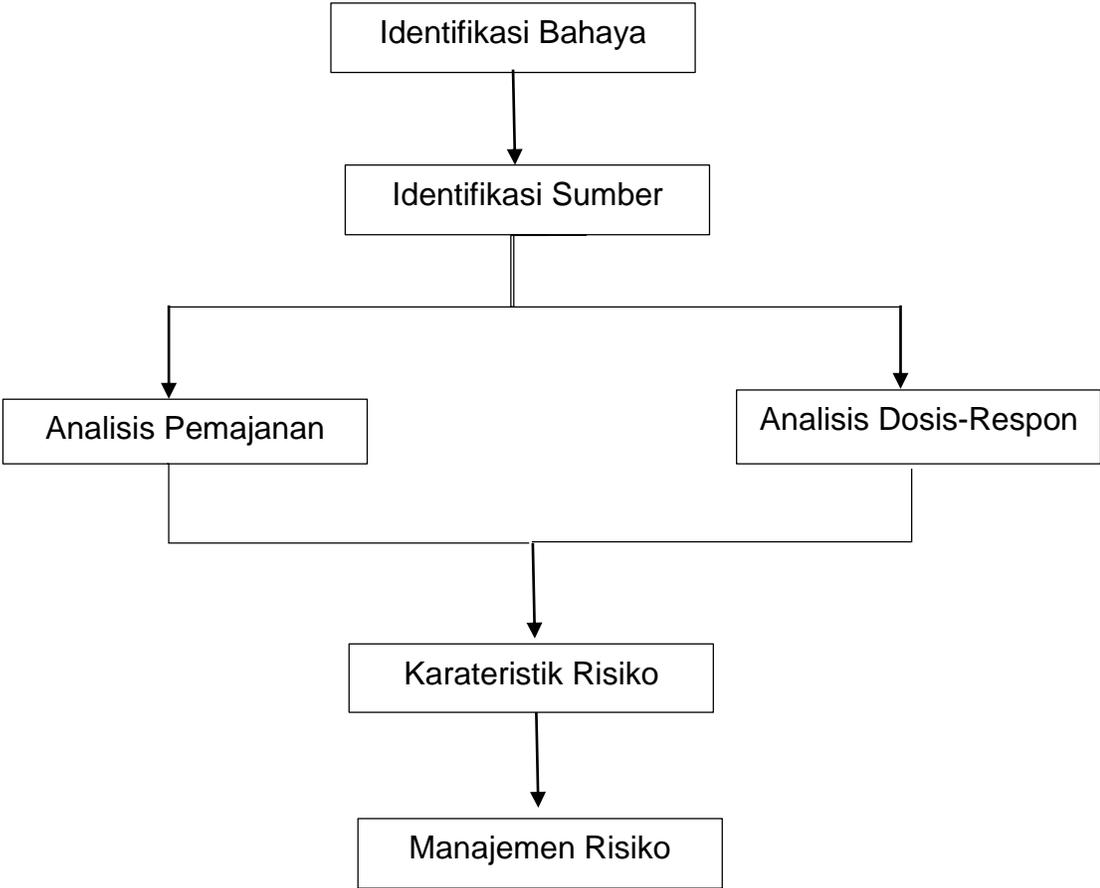
b. Mengurangi pola asupan bila konsentrasi agen risiko dan waktu konsumsi tidak dapat diubah.

$$R = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{C \times fe \times Dt}$$

c. Mengurangi waktu kontak bila konsentrasi agen risiko dan pola konsumsi tidak dapat diubah.

$$Dt = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{C \times R \times fe}$$

H. Kerangka Teori



Gambar 2.2. Konsep Analisis Risiko Louvar and Louvar (1998)

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah survei analitik dengan menggunakan metode ARKL (Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan) yaitu mengetahui gambaran risiko kesehatan paparan benzene terhadap pekerja pada area *Waste Plant* Badak 58 PT. X di Kabupaten Kutai Kertanegara tahun 2015.

B. Waktu dan Lokasi

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di area *Waste Plant* Badak 58 PT. X di Kabupaten Kutai Kertanegara.

2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian adalah pada bulan Oktober tahun 2015. Berikut jadwal agenda kegiatan penelitian :

No.	Kegiatan	Bulan Oktober			
		1	2	3	4
1.	Perkenalan				
2.	a. Pengukuran kadar benzene b. pembagian kuesioner				

3.	Analisis hasil				
4.	Menyusun hasil				

C. Populasi dan Sampel

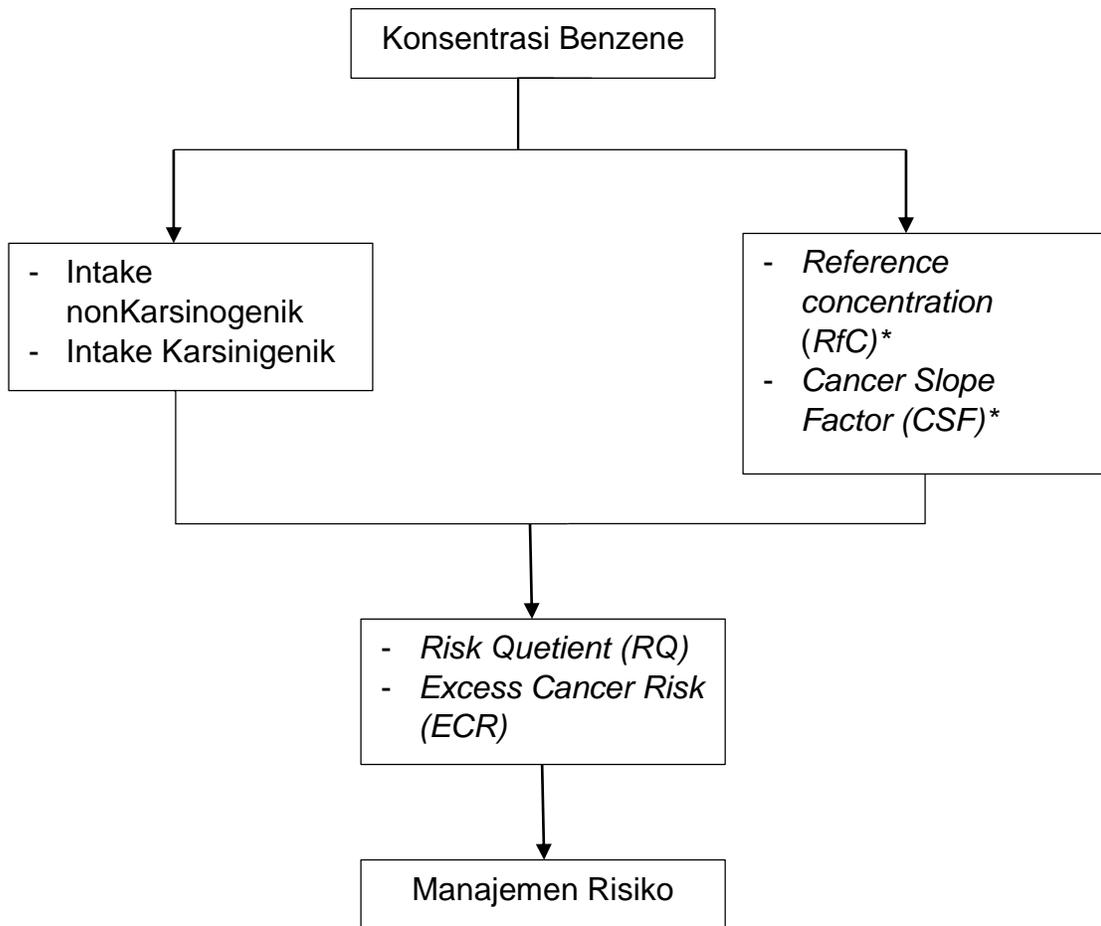
1. Populasi dalam penelitian ini adalah :

- a. Seluruh sumber paparan di area *Waste Plant* Badak 58 PT. X sebanyak 5 titik.
- b. Jumlah seluruh pekerja yang bekerja di area *Waste Plant* yaitu sebanyak 15 orang.

2. Sampel

- a. Sampel penelitian ini adalah 5 titik pengukuran di area *Waste Plant* yang sudah ditentukan karena merupakan area yang paling berpotensi terpapar benzene.
- b. Sampel yang akan diteliti adalah para pekerja yang bekerja pada area *Waste Plant*. Penentuan sampel dalam penelitian kali ini berdasarkan pada pekerja yang berisiko maksimal. Besar sampel yang digunakan dalam penelitian adalah yaitu sebanyak 15 responden.

D. Kerangka Konsep



Ket : *variabel yang tidak diteliti

E. Hipotesis Penelitian

1. Ada risiko non-Karsinogenik dari paparan *benzene* terhadap pekerja berdasarkan durasi pajanan *real time* di *Area Waste Plant* Badak 58.
2. Ada risiko non-Karsinogenik dari paparan *benzene* terhadap pekerja berdasarkan durasi pajanan *life time* di *Area Waste Plant* Badak 58.
3. Ada risiko Karsinogenik dari paparan *benzene* terhadap pekerja berdasarkan durasi pajanan *real time* di *Area Waste Plant* Badak 58.

4. Ada risiko Karsinogenik dari paparan *benzene* terhadap pekerja berdasarkan durasi pajanan *life time* di Area *Waste Plant* Badak 58.

F. Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat.

1. Variabel bebas adalah konsentrasi benzene, intake nonkarsinogenik, dan intake karsinogenik.
2. Variabel terikat adalah risiko karsinogenik (*ECR*) dan non karsinogenik (*RQ*).

G. Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi Operasional	Metode Pengambilan Data	Instrumen	Kriteria Obejktif	Skala
1.	Konsentrasi Benzene	Konsetrasi benzene yang terdapat di area shale shaker rig pengeboran minyak dan gas bumi	Data primer	MSA Sirius	- Ket : Standar Menaker < 0,5 ppm	Interval
2.	Intake non karsinogenik	Jumlah asupan benzene terhadap tenaga kerja berdasarkan periode waktu nonkarsinogenik (mg/kg/hari)	Data sekunder	ARKL	-	Interval
3.	Intake karsiongenik	Jumlah asupan benzene terhadap tenaga kerja	Data sekunder	ARKL	-	Interval

		berdasarkan periode waktu karsinogenik (mg/kg/hari)				
4.	Risiko Karsinogenik (ECR)	Tingkat risiko karsinogenik	Data sekunder	Metode ARKL	- Ket : Aman $ECR \leq E-4$ Tidak aman $ECR > E-4$	Interval
5.	Risiko non Karsinogenik (RQ)	Tingkat risiko nonkarsinogenik	Data sekunder	Metode ARKL	- Ket : Aman $RQ \leq 1$ Tidak aman $RQ > 1$	Interval

H. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Penelitian Kepustakaan

Pengumpulan data dengan cara mempelajari literatur-literatur yang berhubungan dan relevan dengan penelitian.

2. Penelitian Lapangan

Teknik penelitian langsung pada objek penelitian, data-data yang dikumpulkan melalui :

a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh melalui secara langsung kepada responden dengan menggunakan kuesioner atau pengukuran pada objek penelitian.

b. Data Sekunder

Data diperoleh dari instansi terkait dengan dilakukannya penelitian ini yaitu PT. X.

I. Teknik Analisis Data

Pemasukan data dan analisis statistik dilakukan secara komputerisasi yaitu dengan menggunakan program perangkat lunak dengan melakukan analisis :

a. Analisis Univariat

Analisis yang dilakukan untuk mendeskripsikan masing-masing variabel penelitian dengan menggunakan tabel distribusi frekuensi dan persentase.

b. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

1. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya adalah tahap awal ARKL untuk mengenal sumber risiko. Informasinya bisa ditelusuri dari sumber dan penggunaan *risk agent* memakai pendekatan *agent oriented*.

2. Analisis Pemajanan

Analisis pemajanan atau *exposure assessment* yang disebut juga penilaian kontak, bertujuan untuk mengenali jalur-jalur pajanan *risk agent* agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko bisa dihitung.

$$I = \frac{C \times R \times tE \times fE \times Dt}{Wb \times tavg}$$

I = asupan (intake), mg/M³/hari

C = konsentrasi *risk agent*

R = laju asupan atau konsumsi, M³/jam

tE = waktu pajanan, jam/hari

fE = Frekuensi pajanan, hari/tahun

Dt = Durasi pajanan, tahun (*real time* atau proyeksi, 30 tahun untuk nilai *default resedensial*)

Wb = berat badan, kg

tavg = periode waktu rata-rata (Dt x 365 hari/tahun untuk zat non karsinogenik, 70 tahun x 365 hari/tahun untuk zat karsinogenik)

3. Analisis Dosis Respon

Analisis dosis respon menetapkan nilai-nilai kuantitatif toksisitas *risk agent* untuk setiap bentuk spesi kimianya. Toksikitas dinyatakan sebagai dosis referensi (*reference dose*, RFC) untuk efek-efek nonkarsinogenik dan *cancer slope factor* (CSF) atau *cancer unit risk* (CCR) untuk efek-efek karsinogenik.

4. Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko kesehatan dinyatakan sebagai *Risk Quotien* (RQ, Tingkat resiko) untuk efek-efek nonkarsinogenik dan ECR (*excess Cancer Risk*) untuk efek-efek karsinogenik (EPA 2005).

$$RQ = \frac{INK}{RfD \text{ atau } RfC}$$

$$ECR = CSF \times Ik$$

5. Manajemen Risiko

- a. Menurunkan konsentrasi agen risiko bila pola dan waktu konsumsi tidak dapat diubah.

$$RfC = \frac{C \times R \times fe \times Dt}{Wb \times tavg}$$

- b. Mengurangi pola asupan bila konsentrasi agen risiko dan waktu konsumsi tidak dapat diubah.

$$R = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{C \times fe \times Dt}$$

- c. Mengurangi waktu kontak bila konsentrasi agen risiko dan pola konsumsi tidak dapat diubah.

$$Dt = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{C \times R \times fe}$$

J. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian adalah alat atau fasilitas yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data agar pekerjaannya lebih mudah dan hasilnya lebih baik dalam arti cepat, lengkap, sistematis (Arikunto, 2002).

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. MSA Sirius

MSA Sirius adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar benzene pada area *breathing zone*. Cara mengukur menggunakan alat ini adalah:

- a. Alat dikalibrasikan terlebih dahulu dengan metode *zero calibration*.
- b. Nyalakan terlebih dahulu alat MSA Sirius dengan menekan tombol On hingga alat menyala dan tunggu beberapa saat hingga layar monitor menunjukkan informasi tentang Low (50 ppm) – High (100 ppm) alarm untuk benzene.
- c. Pilih menu tampilan benzene untuk mulai mengukur kadar Benzene kemudian tekan tombol “Accept” untuk mulai merekam.
- d. Saat mengukur tunggu hingga kadar Benzene terdeteksi di layar monitor dan kadar paparan Benzene yang diambil adalah kadar Benzene yang frekuensinya sering muncul dengan menekan tombol “Page”.
- e. Setelah data paparan Benzene didapatkan kemudian dicatat pada lembar record yang telah disiapkan untuk masing-masing titik yang telah ditentukan untuk diukur.

2. Kuesioner

Kuesioner digunakan dalam penelitian ini untuk memperoleh data karakteristik responden, masa kerja, durasi kerja, dan frekuensi kerja di area Shale Shaker Rig.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Gambaran Umum Lokasi

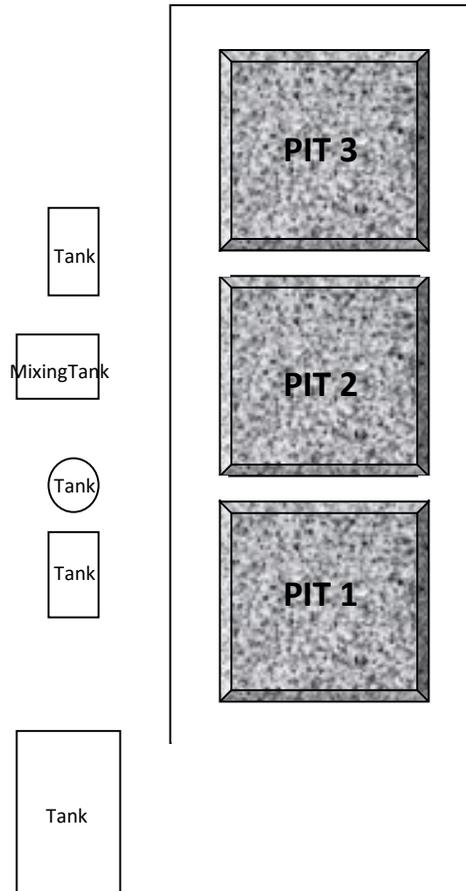
PT. X merupakan salah satu perusahaan *Contractor Production Sharing* Minyak dan gas bumi yang berada di bawah naungan BP Migas. Perusahaan ini berdiri pada tahun 1972 dan bermarkas besar di Jakarta. PT. X mempunyai lebih dari 1300 pekerja dan telah membuat 470 sumur lebih dan menemukan cadangan gas dengan jumlah total 14 trilyun kubik, serta 457 juta lebih barel minyak.

Jumlah pekerja PT. X sebanyak 3980 orang terdiri dari karyawan tetap 797 orang dan tidak tetap 3204 orang pada bulan Agustus 2009. Pekerja tetap kebanyakan bekerja sebagai penyelia sedangkan pekerja tidak tetap bekerja sebagai operator. Operator disini langsung berhadapan dengan hazard dari hazard ringan sampai hazard berat.

Waste Plant Badak 58 merupakan salah satu area tempat penampungan sementara limbah cair B3 dari hasil pengeboran minyak dan gas bumi yang selama ditampung juga dilakukan proses pemisahan antara lumpur, minyak, dan zat lainnya sebelum diproses kembali oleh pihak ketiga yang memiliki hak untuk mengelola limbah tersebut lebih lanjut. Area *Waste Plant* Badak 58 sendiri terdiri dari 3 bak besar (pit) yang digunakan sebagai tempat penampungan dan pengelohan

sementara limbah cair B3 sebelum limbah tersebut dipisahkan di dalam *mixing tank*.

Gambar 4.1 Denah Lokasi Waste Plant



2. Konsentrasi Benzene di Udara

Konsentrasi agen risiko adalah nilai konsentrasi dari benzene yang didapat dari pengukuran langsung menggunakan *MSA Sirius* dari sumber paparan di area *waste plant* pada lima titik pengukuran. Berikut adalah tabel distribusi konsentrasi benzene di area *waste plant* :

Tabel 4.1 Distribusi Konsentrasi Benzene di Area Waste Plant

Bentuk Fisik	Konsentrasi Benzene (ppm)				
	Min	Max	Mean	Median	CoV
Gas	2,1	26,8	9,96	6,5	84%

Berdasarkan tabel menunjukkan nilai hasil pengukuran konsentrasi benzene minimal 2,1 ppm, nilai maksimal 26,8 ppm, nilai rata-rata 9,96 ppm, dan median 6,5 ppm dengan *coefficient of variance* sebesar 84%.

3. Berat Badan dan Pola Paparan

Berat badan adalah ukuran antropometri untuk berat tubuh yang dimiliki seseorang pola paparan benzene terhadap responden ditentukan dengan mempertimbangkan waktu paparan, frekuensi paparan, dan durasi paparan. Berikut tabel distribusi responden berdasarkan berat badan dan pola paparan :

Tabel 4.2 Distribusi Responden Berdasarkan Berat Badan dan Pola Paparan

Ket.	Berat Badan (kg)	Waktu Paparan (jam/hari)	Frekuensi Paparan (hari/tahun)	Durasi (tahun)
Min	44	1,25	182	0,125
Maks	87	1,25	245	8
Mean	59,53	1,25	228,2	2,77
Median	58	1,25	245	1,5
CoV	22%	0%	13%	95%

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan berat badan pekerja paling berat adalah 80 kg dan paling ringan adalah 44 kg dengan rata-rata berat badan 59,53 kg. Untuk pola paparan benzene terhadap pekerja untuk

rata-rata waktu paparan, frekuensi paparan, dan durasi paparan adalah 1,25 jam/hari; 228,2 hari/tahun; dan 2,77 tahun.

4. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) proses perhitungan atau prakiraan risiko pada suatu organisme sasaran, sistem atau (sub)populasi, termasuk identifikasi ketidakpastian-ketidakpastian yang menyertainya, setelah terpajan oleh agen tertentu, dengan memperhatikan karakteristik yang melekat pada agen itu dan karakteristik sistem sasaran yang spesifik (ATSDR,2005). Berikut adalah tahapan analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) pada penelitian kali ini :

a. Identifikasi Risiko

Bahaya yang akan dianalisis pada penelitian ini adalah Benzene di udara yang diukur sebagai Benzene total. Berikut adalah tabel identifikasi bahaya dari benzene di area *Waste Plant* :

Tabel 4.3 Identifikasi Risiko Benzene

Sumber	Media Lingkungan Potensial	Agen Risiko	Konsentrasi (mg/m ³)		
			Min	Median	Maks
Pengelolaan limbah B3	udara	Benzene	6,7	20,723	85,44

Berdasarkan tabel identifikasi risiko, sumber paparan benzene berasal dari pengelolaan limbah B3 dengan udara sebagai media lingkungan potensial. Konsentrasi benzene yang terukur dari paparan melalui udara adalah 6,7 mg/m³ untuk nilai minimal dan 85,44 mg/m³ untuk nilai maksimal dengan nilai tengah 20,723 mg/m³.

b. Analisis Dosis Respon

Analisis dosis respon dari benzene dilakukan berdasarkan studi literatur yang diketahui benzene dapat masuk ke tubuh manusia melalui jalur inhalasi. Diketahui bahwa benzene memiliki efek non karsinogenik dan karsinogenik sehingga analisis dosis respon yang akan digunakan sebagai berikut :

Tabel 4.4 Analisis Dosis Respon

Agen Risiko	Dosis Respon		Efek Kritis
	RfC	CSF ⁻¹	
Benzene	8,6E-3	5,5E-2	Gangguan pada hematologik. Gangguan pada sistem imunitas. Gangguan pada sistem saraf pusat. Leukimia.

Nilai konsentrasi referensi risiko nonkarisinojenik (RfC) dari paparan benzene menggunakan dosis inhalasi yang ditetapkan IRIS dari US-EPA yaitu sebesar 0,0086 mg/kg/hari dan untuk nilai dosis inhalasi risiko karsinogenik menggunakan nilai *Cancer Slope Factor* (CSF) yaitu sebesar 0,055 mg/kg/hari (US-EPA,2005).

c. Analisis Paparan

Analisis Paparan dilakukan dengan memasukkan nilai konsentrasi agen risiko, waktu paparan, frekuensi paparan, durasi paparan serta berat badan responden ke dalam rumus. Dengan analisis paparan ini kita dapat mengetahui perkiraan rata-rata asupan harian agen risiko terhadap setiap responden. Berikut contoh perhitungan intake non karsinogenik paparan *realtime* pada responden pertama :

$$\text{InK} = \frac{20,723 \frac{\text{mg}}{\text{M}^3} \times 0,83 \frac{\text{M}^3}{\text{Jam}} \times 1,25 \frac{\text{Jam}}{\text{Hari}} \times 182 \frac{\text{Hari}}{\text{Tahun}} \times 8 \text{ Tahun}}{65 \text{ kg} \times 30 \text{ tahun} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}}}$$

$$\text{InK} = 0,04398 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}/\text{hari}$$

Berdasarkan hasil perhitungan intake non karsinogenik paparan *realtime* pada responden pertama didapatkan hasil paparan benzene adalah 0,04398 mg/kg/hari. Dan berikut tabel distribusi intake non karsinogenik dan karsinogenik dari paparan *realtime* dan *lifetime* pada responden :

Tabel 4.5 Distribusi Intake Paparan Realtime dan Paparan Lifetime

Ket.	Intake Non Karsinogenik (mg/kg/hari)		Intake Karsinogenik (mg/kg/hari)	
	<i>Realtime</i>	<i>Lifetime</i>	<i>Realtime</i>	<i>Lifetime</i>
Min	0,00067	0,13401	0,00029	0,05743
Maks	0,04398	0,32799	0,01885	0,14057
Mean	0,02000	0,23885	0,00857	0,10236
Median	0,01244	0,24882	0,00533	0,10664

Berdasarkan tabel diatas, nilai intake non karsinogenik tertinggi adalah sebesar 0,04398 mg/kg/hari dan nilai intake terendah adalah 0,00067 mg/kg/hari untuk paparan *realtime*. Untuk paparan *lifetime* nilai tertinggi adalah 0,32799 mg/kg/hari dan terendah adalah 0,13401 mg/kg/hari. Untuk intake karsinogenik nilai intake tertinggi adalah sebesar 0,01885 mg/kg/hari dan nilai intake terendah adalah 0,00029 mg/kg/hari untuk paparan *realtime*. Untuk paparan *lifetime* nilai

tertinggi adalah 0,14057 mg/kg/hari dan terendah adalah 0,05743 mg/kg/hari.

d. Karakteristik Risiko

Karakteristik risiko merupakan tahapan dalam menentukan tingkat risiko non karsinogenik dan karsinogenik dari responden dengan memasukan nilai asupan dan dosis respon ke dalam rumus sehingga tingkat risiko dari setiap responden dapat diketahui. Berikut perhitungan tingkat risiko non Karsinogenik dan karsinogenik dari paparan *realtime* pada responden pertama :

$$RQ = \frac{0,04398}{0,0086} = 5,11$$

$$ECR = 0,01885 \times 0,0055$$

$$ECR = 1,04 \times 10^{-4}$$

Berdasarkan perhitungan tingkat risiko pada responden pertama, didapatkan nilai tingkat risiko (RQ) adalah 5,11 sehingga responden pertama berisiko mengalami efek gangguan kesehatan dari paparan benzene dan untuk risiko karsinogenik didapatkan nilai (ECR) adalah 1,04E-4 sehingga responden pertama dinyatakan berisiko efek karsinogenik. Berikut tabel distribusi tingkat risiko non karsinogenik dan karsinogenik dari paparan *realtime* dan *lifetime* pada responden :

Tabel 4.6 Distribusi Tingkat Risiko Paparan Realtime dan Paparan Lifetime

Ket.	Non Karsinogenik (RQ)		Karsinogenik (ECR)	
	<i>Realtime</i>	<i>Lifetime</i>	<i>Realtime</i>	<i>Lifetime</i>
Min	0,08	15,58	1,57E-6	3,16E-4

Maks	5,11	38,14	1,04E-4	7,73E-4
Mean	2,33	27,77	4,71E-5	5,63E-4
Median	1,45	28,93	2,93E-5	5,87E-4
Berisiko	9 (60%)	15 (100%)	2 (13%)	15 (100%)
Tidak Berisiko	6 (40%)	0 (0%)	13 (87%)	0 (0%)

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan 9 (60%) responden berisiko mengalami gangguan kesehatan efek non karsinogenik dari paparan *realtime* dan 15 (100%) responden berisiko dari paparan *lifetime*. Untuk risiko karsinogenik terdapat dua (13%) responden berisiko mengalami kanker dari paparan *realtime* dan 15 (100%) responden berisiko dari paparan *lifetime*.

e. Manajemen Risiko

Manajemen risiko dirumuskan tanpa mengurangi (mengurangi) konsentrasi benzene di udara ambien. Manajemen dilakukan dengan mengubah laju asupan (R) pada konsentrasi median untuk kelompok berisiko menurut kenaikan berat badan dengan menyusun ulang rumus intake paparan. Berikut contoh perhitungan nilai laju asupan (R) untuk berat badan 45 kg :

$$R = \frac{RfC \times Wb \times tavg}{C \times te \times fe \times Dt}$$

$$R = \frac{0,0086 \text{ mg/kg/hari} \times 45 \text{ kg} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30 \text{ tahun}}{20,723 \frac{\text{mg}}{\text{M}^3} \times 1,25 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 228,2 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30 \text{ tahun}}$$

$$R = 0,02 \text{ M}^3/\text{jam}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan nilai laju asupan untuk berat badan 45 kg adalah 0,02 M³/jam. Berikut tabel distribusi responden berdasarkan manajemen risiko :

Tabel 4.7 Distribusi Laju Asupan Berdasarkan Manajemen Risiko

Berat Badan (kg)	Laju Asupan (M ³ /jam)
45	0,02
50	0,03
55	0,03
60	0,03
65	0,03
70	0,04

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai minimal untuk laju asupan udara adalah 0,02 M³/jam dan maksimal adalah 0,04 M³/jam.

B. Pembahasan Penelitian

1. Identifikasi Risiko Paparan Benzene di Area *Waste Plant*

Pada area *Waste Plant* Badak 58, sumber paparan benzene berasal dari limbah cair yang diolah. Limbah cair ini sendiri berupa *cutting* atau lumpur sisa pengeboran minyak yang setiap harinya dikumpulkan di area *Waste Plant* sebelum limbah tersebut diolah lagi oleh pihak ke tiga. Untuk jalur paparan benzene terhadap pekerja sendiri melalui udara.

Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi benzene pada lima titik sumber paparan di area *Waste Plant*, didapatkan hasil nilai tertinggi adalah 26,8 ppm dan terendah adalah 2,1 ppm dengan nilai median 6,5 ppm. Perhitungan konsentrasi paparan benzene terhadap pekerja ini

tidak memperhitungkan penggunaan respirator karena kondisi dilapangan masih banyak tenaga kerja yang terkadang kurang peduli sehingga tidak menggunakan respirator saat di area *Waste Plant* dan juga posisi garis batas penggunaan APD khusus juga masih sangat dekat dengan sumber paparan sehingga pekerja merasa tidak perlu menggunakan respirator karena tidak berada di area APD khusus. Selain itu pergantian katrid respirator pun tidak sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh produsen katrid yang merekomendasikan untuk paparan 0,5 – 10 ppm, katrid harus diganti setelah penggunaan selama 24 jam di area paparan karena berdasarkan hasil wawancara dengan pekerja didapatkan informasi penggunaan katrid bisa sampai enam bulan tanpa diganti.

Jika nilai konsentrasi benzene di area *Waste Plant* dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas (NAB) yang ditetapkan oleh ACGIH, NIOSH, dan OSHA yaitu sebesar 2,5 ppm untuk paparan singkat selama 15 menit, maka konsentrasi di area *Waste Plant* telah melewati NAB yang ditetapkan sehingga kontrol terhadap tenaga kerja serta upaya manajemen risiko perlu dilakukan.

2. Intake Paparan Benzene terhadap Pekerja di Area *Waste Plant*

Perhitungan intake paparan benzene terhadap pekerja di area *Waste Plant* dilakukan dengan membedakan durasi pajanan, yaitu pajanan *realtime* yang berdasarkan waktu paparan sebenarnya dan pajanan *lifetime* sebagai proyeksi untuk tiga puluh tahun. Pada paparan

nonkarsinogenik periode waktu rata-rata selama 30 tahun dan untuk karsinogenik selama 70 tahun. Nilai risiko (RQ) pajanan nonkarsinogenik dapat diperhitungkan jika diketahui nilai RfC, sedangkan pada karsinogenik dapat diperhitungkan jika diketahui nilai *Cancer Slope Factor*. Besarnya nilai intake berbanding lurus dengan konsentrasi bahan kimia, laju asupan, frekuensi pajanan, dan durasi pajanan, yang artinya semakin besar nilai tersebut maka akan semakin besar asupan seseorang. Sedangkan asupan berbanding terbalik dengan nilai berat badan dan periode waktu rata-rata, yaitu semakin besar berat badan maka akan semakin kecil risiko kesehatan.

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui nilai intake nonkarsinogenik paparan *realtime* dan *lifetime* terhadap pekerja di area *Waste Plant* rata-rata adalah 0,02 mg/kg/hari dan 0,23885 mg/kg/hari, berdasarkan hasil tersebut dapat dilihat bahwa nilai intake paparan benzene terhadap pekerja cukup tinggi dan melebihi nilai RfC sebesar 0,0086 mg/kg/hari sehingga dari nilai intake pun kita dapat mengetahui paparan benzene terhadap pekerja cukup tinggi. Untuk nilai intake karsinogenik paparan benzene terhadap pekerja rata-rata didapatkan nilai 0,00857 mg/kg/hari untuk paparan *realtime* dan 0,10236 mg/kg/hari untuk paparan *lifetime*. Dengan nilai *cancer slope factor* sebesar 0,055 mg/kg/hari, intake paparan *realtime* masih berada di bawah nilai CSF namun untuk paparan *lifetime* nilai intake berada di atas nilai CSF.

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa durasi paparan sangat berpengaruh terhadap nilai intake, semakin lama pekerja bekerja maka nilai intake akan semakin besar dan risiko untuk mendapatkan efek yang merugikan kesehatan pun semakin tinggi pula. Pengaruh durasi juga menjadi salah satu factor yang berpengaruh terhadap nilai intake paparan berdasarkan penelitian yang dilakukan Diana (2014) pada pekerja di Pusat Pengumpul Produksi Pertamina, intake non karsinogenik paparan *realtime* dari benzene berkisar antara 0,00011 mg/kg/hari hingga 0,16512 mg/kg/hari dan untuk intake paparan *lifetime* berkisar antara 0,00338 mg/kg/hari hingga 1,65125 mg/kg/hari menunjukkan adanya peningkatan nilai intake paparan terhadap pekerja sehingga ada pengaruh factor durasi paparan benzene terhadap pekerja.

3. Karaterisasi Risiko Paparan Benzene terhadap Pekerja di Area Waste Plant

Perhitungan tingkat risiko dapat ditentukan dengan hasil perbandingan intake dengan nilai dosis referensi yang diperbolehkan, dengan semakin besar intake maka akan semakin besar risiko. Nilai RfC dari benzene adalah 0,0086 mg/kg/hari (US-EPA, 2003) dan nilai *slope factor* (SF) adalah 0,055 mg/kg/hari. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan pekerja yang memiliki risiko kesehatan dengan pekerja yang belum memiliki risiko kesehatan, hal ini dipengaruhi oleh besar intake yang masuk ke dalam tubuh.

a. Tingkat Risiko non Karsinogenik (RQ)

Dari hasil perhitungan efek nonkarsinogenik, didapatkan nilai RQ dari seluruh responden yaitu pada paparan *realtime* terdapat sembilan pekerja (60%) yang berisiko mengalami gangguan kesehatan nonkarsinogenik dengan nilai RQ > 1 dan enam pekerja (40%) dengan nilai RQ ≤ 1. Nilai hasil perhitungan tingkat risiko (RQ) pada pekerja berkisar antara 0,08 sampai 5,11 sehingga berdasarkan paparan *realtime* menunjukkan adanya risiko non karsinogenik terhadap pekerja di area *Waste Plant* Badak 58. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan pada pekerja di Pusat Pengumpul Produksi (PPP) PT Pertamina EP ASSET 2 Prabumulih Field oleh Diana (2014) yang menunjukkan dengan konsentrasi benzene di atas Nilai Ambang Batas (NAB) terdapat 12 pekerja (57,14%) yang memiliki risiko non karsinogenik terhadap kesehatan akibat paparan benzene dengan nilai RQ > 1 berdasarkan durasi paparan *realtime*. Nilai RQ pada penelitian tersebut berkisar antara 0,05 sampai 19,2. Bila nilai RQ pekerja di area *Waste Plant* Badak 58 dibandingkan dengan nilai RQ pada pekerja di Pusat Pengumpul Produksi (PPP) PT Pertamina EP ASSET 2 Prabumulih Field, tingkat risiko di area *Waste Plant* masih memiliki range yang lebih rendah hal ini lebih dipengaruhi oleh factor konsentrasi benzene di area tangki pekerja di Pusat Pengumpul Produksi (PPP) PT Pertamina EP ASSET 2 Prabumulih Field yang mencapai 86,89 mg/M³ sedangkan di area *Waste Plant* nilai yang

digunakan adalah 20,72 mg/M³ sehingga dapat dikatakan nilai konsentrasi agen risiko menjadi factor lebih besarnya tingkat risiko pada pekerja di Pusat Pengumpul Produksi (PPP). Selain itu waktu paparan pekerja di area Pusat Pengumpul Produksi juga rata-rata 1,88 jam/hari dimana waktu paparan tersebut lebih tinggi dibandingkan pada pekerja di area *Waste Plant*. Berdasarkan perbandingan tersebut nilai konsentrasi agen risiko dan waktu paparan menjadi factor yang mempengaruhi tingginya tingkat risiko pada durasi waktu *realtime* sehingga kedua factor ini perlu menjadi perhatian ketika menerapkan upaya pengelolaan risiko di tempat kerja.

Pada paparan *lifetime* seluruh pekerja sebanyak lima belas orang (100%) yang berisiko mengalami gangguan kesehatan efek nonkarsinogenik dengan nilai RQ > 1 dan tidak ada pekerja (0%) yang tidak berisiko. Nilai tingkat risiko pada pekerja berkisar 15,58 sampai 38,14 dengan rata-rata 27,77. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut menunjukkan adanya risiko non karsinogenik dari paparan benzene pada durasi *lifetime* terhadap pekerja di area *Waste Plant* Badak 58. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan pada pekerja di Pusat Pengumpul Produksi (PPP) PT Pertamina EP ASSET 2 Prabumulih Field oleh Diana (2014) yang menunjukkan dengan konsentrasi benzene di atas Nilai Ambang Batas (NAB) terdapat 16 pekerja (76,19%) yang memiliki risiko non karsinogenik terhadap kesehatan akibat paparan benzene dengan nilai RQ berkisar antara

0,23 sampai 192 berdasarkan durasi paparan *lifetime*. Pada penelitian terhadap pekerja bengkel diesel pada depo bus di Afrika Selatan yang dilakukan oleh Moolla (2015), dari penelitian tersebut didapatkan 11 dari total 20 responden berisiko mengalami masalah kesehatan dari efek non karsinogenik dengan nilai RQ > 1. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Edokpolo (2014) yang melakukan analisis risiko kesehatan dari paparan benzene di udara ambien di lingkungan bengkel menunjukkan adanya risiko non karsinogenik terhadap pengunjung bengkel dan mekanik dengan nilai RQ sebesar 7,8 dan 2,8. Paparan konsentrasi benzene dari ketiga tempat berbeda memiliki nilai diatas konsentrasi yang ditetapkan oleh US-EPA namun factor yang paling berpengaruh terhadap nilai tingkat risiko adalah durasi waktu paparan.

Efek pajanan akut benzene dengan konsentrasi tinggi pada system syaraf, kulit, system pernafasan dan pencernaan dapat segera terjadi setelah paparan. Efek neurologis adalah efek yang pertama muncul di pusat system saraf. Reaksi anestesi benzene di pusat system saraf mirip dengan gas anestesi lain, pertama merangsang eksitasi di ikuti oleh depresi, dan jika paparan terus terjadi, kematian dapat terjadi karena kegagalan pernafasan. Efek pada kulit, pernapasan, dan efek gastrointestinal disebabkan sifat iritasi dari benzene (ATSDR, 2007).

Efek benzene sendiri telah terbukti menimbulkan efek kesehatan dimana penelitian yang dilakukan oleh Haen terhadap pekerja di kawasan industry sepatu menunjukkan adanya hubungan paparan benzene terhadap kadar hemoglobin, kadar eritrosit, dan juga kadar eosinofil..

b. Risiko Karsinogenik (ECR)

Dari hasil perhitungan efek karsinogenik, didapatkan nilai ECR seluruh responden yaitu pada paparan *realtime* terdapat dua responden (13%) berisiko mengalami kanker dengan nilai $ECR > 10^{-4}$ dan 13 responden (87%) tidak berisiko kanker dengan nilai $ECR \leq 10^{-4}$. Risiko karsinogenik pada responden di area *Waste Plant* adalah terendah $1,57 \times 10^{-6}$ sampai $1,04 \times 10^{-4}$. Sehingga dengan hasil perhitungan tersebut menunjukkan adanya risiko karsinogenik dari paparan benzene terhadap pekerja di area *Waste Plant* Badak 58 berdasarkan durasi paparan *realtime*. Pada penelitian yang dilakukan pada pekerja di Pusat Pengumpul Produksi (PPP) PT Pertamina EP ASSET 2 Prabumulih Field oleh Diana (2014) yang menunjukkan dengan konsentrasi benzene di atas Nilai Ambang Batas (NAB) terdapat pekerja (42,86%) yang memiliki risiko karsinogenik akibat paparan benzene dengan nilai ECR berkisar $1,1 \times 10^{-6}$ sampai $3,89 \times 10^{-4}$ berdasarkan durasi paparan *realtime*.

Kemudian untuk paparan *lifetime* terdapat 15 responden (100%) berisiko mengalami kanker dengan nilai $ECR > 10^{-4}$ dan tidak terdapat

responden (0%) dengan nilai $ECR \leq 10^{-4}$. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut menunjukkan adanya risiko karsinogenik dari paparan benzene terhadap pekerja di area *Waste Plant* Badak 58 berdasarkan durasi paparan *lifetime*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Edokpolo (2014) yang melakukan analisis risiko kesehatan dari paparan benzene di udara ambien di lingkungan bengkel. Dan hasil tersebut menunjukkan adanya risiko karsinogenik dari paparan benzene terhadap populasi mekanik dengan nilai $ECR > 10^{-4}$ yaitu sebesar $6,5 \times 10^{-4}$ berdasarkan proyeksi durasi paparan *lifetime*. Pada penelitian terhadap pekerja bengkel diesel pada depo bus di Afrika Selatan yang dilakukan oleh Moolla (2015) menunjukkan 14 dari 20 pekerja memiliki nilai $ECR > 10^{-4}$ yang menunjukkan mereka berisiko mengalami efek kanker dari paparan benzene ditempat kerja.

Tidak ada batas terendah yang aman terhadap paparan senyawa kimia benzene untuk mendapatkan risiko kanker pada semua tingkat paparan. WHO memberikan peringatan bahwa setiap paparan benzene setingkat $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ akan terdapat 4 – 8 tambahan kasus leukemia persejuta populasi selama hidup. US-EPA, IARC, dan Departemen Kesehatan dan Layanan Kemanusiaan Amerika Serikat telah menyimpulkan bahwa benzene adalah karsinogen terhadap manusia. IARC mengklarifikasikan benzene di Grup 1 (karsinogenik pada manusia), sedangkan EPA mengklarifikasi benzene dalam kategori A (terbukti karsinogen pada manusia) berdasarkan bukti yang

meyakinkan pada manusia didukung oleh bukti dari studi hewan. Benzene ditetapkan karsinogen pada manusia untuk semua rute paparan. Hematologi neoplasma seperti leukimia akut myelogenous telah didokumentasikan terjadi pada paparan kronis dengan konsentrasi rendah (100 ppm).

4. Manajemen Risiko Paparan Benzene di Area *Waste Plant*

Berdasarkan hasil manajemen risiko didapatkan nilai minimal laju asupan benzene adalah berkisar antara 0,02 M³/jam sampai 0,05 M³/jam . Prinsip ARKL menyatakan bahwa pengelolaan risiko menjadi keharusan apabila $RQ > 1$. Menurut Nukman (2005) dalam proses manajemen risiko ada beberapa scenario yang dapat dilakukan sebagai upaya pengelolaan risiko paparan benzene terhadap pekerja agar nilai laju asupan benzene terhadap pekerja bisa disesuaikan dengan nilai laju asupan yang aman yaitu dengan menurunkan konsentrasi agen risiko dengan waktu paparan tetap seperti saat dilakukan pengambilan data untuk 30 tahun kedepan.

Besar penurunan konsentrasi suatu agen risiko secara kuantitatif berbeda-beda untuk setiap populasi dan setiap kawasan penelitian karena perbedaan pola paparan dan karakteristik antropometri. Berikut adalah perhitungan untuk menentukan konsentrasi aman untuk pekerja di area *Waste Plant* dengan menggunakan nilai rata-rata atau median tergantung dari distribusi data :

$$C = \frac{0,0086 \times 58 \text{ kg} \times 30 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 365 \text{ tahun}}{0,83 \frac{\text{M}^3}{\text{Jam}} \times 1,25 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 228,2 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 30 \text{ tahun}}$$

$$C=0,769 \frac{\text{mg}}{\text{M}^3}$$

Nilai 0,796 mg/M³ merupakan konsentrasi aman bagi populasi pekerja untuk jangka waktu 30 tahun. Setelah konsentrasi aman agen risiko diketahui langkah selanjutnya adalah mengendalikan agen risiko agar berada pada konsentrasi amannya. Ada dua cara yang dapat dilakukan untuk menurunkan konsentrasi yaitu pengendalian secara teknik dan pengendalian secara administratif atau legal dengan menerapkan atauran atau regulasi untuk memastikan bahwa pengendalian cara pertama dilaksanakan dengan taat asas. Beberapa pilihan manajemen yang dapat dilakukan seperti menggunakan blower dan exhaust pada area *Waste Plant* seperti pada penelitian yang dilakukan Pratama (2013) dimana penggunaan blower dan exhaust dapat menurunkan kadar benzene hingga 74%.

C. Keterbatasan Penelitian

Dalam penelitian mengenai analisis risiko nonkarsinogenik dan karsinogenik dari paparan benzene terhadap pekerja di area *Waste Plant* Badak 58 PT. X ini, penulis mengumpulkan data primer dengan menyebar kuesioner dan pengukuran langsung. Penulis menyadari terdapat keterbatasan dan kelemahan dalam penelitian ini antara lain :

1. Pengukuran konsentrasi benzene menggunakan alat ukur portable sehingga tingkat keakuratannya tidak maksimal.
2. Kurangnya bahan pustaka mengenai kemampuan respirator dalam mereduksi benzene.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian analisis risiko nonkarsinogenik dan karsinogenik dari paparan benzene terhadap pekerja di area *Waste Plant* PT. X tahun 2015 diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Sumber paparan benzene di area *Waste Plant* berasal dari limbah B3 dengan konsentrasi minimal 2,1 ppm dan tertinggi 26,8 ppm.
2. Nilai intake non karsinogenik paparan benzene terhadap pekerja di area *Waste Plant* untuk durasi *realtime* berkisar antara 0,00067 mg/kg/hari sampai 0,04398 mg/kg/hari. Untuk intake pada durasi *lifetime* berkisar antara 0,13401 mg/kg/hari sampai 0,32799 mg/kg/hari.
3. Nilai intake karsinogenik paparan benzene terhadap pekerja di area *Waste Plant* untuk durasi *realtime* berkisar antara 0,00029 mg/kg/hari sampai 0,01885 mg/kg/hari. Untuk intake pada durasi *lifetime* berkisar antara 0,05743 mg/kg/hari sampai 0,14057 mg/kg/hari.
4. Berdasarkan tingkat risiko non karsinogenik terdapat 9 pekerja (60%) yang berisiko pada durasi paparan *realtime* dan sebanyak 15 pekerja (100%) pada durasi *lifetime*. Untuk risiko karsinogenik terdapat 2 pekerja (13%) yang berisiko pada durasi *realtime* dan 15 pekerja (100%) pada durasi *lifetime*.

B. Saran

Sesuai hasil penelitian yang dilakukan, maka saran yang dapat direkomendasikan adalah :

1. Upaya kontrol teknis dengan meletakkan blower pada area *Waste Plant* dalam menurunkan konsentrasi benzene di udara.
2. Mengatur kembali posisi garis peringatan penggunaan alat pelindung diri khusus agar cukup jauh dari sumber paparan.
3. Penyediaan katrid untuk respirator kepada pekerja disesuaikan dengan waktu jenuh penggunaan respirator.
4. Melakukan biomonitoring kadar benzene dalam tubuh pekerja di area *Waste Plant*.
5. Selalu menggunakan respirator saat berada di area *Waste Plant* sebagai upaya pencegahan terhadap efek gangguan kesehatan paparan benzene.
6. Rutin melakukan pengecekan kesehatan.
7. Melakukan penelitian lanjutan terkait risiko non karsinogenik dan karsinogenik terhadap paparan benzene terhadap pekerja.

Lampiran 1

KUESIONER

Analisis Risiko non Karsinogenik dan Karsinogenik dari Paparan *Benzene* terhadap pekerja di area *Waste Plant* Badak 58 PT. X Tahun 2015

Penelitian ini dilakukan semata-mata untuk kepentingan ilmu pengetahuan dan untuk mengembangkan program kesehatan. Untuk itu, kami sangat mengharapkan informasi yang sejujurnya dari Anda. Atas bantuan dan kerja samanya, saya ucapkan terima kasih.

No. Responden	:	
Nama Responden	:	
Unit	:	
Berat Badan	:	kg
Tinggi Badan	:	cm
Pendidikan Terakhir	:	1. SMU 2. D3 3. Sarjana 4. Pasca Sarjana 5. Lainnya.....

A1	1.	Berapa umur anda saat ini?.....tahun
A2	2.	Sudah berapa lama anda bekerja di area Waste Plant?tahun
A3	3.	Berapa lama anda biasa berada dia area Waste Plant?jam
A4	4.	Bagaimana sistem waktu kerja anda? a. 5 hari kerja dan 2 hari libur b. 2 minggu kerja dan 2 minggu libur c. 2 minggu kerja dan 1 minggu libur d. 3 minggu kerja dan 1 minggu libur e. Lainnya.....

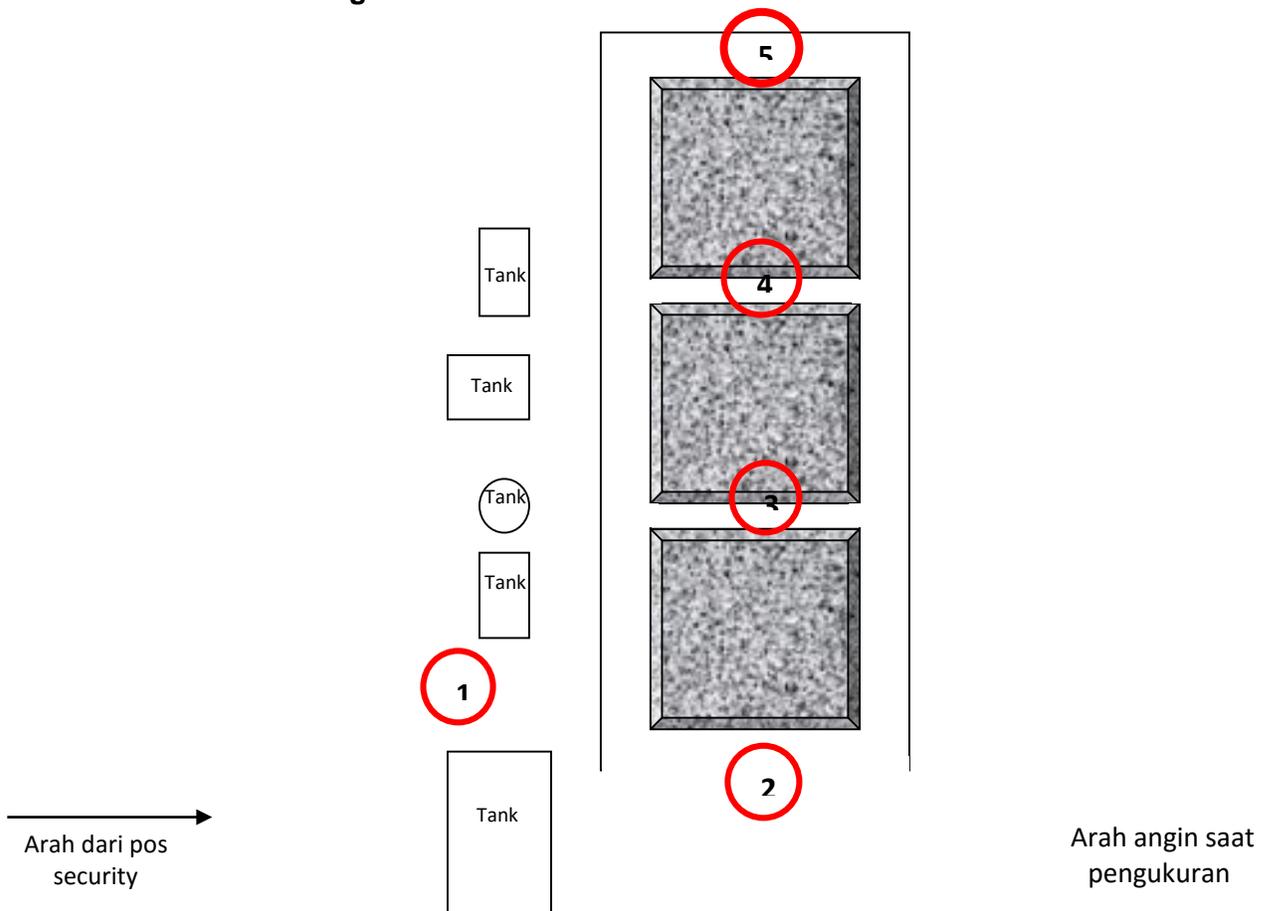
☺ Terima Kasih ☺

Lampiran 2

**LEMBAR PENGUKURAN BENZENE
WASTE PLANT BADAQ 58**

Hari/Tgl/Thn :
Waktu :
Cuaca :
Tempat : Waste Plant BDK 58
Alat : MSA Sirius
Petugas :

A. Gambar Titik Pengukuran



B. Metode Pengukuran

Pengukuran dilakukan pada tiap Titik disekitar area pernafasan dengan metode grab sampling atau sekali pengukuran pada waktu tertentu di **Area Waste Plant**. Pengukuran dilakukan dengan mengambil **6 titik sample**.

C. Standar

	Standar *	
	(TLV-TWA)**	(TLV-STEL)***
Benzene	0.5 ppm	2.5 ppm

* Standar yang digunakan adalah The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) Tahun 2010

** Nilai Ambang Batas (NAB) untuk pajanan yang diperbolehkan selama **8 jam kerja/hari**

*** Nilai Ambang Batas (NAB) untuk pajanan yang diperbolehkan selama **15 menit/hari**

D. Hasil Pengukuran

Nama Tempat	Titik Pengukuran	Konsentrasi Benzene
Waste Badak 58	Titik 1 (Area Pekerja samping Pit 1)	
	Titik 2 (Area Pekerja didepan Pit 1)	
	Titik 3 (Antara Pit 1 & Pit 2)	
	Titik 4 (Antara pit 2 & Pit 3)	
	Titik 5 (Jalur pekerja Pit 3)	

Keterangan :

Dari hasil pengukuran diatas yang berwarna **Merah** menunjukkan telah melewati **Nilai Ambang Batas (NAB)**.

E. Kondisi

Saat pengukuran di Waste Plant Badak 58 sedang dilakukan _____.

Lampiran 3

Hasil Perhitungan ARKL

Analisis Risiko non Karsinogenik dan Karsinogenik dari Paparan *Benzene* terhadap Pekerja di Area *Waste Plant* Badak 58 PT. X

A. Konsentrasi Benzene

	Konsentrasi Benzene
	2.10
	22.60
	26.80
	7.00
	10.80
	3.90
	2.40
	2.40
	5.90
	7.00
	10.90
	5.90
	3.10
	21.80
	25.60
	6.00
	11.30
	3.70
Min	2.10
Max	26.80
Mean	9.96
Median	6.50
SD	8.39
CoV	0.84

B. Berat Badan dan Pola Aktivitas

Responden	Berat Badan	Waktu	Frekuensi	Durasi
1	65	1.25	182.00	8.00
2	67	1.25	182.00	0.13
3	59	1.25	245.00	1.50
4	58	1.25	245.00	1.50
5	87	1.25	245.00	4.00
6	45	1.25	245.00	3.00
7	50	1.25	245.00	0.50
8	57	1.25	245.00	4.00
9	64	1.25	245.00	1.00
10	51	1.25	245.00	4.00
11	80	1.25	182.00	8.00
12	72	1.25	182.00	0.33
13	50	1.25	245.00	4.50
14	44	1.25	245.00	0.60
15	44	1.25	245.00	0.50
Mean	59.53	1.25	228.20	2.77
Median	58.00	1.25	245.00	1.50
SD	13.07	0.00	28.84	2.63
CoV	0.22	0.00	0.13	0.95
Min	44	1.25	182	0.125

C. Intake dan Karakterisasi Risiko

Responden	Ink real time	Ink lifeti me	RQ real time	RQ life time	Ik real time	Ik life time	EC R real time	ECR life time
1	0.04398	0.16493	5.11	19.18	0.01885	0.07069	1.04E-04	3.89E-04
2	0.00067	0.16001	0.08	18.61	0.00029	0.06858	1.57E-06	3.77E-04

3	0.012 23	0.244 60	1.42	28.44	0.00 524	0.104 83	2.8 8E- 05	5.77 E-04
4	0.012 44	0.248 82	1.45	28.93	0.00 533	0.106 64	2.9 3E- 05	5.87 E-04
5	0.022 12	0.165 88	2.57	19.29	0.00 948	0.071 09	5.2 1E- 05	3.91 E-04
6	0.032 07	0.320 70	3.73	37.29	0.01 374	0.137 44	7.5 6E- 05	7.56 E-04
7	0.004 81	0.288 63	0.56	33.56	0.00 206	0.123 70	1.1 3E- 05	6.80 E-04
8	0.033 76	0.253 19	3.93	29.44	0.01 447	0.108 51	7.9 6E- 05	5.97 E-04
9	0.007 52	0.225 49	0.87	26.22	0.00 322	0.096 64	1.7 7E- 05	5.32 E-04
10	0.037 73	0.282 97	4.39	32.90	0.01 617	0.121 27	8.8 9E- 05	6.67 E-04
11	0.035 74	0.134 01	4.16	15.58	0.01 532	0.057 43	8.4 2E- 05	3.16 E-04
12	0.001 64	0.148 90	0.19	17.31	0.00 070	0.063 81	3.8 6E- 06	3.51 E-04
13	0.043 29	0.288 63	5.03	33.56	0.01 855	0.123 70	1.0 2E- 04	6.80 E-04
14	0.006 56	0.327 99	0.76	38.14	0.00 281	0.140 57	1.5 5E- 05	7.73 E-04
15	0.005 47	0.327 99	0.64	38.14	0.00 234	0.140 57	1.2 9E- 05	7.73 E-04

Lampiran 4

Dokumentasi

