

TA/TL/2017/0734

TUGAS AKHIR

ANALISIS POTENSI RISIKO KESEHATAN TERHADAP PENCEMARAN AIR TANAH DI SEKITAR STASIUN PENGISIAN BAHAN BAKAR UMUM

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



GUSTI ANWAR D

12513143

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2017

TUGAS AKHIR
ANALISIS POTENSI RISIKO KESEHATAN TERHADAP
PENCEMARAN AIR TANAH DI SEKITAR STASIUN
PENGISIAN BAHAN BAKAR UMUM

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



GUSTI ANWAR D

12513143

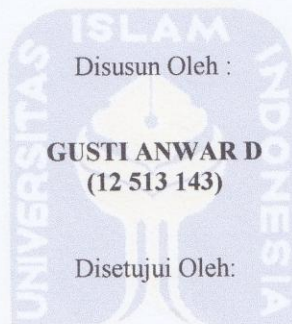
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2017

TUGAS AKHIR

ANALISIS POTENSI RISIKO KESEHATAN TERHADAP PENCEMARAN AIR TANAH DI SEKITAR STASIUN PENGISIAN BAHAN BAKAR UMUM

HEALTH RISK POTENTIAL ANALYSIS OF GROUNDWATER POLLUTION AROUND GAS STATION AREA

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Disusun Oleh :

GUSTI ANWAR D
(12 513 143)

Disetujui Oleh:

Pembimbing 1

Any Juliani, ST., M.Sc. (Res.Eng.)

Tanggal : 21/8.2017

Pembimbing 2

Dr. Suphia Rahmawati, ST., M.T.

Tanggal : 22/8 2017

Mengetahui:

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Hudori, ST., M.T.

Tanggal :

TUGAS AKHIR

ANALISIS POTENSI RISIKO KESEHATAN TERHADAP PENCEMARAN AIR TANAH DI SEKITAR STASIUN PENGISIAN BAHAN BAKAR UMUM

HEALTH RISK POTENTIAL ANALYSIS OF GROUNDWATER POLLUTION AROUND GAS STATION AREA

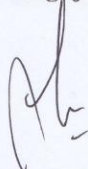
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan

Disusun Oleh :

GUSTI ANWAR D
(12 513 143)

Disetujui Oleh:

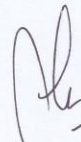
Penguji 1



Penguji 2



Penguji 3



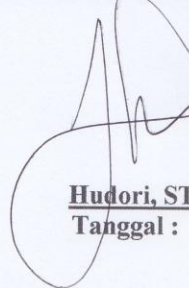
Any Juliani, ST., M.Sc. (Res.Eng.) Puji Lestari, S.Si., M.Sc. Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc.

Tanggal : 21/8 - 2017

Tanggal : 21-08-2017 Tanggal : 21/8 - 2017

Mengetahui:

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Hudori, ST., M.T.

Tanggal :

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia (*apabila menggunakan software khusus*).
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 22 Agustus 2017

Yang membuat pernyataan,



Gusti Anwar D

Nim: 12513143

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta hidayah-Nya kepada kita semua. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW.

Alhamdulillahirabbil'alamin atas segala limpahan rahmat, rizki dan nikmat yang diberikan oleh Allah SWT sehingga saya dapat melaksanakan dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul: *ANALISIS POTENSI RISIKO KESEHATAN TERHADAP PENCEMARAN AIR TANAH DI SEKITAR STASIUN PENGISIAN BAHAN BAKAR UMUM* dimana laporan ini kami ajukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) di jurusan Teknik Lingkungan.

Penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat dorongan, motivasi, bantuan, bimbingan, do'a dan arahan serta adanya kerjasama dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala, yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang Satu-satunya tempatku bergantung, memohon, dan meminta. Maafkan hambaMu ini yang sering kali melupakanMu disaat suka, dan hanya mengadu disaat duka.
2. Bapak Hudori, S.T., M.T, selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
3. Any Juliani, ST., M.Sc. (Res.Eng.) selaku pembimbing I, yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaganya dalam memberikan bimbingan, saran, dukungan selama penelitian.
4. Dr. Suphia Rahmawati, ST., MT. Selaku pembimbing II, atas kesabaran, masukan, saran, motivasi dan pemikirannya dalam memberikan bimbingan.
5. Seluruh staf pengajar Prodi Teknik Lingkungan atas ilmu-ilmu yang diberikan selama menjalani masa kuliah hingga penyusunan tugas akhir ini.
6. Seluruh pihak Laboratorium FMIPA atas bantuan dan ilmu yang diberikan selama penelitian tugas akhir berlangsung.

7. Seluruh pihak Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP atas bantuan, ilmu dan kerjasama yang diberikan, serta kesabaran dan luang waktu yang sangat berarti selama penelitian berlangsung.
8. Orang Tua (H. Syahbani Dalimunthe dan Hj. Yusni Pulungan) tersayang, atas do'a, nasehat, dan dukungan terbesar kepada penulis selama ini. Semoga mama papa diberi kesehatan dan kemudahan oleh Allah Subhanahu Wa Ta'ala dalam menjalani segala hal serta dapat menjadi orang-orang yang bahagia dunia akhirat, aamiin.
9. Keluarga besar, Kakak dan Adik tercinta yang selalu memberikan do'a, nasihat, dukungan, kepada penulis selama ini. Terutama untuk khairunnisa masnur, yang selalu memberikan semangat dan dukungan yang terbaik.
10. Indra Surya Aditya Putra, Namira Audrey dan Wahyuningtiyas Perwita Sari selaku teman dan pembimbing bantuan dalam tugas akhir ini, karena telah bersedia mendengarkan, mengerti, membantu, dan memberikan saran atas segala hal yang dialami oleh penulis.
11. Teman-teman di Prodi Teknik Lingkungan atas pengalaman, dukungan, semangat, serta bantuan untuk segala hal selama masa perkuliahan ini.
12. Kepada management HESTEKKOPI yang selalu memberikan pengarahan dan pengertian selama proses skripsi.
13. Kepada partner Sampling AMDAL yang selalu mengarahkan untuk selalu sabar dan tawakkal dan selalu giat dalam berusaha.
14. Serta pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan hingga terwujudnya tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap Allah Subhanahu Wa Ta'ala berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat. *Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.*

Yogyakarta, Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRACT	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Ruang Lingkup.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Pencemaran Air Tanah.....	5
2.2. Senyawa BTEX Pada Air Tanah.....	7
2.2.1. Pencemaran BTEX Pada Air Tanah	8

2.2.2. Dampak BTEX Terhadap Kesehatan	9
2.3. Solid Phase Extraction (SPE).....	10
2.4. Gas Chromatography dan Mass Spektrometri (GCMS).....	14
2.5. Analisis Risiko Kesehatan.....	15
2.6. Analisis Paparan (Exposure Assessment)	18
2.7. Analisis Risiko Nonkanker Dan Kanker	20
2.7.1. Analisis Risiko Kesehatan Nonkanker Paparan Benzena	20
2.4.1. Analisis Risiko Kesehatan Kanker Paparan Benzena	21
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1. Gambaran Umum Tahapan Penelitian	24
3.2. Rangkuman Pengambilan Data	26
3.3. Lokasi Penelitian.....	29
3.4. Subjek dan Objek Penelitian	29
3.5. Variabel Penelitian	30
3.6. Pengambilan Sampel Air Tanah.....	31
3.7. Analisis Laboratorium.....	33
3.7.1. Persiapan Sampel	33
3.7.2. <i>Solid Phase Extraction</i> (SPE)	34
3.7.3. <i>Gas Chromatography and Mass Spectrometry</i> (GC-MS)	38
3.7.3.1. Kondisi GC-MS	38
3.8. ADI (<i>Acceptable Daily Intake</i>)	39
3.9. Metode Penentuan Risiko Nonkarsinogenik	41
3.10. Metode Penentuan Risiko Karsinogenik.....	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA.....	43
4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian	43
4.2. Data Hasil Observasi Lapangan	44
4.2.1. Data Hasil Observasi Sumur Responden	44
4.2.1.1. Hasil Observasi Sumur Responden Bagian Selatan	44
4.2.2. Data Hasil Wawancara.....	45

4.2.2.1. Usia Responden	47
4.2.2.2. Berat Badan Responden (BB).....	48
4.2.2.3. Durasi Paparan Responden (ED)	49
4.2.2.4. Waktu Paparan Responden (ET).....	50
4.2.2.5. Frekuensi Paparan (EF)	51
4.2.3. Data Pola Aktivitas dan Konsumsi	51
4.2.3.1. Jumlah Penggunaan Air Kebutuhan Mandi Responden	53
4.2.3.2. Jumlah Penggunaan Air Kebutuhan Minum Responden.....	53
4.2.3.3. Keluhan Kesehatan	53
4.3. Analisis Data Menggunakan GC-MS.....	54
4.3.1. Analisis Data Kalibrasi	57
4.3.2. Analisis Data Kalibrasi Peak Area Baru.	58
4.3.3. Hasil Uji Sampel 1 (Satu) Air Tanah Metode SIM MODE	59
4.3.4. Hasil Uji Sampel 2 (Dua) Air Tanah Metode SIM MODE	60
4.3.5. Hasil Uji Sampel 3 (Tiga) Air Tanah Metode SIM MODE.....	62
4.4. Analisis Data Kalibrasi dan Konsentrasi Sampel.....	63
4.4.1. Penggunaan Metode <i>LOD</i> dan <i>LOQ</i>	63
4.5. Analisis Paparan (<i>Exposure Assessment</i>)	66
4.6. Karakteristik Risiko (<i>Risk Characterization</i>)	70
4.7. Manajemen Risiko	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1. Kesimpulan	75
5.2. Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Observasi Sumur Bagian Selatan SPBU.....	44
Tabel 4.2. Hasil wawancara karakteristik antropometri dan sosio-demografi responden.....	45
Tabel 4.3. Kategori Umur Menurut Depkes RI 2009	47
Tabel 4.4. Distribusi Berat Badan Responden	48
Tabel 4.5. Distribusi Rincian Nilai Berat Badan Responden Sesuai Golongan Usia.....	49
Tabel 4.6. Distribusi Rincian Nilai Durasi Paparan Responden Sesuai Golongan Usia.....	50
Tabel 4.7. Hasil Wawancara Pola Aktivitas dan Konsumsi Responden	51
Tabel 4.8. Data Keluhan Kesehatan Responden	53
Tabel 4.9. Hasil Identifikasi Senyawa BTEX Pada Konsentrasi 40ppm	55
Tabel 4.10. Identifikasi Senyawa BTEX Pada Konsentrasi 20, 10, 5, 1ppm, 500, 100, 40, 20ppb Metode SIM MODE	55
Tabel 4.11. Data Peak Kurva Kalibrasi Standard Benzena	57
Tabel 4.12. Data Kurva Kalibrasi.....	59
Tabel 4.13. Data Statistik Kurva Kalibrasi.....	64
Tabel 4.14. Perhitungan Oral Intake Realtime	66
Tabel 4.15. Perhitungan Oral Intake 95 Percentile.....	67
Tabel 4.16. Perhitungan Oral Intake Lifetime.....	68
Tabel 4.17. Nilai <i>RQ Realtime</i> dan 95 Percentile.....	70
Tabel 4.18. Nilai <i>ECR Kanker</i>	71
Tabel 4.19. Rekapitulasi Perhitungan Dermal Intake, Paparan Realtime, 95 Percentile dan Lifetime.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Beberapa Sumber Potensi Pencemaran Air Tanah	6
Gambar 2.2. Gambar Kolom SPE Bentuk Catridge	11
Gambar 2.3. Gambar Skema Prosedur Umum Penggunaan SPE	12
Gambar 2.4. Gambaran Umum Migrasi Jalur Paparan Sumber Kontaminan.....	16
Gambar 2.5. Metodologi Sumber – Jalur – Penerima Terhadap Penilaian Paparan Terkontaminasi	18
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 3.2. Alat-alat Pengambilan Sampel Air Tanah. (a) <i>Bailer Modifikasi,</i> (b) <i>GPS, (c) DO meter, (d) Thermometer, (e) Wadah sampe 1l, (f)</i> <i>proses pengambilan sampel air sumur.</i>	32
Gambar 3.3. Alat-alat Filter Sampel Air Tanah. (a) <i>Kertas filter, corong dan</i> <i>erlenmeyer 250ml (b) Labu ukur 500 ml wadah sampel air tanah</i> <i>setelah filtering</i>	34
Gambar 3.4. Alat-alat Kondisioning, Loading dan Elusi Sampel Air Tanah. (a) <i>Jenis cartridge yang digunakan (b) Kondisioning, (c) Ekstraksi</i> <i>sampel, (d) Pengeringan vakum, (e) Pengeringan 1 hari, (f)</i> <i>Tahap elusi, (g) Hasil elusi di tabung refluks, (h) Sampel siap</i> <i>inject ke GC-MS</i>	37
Gambar 3.5. Instrumen <i>Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS)</i> <i>Shimadzu</i>	39
Gambar 4.1. Gambaran Lokasi Penelitian.....	43
Gambar 4.2. Grafik Kurva Kalibrasi Larutan Standart Benzena	58
Gambar 4.3. Grafik Kromatogram Sampel 1 Metode SIM Mode	60
Gambar 4.4. Grafik Kromatogram Sampel 2 Metode SIM Mode	61
Gambar 4.5. Grafik Kromatogram Sampel 3 Metode SIM Mode.....	62
Gambar 4.6. Grafik Kurva Kalibrasi Larutan Standart Benzena	63

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Lembar Observasi Sumur
- Lampiran 2 Lembar Kuesioner
- Lampiran 3 Pembuatan Larutan Standar
- Lampiran 4 Perhitungan Pembuatan Larutan Standar
- Lampiran 5 Resep Injeksi GCMS
- Lampiran 6 Hasil Injeksi GCMS

Abstract

Water is a very important natural resource for living creatures and the environment. Most of the population, especially the people of Indonesia use groundwater as the main source of water for daily needs. The quality of ground water is influenced by the presence or absence of pollutants entering the soil and ground water. One of the pollutants of ground water can be sourced from chemicals derived from fuel oil products is BTEX compounds. BTEX is an organic pollutant which stands for benzene, toluene, ethyl benzene, and xylene, which contains volatile carbon at certain pressures and temperatures that can contaminate soil and ground water, one of which is through leaking underground tank storage of fuel oil products. The potential contamination of BTEX content due to leakage of underground fuel tanks and spreading into groundwater can come from various sources of exposure such as through oral, dermal and inhalation. To be able to know the potential exposure of the pollutant then conducted a risk analysis to the respondent exposed. Health and environmental risk analysis is an approach to calculating or estimating risks to human health exposed by a particular substance or chemical, including identification of potential uncertainties, searching or identification of a particular exposure. Based on the result of the research, it is known that the absence of BTEX contamination potential in SPBU 'X "Yogyakarta with the test result of 3 samples has different naming of benzene compound and retention time with BTEX standard solution, and on calculation of risk analysis to respondents with oral and dermal exposure still within threshold Safe noncancer under $RQ > 1$ and cancer under $ECR > 10^{-4}$.

Keywords: BTEX, gas stations, groundwater contamination, risk analysis, GCMS, SPE

Abstrak

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup dan lingkungan. Sebagian besar penduduk khususnya masyarakat Indonesia menggunakan air tanah sebagai sumber mata air utama untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Kualitas air tanah dipengaruhi oleh ada atau tidaknya zat pencemar yang masuk ke dalam tanah dan air tanah. Salah satu pencemar air tanah dapat bersumber dari zat kimia yang berasal dari produk bahan bakar minyak yaitu senyawa BTEX. BTEX adalah polutan organik yang merupakan singkatan untuk benzena, toluena, etil benzena, dan xilena, yang mengandung karbon mudah menguap pada tekanan dan temperatur tertentu yang dapat mencemari tanah dan air tanah, salah satunya adalah melalui kebocoran tangki bawah tanah penyimpanan produk bahan bakar minyak. Potensi pencemar kandungan BTEX akibat kebocoran tangki BBM bawah tanah dan menyebar kedalam air tanah dapat berasal dari berbagai sumber paparan seperti melalui oral, dermal dan inhalasi. Untuk dapat mengetahui potensi paparan pencemar tersebut maka dilakukan sebuah analisis risiko terhadap responden terkena paparan. Analisis risiko kesehatan dan lingkungan merupakan sebuah pendekatan untuk menghitung atau memperkirakan risiko pada kesehatan manusia yang terpapar oleh suatu bahan atau zat kimia tertentu, termasuk identifikasi terhadap adanya potensi faktor ketidakpastian, upaya penelusuran atau identifikasi pada pajanan tertentu. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa tidak adanya potensi pencemaran BTEX di SPBU 'X' Yogyakarta dengan hasil pengujian 3 sampel memiliki perbedaan penamaan senyawa Benzena dan waktu retensi dengan larutan standar BTEX, dan pada perhitungan analisis risiko terhadap responden dengan pajanan oral dan dermal masih dalam ambang batas aman nonkanker dibawah nilai $RQ > 1$ dan kanker dibawah nilai $ECR > 10^{-4}$.

Kata kunci: BTEX, SPBU, Pencemaran air tanah, Analisis risiko, GCMS, SPE

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup dan lingkungan. Sebagian besar penduduk khususnya masyarakat Indonesia menggunakan air tanah sebagai sumber mata air utama untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Air tanah relatif memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan air permukaan dan secara geografis air tanah tidak mudah tercemar sehingga lebih layak digunakan dibanding air permukaan. Namun air tanah memiliki beberapa kelemahan yaitu jika terjadi pencemaran pada lapisan tanah dan air tanah maka akan sulit untuk dilakukan pemulihan kualitas alami dari tanah dan air tanah tersebut. Kualitas air tanah dipengaruhi oleh ada atau tidaknya zat pencemar yang masuk ke dalam tanah dan air tanah dan faktor kondisi fisik daerah tersebut seperti kondisi geologi, karakteristik tanah dan elevasi. Hal ini disebabkan air tanah terdapat pada lapisan tanah atau batuan dibawah permukaan tanah, sehingga mempengaruhi tingkat kerentanan air tanah terhadap suatu pencemaran (Marsono, 2009).

Salah satu pencemar air tanah dapat bersumber dari zat kimia yang berasal dari produk bahan bakar minyak yaitu senyawa BTEX. BTEX adalah polutan organik yang merupakan singkatan untuk *benzena, toluena, etil benzena, dan xilena*. Senyawa ini merupakan kelompok VOC (*Volatil Organic Compound*) yaitu suatu senyawa yang mengandung karbon mudah menguap pada tekanan dan temperatur tertentu yang dapat mencemari tanah dan air tanah, salah satunya adalah melalui kebocoran tangki bawah tanah penyimpanan produk bahan bakar minyak. Bensin, minyak pelumas, minyak pemanas dan bahan bakar diesel merupakan beberapa contoh tumpahan produk bahan bakar minyak yang berasal melalui kebocoran tangki bawah tanah

tersebut dan dapat berpotensi terpapar kedalam tanah dan aliran air tanah (Salanitro et al, 1997). BTEX termasuk golongan bahan kimia bersifat racun atau toksik terhadap kesehatan karsinogenik dan nonkarsinogenik, sifat karsinogenik merupakan suatu sifat penyakit sebagai pemicu timbulnya kanker terhadap kesehatan responden (Gammon, 2008). Sedangkan sifat nonkarsinogenik merupakan sifat penyakit yang mempengaruhi sistem hematopoietik yaitu kemampuan pembentukan sel darah, susunan saraf pusat dan mempengaruhi sistem reproduksi (Han, 2011), kemudian sifat nonkarsinogenik dapat meningkatkan stres oksidatif yaitu ketidakmampuan tubuh menerima radikal bebas (Bae, 2010).

Tumpahan produk bahan bakar minyak akibat kebocoran tangki bawah tanah di SPBU (*Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum*), seiring dengan berkembangnya jumlah SPBU sebagai salah satu usaha di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan BBM (*Bahan Bakar Minyak*), tanpa adanya pengelolaan dan prosedur yang tepat sehingga dapat berpotensi sebagai penyebab pencemaran terhadap kualitas lingkungan disekitar SPBU. Tangki penyimpanan BBM di SPBU merupakan salah satu sumber yang dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air tanah. Tangki penyimpanan BBM bawah tanah (*Underground Storage Tank, UST*) terbuat dari bahan baja bersifat mudah bocor atau rembes kedalam tanah karena adanya suatu proses karatan yang terjadi dalam tanah (Muryani, 2010), sehingga mempengaruhi kualitas tempat penyimpanan bahan bakar tersebut. Faktor bencana alam seperti gempa bumi dan tsunami dapat memperbesar risiko terjadinya kebocoran tangki.

Potensi pencemar kandungan BTEX akibat kebocoran tangki BBM bawah tanah dan menyebar kedalam air tanah dapat berasal dari berbagai sumber paparan seperti melalui oral yaitu meminum atau tertelan, dermal yaitu kontak kulit seperti penggunaan air mandi, inhalasi atau terhirup dan kontak mata secara langsung. Kecenderungan masyarakat menggunakan air tanah sebagai kebutuhan sehari-hari tanpa mengetahui ada atau tidaknya paparan pencemar dalam air tanah akan berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat tersebut.

Untuk dapat mengetahui potensi paparan pencemar tersebut maka dilakukan sebuah analisis risiko atau penilaian risiko terhadap responden terkena paparan. Penilaian risiko adalah upaya untuk mengukur risiko terhadap potensi paparan yang membahayakan bagi kesehatan manusia. Analisis risiko kesehatan dan lingkungan merupakan sebuah pendekatan untuk menghitung atau memperkirakan risiko pada kesehatan manusia yang terpapar oleh suatu bahan atau zat kimia tertentu, termasuk identifikasi terhadap adanya potensi faktor ketidakpastian, upaya penelusuran atau identifikasi pada pajanan tertentu.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan dikaji antara lain:

1. Identifikasi pencemaran kandungan BTEX pada air tanah yang diambil dari sumur penduduk disekitar SPBU yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan.
2. Analisis risiko kesehatan masyarakat yang berpotensi terpapar kandungan pencemaran BTEX di sekitar SPBU.

1.3. Ruang Lingkup

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi besaran potensi pencemaran BTEX di air tanah yang diambil dari sumur penduduk di sekitar SPBU.
2. Penentuan konsentrasi sampel air tanah yang diambil dari sumur masyarakat disekitar SPBU yang diteliti.
3. Menganalisis risiko kesehatan masyarakat berdasarkan besaran konsentrasi pajanan air tanah yang terpapar pencemaran kandungan BTEX.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Menganalisa besaran konsentrasi potensi pencemaran BTEX di air tanah yang di ambil dari sumur penduduk sekitar SPBU dengan menggunakan ekstraksi SPE dan injeksi GC-MS.
2. Menganalisa potensi risiko kesehatan penduduk yang terpapar pencemaran BTEX di sekitar SPBU dengan menggunakan metode ADI (*Acceptable Daily Intake*) dengan perhitungan intake oral dan dermal.
3. Memberikan informasi kepada instansi yang terkait terutama pihak pemilik usaha (Pertamina) atas hasil analisis yang didapatkan untuk dijadikan acuan terhadap pengelolaan SPBU dan lingkungan kedepannya.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang akan diperoleh dengan dilakukannya penelitian Analisis Potensi Risiko Kesehatan Terhadap Pencemaran Air Tanah di Sekitar Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum adalah untuk dapat mengetahui besaran potensi risiko kesehatan yang diterima masyarakat di sekitar SPBU, serta untuk dapat memberikan informasi dan pengetahuan akan kebijakan perusahaan SPBU terhadap pengelolaan dan tindak lanjut untuk mengatasi kemungkinan adanya permasalahan kebocoran tangki pruduk bahan bakar minyak yang berpotensi teridentifikasi pajanan BTEX di air tanah. Kemudian dapat dijadikan sebagai rekomendasi dalam penanggulangan risiko kesehatan masyarakat terhadap kandungan pencemar lain yang terdapat pada air tanah. Dan juga dapat dijadikan sebagai acuan referensi penelitian adanya potensi risiko lain yang mungkin timbul kedepannya, dan juga dapat dijadikan acuan terkait dengan pembahasan alternatif pengelolaan pencemaran air tanah yang disebabkan oleh adanya potensi pencemar oleh kandungan BTEX terhadap kebocoran tangki minyak SPBU.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

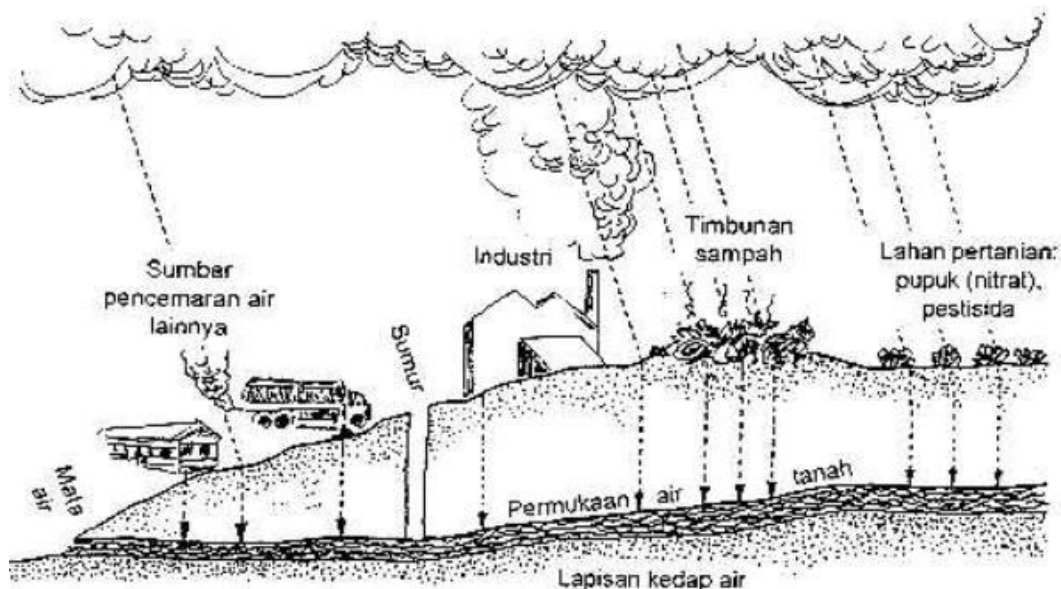
2.1. Pencemaran Air Tanah

Pencemaran air dan air tanah adalah suatu peristiwa masuknya zat-zat, energi, unsur, atau komponen yang bersifat racun atau berbahaya kedalam air dan air tanah sehingga menyebabkan kualitas air dan lingkungan terganggu. Seiring dengan berkembangnya zaman dan pesatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia, air menjadi suatu kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup dan lingkungan, namun air juga dapat menjadi suatu masalah yang perlu untuk diperhatikan sesuai dengan kebutuhan, kualitas, tujuan penggunaan dan fungsinya. Untuk mendapatkan kualitas air yang baik dan sesuai dengan standar kebutuhan, hal ini merupakan sesuatu yang bernilai tinggi, disebabkan oleh air sudah banyak tercemar oleh berbagai macam kandungan zat kimia baik dari limbah buangan maupun dari kegiatan manusia yang dapat menyebabkan potensi kualitas air menurun.

Air tanah merupakan sumber daya alam bersifat *non-renewable*, berarti tidak dapat diperbaharui. Perkembangan area pemukiman, area industri dan area berpotensi menghasilkan zat-zat pencemar, memungkinkan adanya pencemaran lingkungan yang berasal dari berbagai sumber pencemar tersebut, dengan demikian maka eksistensi sumber air tanah yang memiliki kuantitas dan kualitas yang layak untuk dikonsumsi akan semakin terbatas. Potensi pencemaran air tanah dapat berasal dari berbagai aspek, diantaranya adalah pengaruh geomorfologi yaitu bentuk permukaan bumi, litologi yaitu batuan, geologi, iklim dan penggunaan lahan. Potensi pencemaran tanah dan air tanah akan semakin tinggi untuk media yang bersifat porus (lolos air) dimana

faktor tersebut akan mempengaruhi kecepatan aliran air tanah dan sebarannya (Marsono, 2009).

Salah satu faktor lain sebagai potensi pencemaran tanah dan air tanah adalah karena adanya tumpahan (*spill*) atau kebocoran minyak pada tangki penyimpanan bahan bakar minyak di SPBU. Kandungan produk minyak bumi merupakan kelompok kontaminan hidrokarbon atau pencemar organik mudah menguap yang paling berpotensi terhadap pencemaran air tanah apabila terpapar atau mencemari tanah dan air tanah. Sejalan dengan penggunaan BBM yang intensif, terutama sebagai suatu kebutuhan sumber energi, maka kemungkinan potensi pencemaran oleh bahan bakar minyak pada tanah dan air tanah sangat besar (Setyaningsih, 2007). Senyawa ini akan cenderung terlarut dalam fase air atau menguap keudara melalui tanah karena kelarutan air yang relatif tinggi. Paparan minyak bumi dalam tanah dan air tanah dapat terdegradasi dengan adanya penguapan, pemisahan, dan penyerapan larutan (Bedient, 1994) dan dengan adanya degradasi oleh mikroorganisme (Schreiber, 2002).



Gambar 2.1 Beberapa Sumber Potensi Pencemar Air Tanah

(Sumber : Achmadin, 2012)

Tanah dan air tanah yang terkontaminasi dapat menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia, ekosistem atau lingkungan (Swartjes et al., 2012), yang mungkin timbul dari berbagai sumber minyak, mineral, hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH) atau volatil aromatik hidrokarbon, yaitu (BTEX) benzena, toluena, etil benzena, dan xilena (EEA, 2011). Zat ini dapat ditemukan pada produk minyak bumi seperti bensin, solar dan pelumas, yang dapat terlepas dan menyebar ke dalam tanah dan kemudian mencemari tanah dan air tanah yang pada umumnya digunakan oleh masyarakat untuk kebutuhan sehari-hari dengan jalur paparan baik dikonsumsi secara langsung dengan menelan, kontak kulit, dan bahkan menghirup.

2.2. Senyawa BTEX Pada Air Tanah

BTEX adalah polutan organik yang merupakan singkatan untuk benzena, toluena, etil benzena, dan xilena. Senyawa ini merupakan kelompok organik volatil (VOC) yang dapat mencemari tanah salah satunya adalah melalui kebocoran tangki penyimpanan minyak. Potensi tumpahan produk bahan bakar minyak yang dapat terpapar atau terlepas dan dapat mencemari tanah dan air tanah seperti bensin, bahan bakar diesel, minyak pelumas dan minyak pemanas (Salanitro et al., 1997). Paparan benzena didalam tubuh manusia melalui proses toksikometik, yaitu proses absorpsi, distribusi, metabolisme dan ekskresi.

Produk minyak bumi terdiri dari ratusan senyawa organik rantai pendek, senyawa volatil, dan hidrokarbon. Seperti halnya produk minyak bumi, hanya beberapa senyawa yang ditunjuk sebagai senyawa beracun bagi manusia yaitu senyawa BTEX. Senyawa ini bersifat neurotoksik yaitu zat yang bereaksi pada sel saraf neuron, dan pada senyawa benzena dan etilbenzena diklasifikasikan sebagai kelompok karsinogen atau zat penyebab penyakit kanker (Swartjes et al., 2012).

Sumber air minum yang tercemar oleh kandungan senyawa BTEX yang terakumulasi oleh responden dapat melalui jalur paparan diantaranya adalah melalui mulut/oral (penelanan), terutama jika air tersebut tidak diberi perlakuan khusus atau

tidak dilakukan pengelolaan kualitas air untuk menghilangkan bahan-bahan kimia yang terkandung didalamnya. Dengan meminum air yang terkontaminasi kandungan BTEX secara terus menerus dalam waktu lama dapat menyebabkan potensi penyakit kanker dan kerusakan saraf pada manusia. Kandungan senyawa BTEX juga dapat masuk atau terpapar kedalam tubuh responden melalui jalur paparan lain seperti kontak kulit, misalnya pada saat pemompaan gas atau produk minyak di SPBU.

Senyawa BTEX sangat berpotensi untuk mencemari tanah dan air tanah karena memiliki sifat volatilitas yang rendah dibandingkan senyawa kimia lain dalam bahan bakar hidrokarbon, sehingga senyawa BTEX mampu mencapai air tanah sedangkan bahan kimia lain telah habis atau terdegradasi karena penguapan sebelum mencapai air tanah.

2.2.1. Pencemaran BTEX Pada Air Tanah

Berkembangnya jumlah SPBU di Indonesia setidaknya menyebabkan adanya potensi pencemaran terhadap lingkungan, tanah dan air tanah apabila tidak diimbangi dengan pengelolaan kualitas lingkungan tersebut. Kebocoran tangki penyimpanan BBM di SPBU adalah salah satu sumber kontaminasi yang dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air tanah. Faktor penyebab kebocoran tangki SPBU diantaranya adalah faktor usia tangki timbun yang telah lama, material tangki timbun yang terbuat dari besi baja terjadi proses korosi didalam tanah, faktor bencana alam seperti gempa bumi yang menyebabkan pergerakan tanah yang berakibat retaknya dinding tangki timbun.

Kasus kebocoran tangki timbun produk bahan bakar minyak pernah terjadi pada beberapa SPBU wilayah Yogyakarta, Indonesia. Sekecil apapun potensi pencemaran bahan bakar minyak terhadap air tanah tetap harus diwaspadai dan dianalisa, sebab apabila terjadi pencemaran atau kebocoran tangki BBM tersebut akan berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar, dan membutuhkan biaya yang sangat besar untuk melakukan pembersihan atau pemulihan daerah tersebut dan

perilaku perbaikan pencemar BBM sulit untuk dilakukan, memerlukan waktu lama (Muryani, 2012). Kasus yang pernah tercatat antara lain: 1) SPBU 41.424 Gambiran Kotamadya Yogyakarta, pada tahun 1987; 2) SPBU Jalan Wonosari Km 5,4 Banguntapan, Bantul, pada tahun 1995; 3) SPBU 44.552.10 Janti Bantilan Caturtunggal, Depok, Sleman, pada tahun 1999; 4) Beberapa SPBU lainnya seperti SPBU di Jalan Gejayan, Jalan Munggur, dan jalan HOS Cokroaminoto (Muryani, 2009).

Kasus kebocoran tangki penyimpanan bahan bakar juga terjadi di beberapa negara diantaranya, kasus tumpahan minyak SPBU disepanjang saluran pengiriman minyak mentah selama perang saudara pada tahun 1969 Timur Niger Delta, Nigeria. Menyebabkan setidaknya 255 lahan masyarakat terkontaminasi kandungan BTEX (ferdinand, 2015). Kasus selanjutnya terjadi di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum Cantabria, wilayah Spanyol. Dari data sebelumnya menunjukkan bahwa kandungan hidrokarbon di SPBU Cantabria adalah melebihi nilai – nilai RGL yaitu 50 mg/kg dan konsentrasi TPH mencapai lebih besar dari 1000 mg/kg (Pinedo, 2014). Beberapa situs bekas tempat penyimpanan bahan bakar umum lainnya antara lain adalah: Wilayah SPBU di Murcia sebelah tenggara Semenanjung Iberia, SPBU Lebor Campsa terletak di Neogen-Kuarter beroperasi sejak tahun 80-an sampai Oktober 2008, SPBU Petronor beberapa kilometer dari kota Jumilla terletak diluar zona geologi dari era kuarter dengan kondisi lempung dan pasir (Rosales, 2014).

2.2.2. Dampak BTEX Terhadap Kesehatan

Dampak klinis toksisitas yang dapat timbul dari paparan benzena termasuk diantaranya adalah depresi sistem saraf pusat (*SSP*), aritmia jantung, dan kegagalan pernapasan apabila paparan pajanan berada pada tingkat yang mematikan. Efek kesehatan signifikan terhadap paparan pajanan benzena dalam jangka pendek dan jangka panjang adalah efek hematoksisitas, immunotoksisitas, neurotoksisitas, dan karsinogenisitas (IPCS, 1993). Fenol merupakan produk metabolit benzena yang paling utama (ATSDR, 2007).

Sifat toksik BTEX dalam pajanan tinggi menyebabkan gejala neurotoksik yaitu sifat toksik yang bereaksi di sel saraf neuron yang berdampak pada kelumpuhan. Pajanan secara terus-menerus kadar tinggi BTEX dapat mengakibatkan kerusakan pada sumsum tulang manusia, kerusakan DNA pada sel mamalia, kerusakan sistem kekebalan tubuh. Pajanan ringan menyebabkan denyut jantung tidak teratur, sakit kepala, pusing, mual dan bahkan pingsan jika pajanan dilanjutkan untuk waktu yang lama. Manifestasi awal dari toksisitas BTEX adalah anemia, leukositopenia, dan trombositopenia (Singh, 2012). Berbagai efek berbahaya dari paparan senyawa BTEX telah dilaporkan keberadaannya disebabkan oleh akibat terkena paparan konsentrasi tinggi oleh senyawa volatil, yaitu berupa penyakit kanker dan sejumlah gangguan kronis seperti anemia aplastik dan pansitopenia yaitu berkurangnya jumlah sel dalam tubuh, gangguan paru-paru seperti sesak napas dan iritasi saluran pernapasan atas, konjungtivitis yaitu penyakit mata, gangguan neurologis seperti penglihatan kabur, dan peningkatan tingkat leukemia dan kanker (Azari, 2012).

Dari beberapa kasus kebocoran tangki penyimpanan bahan bakar di Indonesia, diantaranya terdapat dampak pada kesehatan manusia. Dampak kesehatan terhadap masyarakat yang pernah terjadi akibat adanya kebocoran tangki SPBU diantaranya adalah masyarakat Aceh yang mengaku menderita penyakit batuk-batuk dan gatal-gatal setelah menggunakan air sumur yang berada tepat disebelah utara SPBU Jalan Bireunen-Takengon Km 1,5 Aceh Indonesia. Diduga air sumur warga yang tercemar adalah pencemar bahan bakar jenis bensin (Hasan, 2014).

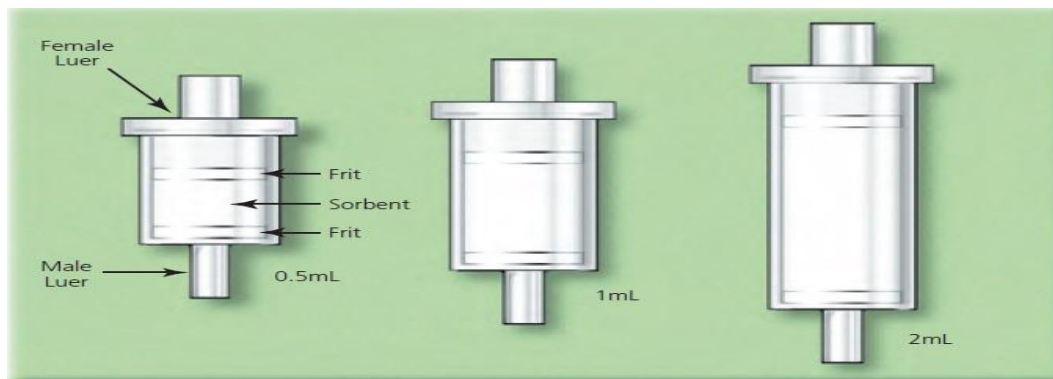
2.3. Solid Phase Extraction (SPE)

Solid Phase Extraction atau ekstraksi fase padat merupakan metode pemisahan dimana senyawa yang terlarut atau tersuspensi dalam campuran cairan dipisahkan dari senyawa lain dalam campuran sesuai dengan sifat fisik dan kimianya. Ekstraksi fase padat digunakan untuk memetakan dan memurnikan sampel untuk analisis.

Prinsip ekstraksi fase padat yaitu analit yang terlarut dalam suatu pelarut yang memiliki daya elusi rendah dimasukkan kedalam cartridge dan kemudian akan terperangkap pada medium SPE. Analit tersebut kemudian dapat dibilas dengan pelarut lain yang berdaya elusi rendah dan kemudian akhirnya dielusi dengan pelarut berdaya elusi kuat bervolume kecil (Watson, 2010).

Pemilihan cartridge berdasarkan pada kemampuannya berikatan dengan analit, dimana ikatan antara analit dengan penjerap harus lebih kuat dibandingkan ikatan antara analit dengan sampel. Sehingga analit akan terperangkap pada penjerap cartridge. Adapun empat langkah utama dalam penggunaan ekstraksi fase padat SPE, yaitu pengondisian, retensi sampel, pencucian dan elusi. Elusi merupakan proses memisahkan analit dari adsorben dengan mengalirkan suatu pelarut atau eluen melewati penjerap-analit. Retensi dan elusi dalam SPE dapat dilihat sebagai proses distribusi antara fase gerak dan fase diam yaitu sama seperti pemisahan yang terjadi pada kromatografi cair, hanya jika dalam sebuah kolom sangat pendek, dengan sejumlah kecil lempengan teoritis tetapi menyatakan senyawa dalam perbedaan koefisien distribusi. Sejumlah sampel dimasukkan kedalam kolom kecil yang dapat ditingkatkan dengan *reservoir* sampel yang lebih besar. Sampel umumnya diaspirasikan melalui kolom dengan bantuan vakum (Watson, 2010).

Gambaran SPE berdasarkan jenis sistem kerjanya ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.2. Gambar Kolom SPE Bentuk Catridge

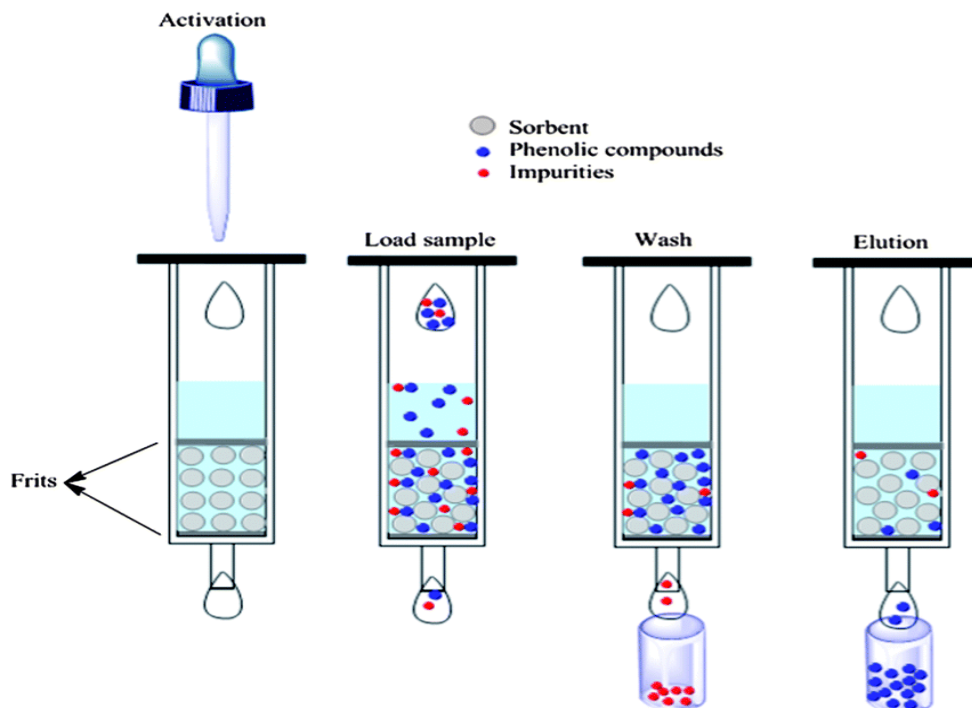
(Sumber: Supelco, 2016)

Gambar diatas merupakan gambaran jenis dan ukuran cartridge dengan beberapa proses kerja yang terjadi didalamnya, yaitu terdapat pada sorben cartridge sebagai filter dalam proses elusi SPE.

Prosedur dalam penggunaan SPE adalah sebagai berikut :

1. Prekondisi kolom: Cartridge disiapkan dengan cara dibasahi dengan sejumlah pelarut yang akan digunakan.
2. Loading sampel: Sampel yang akan dipisahkan dimasukkan kedalam cartridge.
3. Pencucian: Cartridge dicuci dengan sejumlah pelarut dengan tujuan mengelusi pengotor.
4. Elusi analit dengan pelarut yang sesuai.

Prosedur dalam penggunaan SPE terlihat dalam skema pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.3. Gambar Skema Prosedur Umum Penggunaan SPE
(Sumber: Wang, 2014)

Gambar diatas menjelaskan skema dalam penggunaan cartridge SPE dengan beberapa tahapan diantaranya adalah load sampel, pencucian sampel dalam cartridge dan kemudian elusi untuk mendapatkan hasil sampel sesuai dengan pelarut.

Beberapa keuntungan dalam penggunaan alat SPE (Solid Phase Extraction) adalah sebagai berikut:

- Proses pencucian dapat digunakan untuk meminimalisir pengotor yang ada pada sampel.
- Adsorben dapat divariasikan sehingga dapat selektif untuk sejumlah analit dengan gugus fungsional tertentu.
- Tidak terbentuk emulsi diantara dua fase.
- Larutan sampel dalam jumlah besar dapat dijerap pada kolom dan dapat terkonsentrasi.
- Hanya dibutuhkan sejumlah kecil pelarut yang dipersyaratkan untuk pencucian dan elusi (Watson, 1999).

Beberapa keterbatasan dalam penggunaan alat SPE (Solid Phase Extraction) adalah sebagai berikut:

- Pada umumnya recovery dari SPE adalah baik, namun akan lebih baik jika menggunakan baku internal dalam analisis sebagai kompensasi kemungkinan terjadinya absorpsi irreversibel kedalam medium ekstraksi.
- Silika tidak stabil dalam kondisi alkali yang terlalu kuat.
- Kemungkinan hilangnya analit yang digunakan pada proses pencucian.
- Harga cartridge yang relatif mahal dan hanya untuk satu kali pemakaian. (Watson, 1999).

Dengan menggunakan pompa vakum, dapat mengekstrak hingga 12 atau sampai dengan 24 sampel secara bersamaan, secara signifikan meningkatkan pemilihan sampel sekaligus dapat mengurangi waktu persiapan sampel, sangat relatif terhadap metode ekstraksi padatan ke cair. untuk memberikan kontrol aliran yang tepat dan aman, dan mudah digunakan (Supelco, 2016).

2.4. Gass Chromatographi dan Mass Spektrometri (GC-MS)

GC-MS merupakan metode pemisahan senyawa organik yang menggunakan dua metode analisis senyawa yaitu kromatografi gas (GC) untuk menganalisis jumlah senyawa secara kuantitatif dan spektrometri massa (MS) untuk menganalisis struktur molekul senyawa analit (Muntaha, 2013). Gas kromatografi merupakan salah satu teknik spektroskopi yang menggunakan prinsip pemisahan campuran berdasarkan perbedaan kecepatan migrasi komponen-komponen penyusunnya. Gas kromatografi biasa digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa yang terdapat pada campuran gas dan juga menentukan konsentrasi suatu senyawa dalam fase gas. Spektroskopi massa adalah suatu metode untuk mendapatkan berat molekul dengan cara mencari perbandingan massa terhadap muatan dari ion yang muatannya diketahui dengan mengukur jari-jari orbit melingkarnya dalam medan magnetik seragam (Muntaha, 2013).

Saat GC dikombinasikan dengan MS, akan didapatkan sebuah metode analisis yang sangat baik. Peneliti dapat menganalisis larutan organik, memasukkannya ke dalam instrumen, memisahkannya menjadi komponen tinggal dan langsung mengidentifikasi larutan tersebut. Selanjutnya, peneliti dapat menghitung analisa kuantitatif dari masing-masing komponen (Muntaha, 2013).

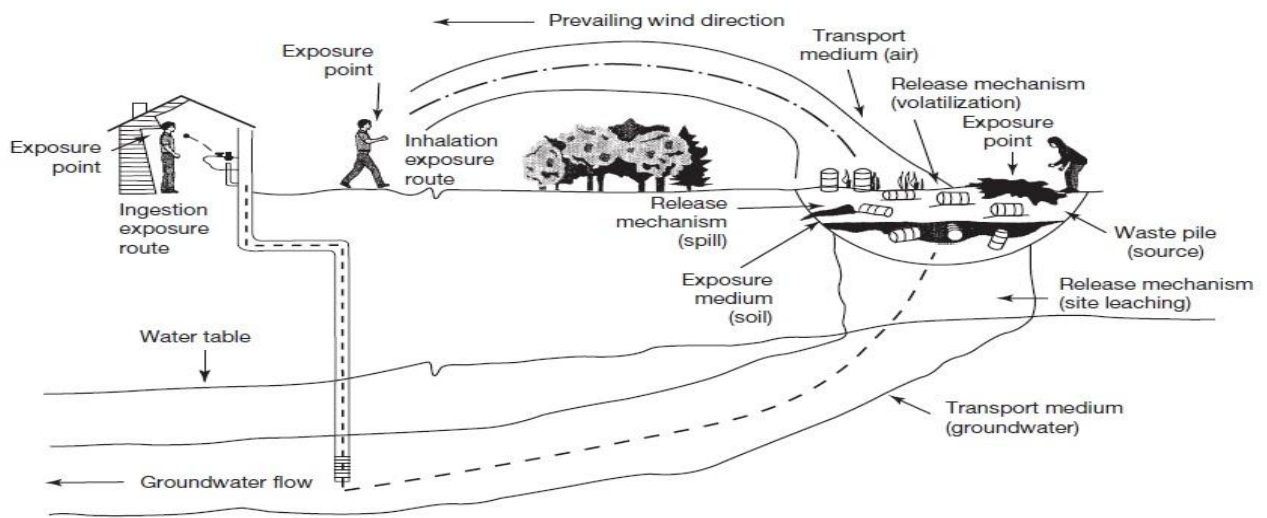
Pada metode analisis GC-MS (*Gas Cromatografy Mass Spektroskopy*) dengan membaca spektra yang terdapat pada kedua metode yang digabung tersebut. Pada spectra GC jika terdapat bahwa dari sampel mengandung banyak senyawa, yaitu terlihat dari banyaknya puncak (*peak*) dalam spektra GC tersebut. Berdasarkan data waktu retensi yang sudah diketahui dari literatur, bisa diketahui senyawa apa saja yang ada dalam sampel. Selanjutnya adalah dengan memasukkan senyawa yang diduga tersebut ke dalam instrumen spektroskopi massa. Hal ini dapat dilakukan karena salah satu kegunaan dari kromatografi gas adalah untuk memisahkan senyawa-senyawa dari suatu sampel. Setelah itu, didapat hasil dari spektra spektroskopi massa pada grafik yang berbeda (Muntaha, 2013).

Informasi yang diperoleh dari kedua teknik ini yang digabung dalam instrumen GC-MS adalah tak lain hasil dari masing-masing spektra. Untuk spektra GC, informasi terpenting yang didapat adalah waktu retensi untuk tiap-tiap senyawa dalam sampel. Sedangkan untuk spektra MS, bisa diperoleh informasi mengenai massa molekul relatif dari senyawa sampel tersebut.

2.5. Analisis Risiko Kesehatan

Dalam manajemen risiko dibutuhkan sebuah tindakan pengendalian risiko dan analisis risiko. Analisis risiko merupakan suatu proses pengendalian situasi dimana suatu organisme, sistem, atau populasi dapat terkena paparan berpotensi bahaya. Proses analisis risiko terdiri atas tiga komponen, diantaranya penilaian risiko, manajemen risiko, dan komunikasi risiko (IPCS, 2004). Dengan kata lain analisis risiko kesehatan (*health risk assessment*) adalah suatu proses memperkirakan masalah kesehatan yang suatu waktu mungkin timbul dan besaran dampak yang ditimbulkan.

Dengan pengertian lain penilaian risiko adalah suatu hasil kerangka kerja konseptual yang menyediakan mekanisme untuk mereview struktural informasi yang relevan untuk memperkirakan dampak risiko kesehatan dan lingkungan. Proses ini membantu dalam penilaian kajian untuk menentukan poin akhir dalam proses perbaikan, dan mengevaluasi tindakan bahaya yang berpotensi seperti air minum yang terkontaminasi (Teel, 2014). Penilaian risiko dilakukan dengan membandingkan perhitungan intake dengan berbagai metode yang telah ditetapkan oleh US-EPA. Diantaranya adalah metode ADI atau dosis asupan harian yang diterima, metode Pengukuran Faktor Risiko Karsinogenik, dan metode Pengukuran Faktor Risiko Nonkarsinogenik. Proses analisis risiko pada studi ini hanya mengacu pada dua tahapan kajian, diantaranya adalah identifikasi bahaya (*hazard identification*) yaitu mengidentifikasi jenis dan sifat suatu paparan yang memiliki sifat yang dapat menyebabkan suatu dampak terhadap organisme dan (*exposure assessment*) merupakan identifikasi jumlah dosis atau asupan atau jumlah risk agen yang diterima oleh seseorang atau responden yang terkena paparan.



Gambar 2.4. Gambaran Umum Migrasi Jalur Paparan Sumber Kontaminan
(Sumber : Watss, 2003)

Setiap individu yang terkena dampak dari pencemaran kandungan BTEX menimbulkan risiko kesehatan yang berbeda sesuai dengan rute paparan yang diterima seperti yang tertera pada gambar diatas dan banyaknya jumlah konsumsi. Untuk konsentrasi yang sama terhadap kandungan BTEX dalam tanah dan air tanah memiliki sifat fraksi toksikologi yang sama (Weisman, 1999). Namun demikian dampak risiko tertinggi adalah ketika air tanah langsung dikonsumsi atau tertelan sesuai dengan penetapan RBCA.

Paparan adalah kontak dari suatu organisme dengan zat beracun. Penilaian eksposur atau paparan adalah estimasi besarnya, frekuensi, durasi, dan rute paparan (Patton, 1993).

Identifikasi utama dari penilaian eksposur adalah:

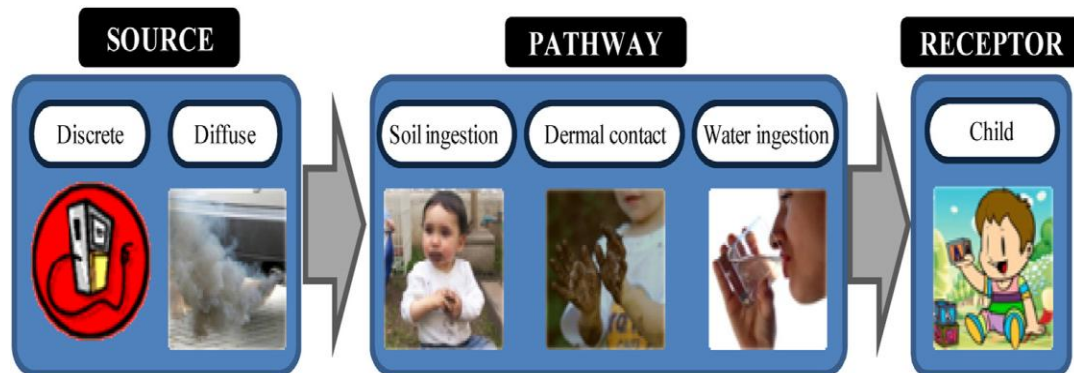
1. Mengidentifikasi populasi yang mungkin terkena paparan.
2. Mengidentifikasi kemungkinan jalur paparan.
3. Memperkirakan konsentrasi untuk populasi yang terkena paparan, dan
4. Memperkirakan sumber bahan kimia pencemar.

Dalam penilaian risiko langkah pertama yang dilakukan adalah mengevaluasi identitas dan sifat dari kontaminan, identifikasi potensi untuk rilis dari sumber, dan tingkat rilis ke sumber yaitu tanah atau air tanah. Mengidentifikasi bahaya termasuk melakukan sampling, instalasi pemantauan sumur, analisis kimia, menciptakan jaminan kualitas/rencana kontrol kualitas analisis dan menganalisis data. Kegiatan sampling dilakukan untuk mengetahui dan mendapatkan sampel yang akan diuji, menilai baik atau buruknya konsentrasi sampling dan untuk menilai distribusi kontaminan pada sumbernya. Berdasarkan sampling dan analisis, kumpulan data dikembangkan (dibagi menurut jenis media tanah, lumpur, air tanah serta air permukaan) untuk kemudian data dimasukkan kedalam model penilaian potensi eksposur. Identifikasi bahaya biasanya lebih fokus pada sumber potensi kontaminan yang memiliki risiko tinggi terhadap eksposur (Van Leeuwen et al., 1995).

Tujuan dari penilaian paparan adalah untuk menentukan konsentrasi organisme reseptor yang terkena kontaminan. Prosedur ini melibatkan dua langkah:

1. Menentukan konsentrasi kontaminan yang penduduknya terkena dampak, dan
2. Mengukur asupan kontaminan pada titik paparan.

Dalam beberapa kasus, dapat dilakukan pengukuran langsung dari paparan kontaminan, seperti dalam penilaian kondisi pelepasan paparan yang terkontaminasi. Selaian pengambilan sampel, penilaian paparan dapat berupa: (1) evaluasi paparan untuk masa yang akan datang dan analisis risiko untuk populasi yang berpotensi terkena dan (2) analisis potensi risiko dari suatu peristiwa yang belum terjadi misalnya, pada contoh kasus tumpahan limbah berbahaya dan beracun atau tumpahan minyak (Watts, 2003).



Gambar 2.5. Metodologi Sumber – jalur – penerima terhadap penilaian paparan yang terkontaminasi.

(Sumber: Pinedo, 2014)

Penilaian paparan merupakan suatu identifikasi bahaya dari suatu bahan senyawa kimi atau paparan dengan potensi membahayakan individu atau lingkungan. Memperhitungkan mulai dari sumber hingga responden yang terkena dampak atau yang menjadi acuan dalam penilaian risiko seperti yang tertera pada gambar 2.3 diatas, penilaian risiko dimulai dari identifikasi sumber, jalur paparan, hingga penilaian terhadap responden yang terpapar.

2.6. Analisis Pemajanan (Exposure Assessment)

Penelitian analisis risiko kali ini adalah mengukur jumlah konsentrasi paparan benzena yang masuk kedalam tubuh responden disekitar SPBU 'X' Yogyakarta, dihitung berdasarkan paparan oral atau meminum dan dermal atau paparan melalui kulit dengan menggunakan persamaan Dosis Asupan Harian yang Diterima (*ADI*) :

Setelah populasi reseptor di identifikasi, data terkait tentang perilaku populasi dikumpulkan, yaitu durasi paparan, frekuensi paparan, berat badan, dan kemungkinan demografi dimasa depan seperti kenaikan populasi atau penurunan popilasi.

Intake (*I*) yang diperkirakan menggunakan persamaan yang terdiri dari tiga jenis variabel yaitu:

1. Konsentrasi paparan terkait kontaminan,
2. Penduduk yang berpotensi terkena paparan, (tingkat kontak, frekuensi paparan, durasi, dan berat badan), dan
3. Penentuan penilaian (Rata-rata waktu).

Intake dalam hal ini akan sama dengan dosis yang masuk ketubuh organisme. Kebanyakan efek kesehatan dari racun yang disebabkan oleh perubahan lingkungan yang merugikan dalam struktur atau fungsi biologis molekul dalam organisme, yang menyebabkan terganggunya fungsi biokimia dan fisiologis. Kerusakan genetik pada sel-sel somatik yang dapat mengakibatkan kanker, dan kerusakan teratogenesis (cacat lahir).

Dosis Asupan Harian yang Diterima (ADI) adalah tingkat asupan harian dari zat beracun yang tidak menghasilkan efek kesehatan yang merugikan. NOAEL adalah nilai dosis tertinggi yang tidak menimbulkan efek kesehatan baik secara statistik atau biologis, tetapi tidak dianggap mutlak pada ambang batas fisiologis, yang didasarkan pada faktor-faktor keselamatan yang mencerminkan variasi dalam populasi. LOAEL merupakan dosis terendah yang secara statistik atau biologis masih menimbulkan dampak efek merugikan pada contoh hewan uji atau manusia (enHealth, 2002).

Risiko adalah bahaya yang terkena oleh paparan dengan konsentrasi bahan kimia rendah. Untuk mengukur potensi karsinogenesis menggunakan konsentrasi kontaminan rendah secara umum adalah biasanya memerlukan studi toksisitas kronis hewan uji yang terkena paparan kontaminasi dalam jumlah besar. Dosis dapat ditentukan secara eksperimental pada dosis tinggi, dan eksperimental data dosis tinggi ini dapat diekstrapolasi ke dosis yang lebih rendah terhadap populasi yang terkena paparan (IRLG, 1979).

$$\text{Untuk oral} \quad I = \frac{CW \times CR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

$$\text{Untuk dermal} \quad I = \frac{CW \times SA \times PC \times ET \times EF \times ED \times CF}{BW \times AT}$$

Untuk melakukan analisis risiko pajanan, kemudian dilakukan tahapan perhitungan intake (asupan) pajanan dengan memasukkan nilai-nilai variabel yang dibutuhkan dalam perhitungan. Untuk nilai data konsentrasi yang digunakan dalam perhitungan adalah besaran konsentrasi senyawa benzena yang telah didapatkan dari hasil sampling dan hasil preparasi di laboratorium. Intake (asupan) oral dan dermal yang dihitung berdasarkan kondisi pajanan realtime dan lifetime.

2.7. Analisis Risiko Nonkanker dan Kanker

2.7.1. Analisis Risiko Kesehatan Nonkanker Pajanan Benzena

Penentuan Risiko Nonkarsinogenik adalah suatu dampak terhadap pajanan dengan tidak memicu timbulnya penyakit kanker namun mempengaruhi sistem hematopoietik, susunan saraf pusat dan sistem reproduksi (Han, 2011)

Menurut Direktorat Jendral PP dan PL Kementrian Kesehatan tahun 2012 yang mengacu pada *International Program on Chemical Safety (IPCS, 2004)*, Dosis referensi (RfD) adalah dosis atau konsentrasi dari pajanan harian agen risiko nonkarsinogenik yang diestimasi tidak menimbulkan efek yang dapat mengganggu walaupun pajanannya terjadi sepanjang hayat atau seumur hidup. RfD juga adalah suatu peraturan parameter yang berbasis pada NOAELs, RfD digunakan oleh EPA menggantikan ADI yang terkadang menghasilkan nilai analisis pajanan yang lebih rendah untuk intake yang dapat diterima dalam hal ini adalah senyawa Benzena (Watts, 2014).

Konsentrasi referensi merupakan nilai RfD (*Reference Dose*) atau nilai referensi dosis untuk pajanan kontaminan yang masuk kedalam tubuh melalui oral, sumber paparan kontaminan adalah sumur penduduk yang terindikasi terhadap potensi pencemaran kandungan Benzena. Nilai RfD dalam penelitian ini

menggunakan dosis referensi untuk oral atau tertelan (RfC/RfD) yaang ditetapkan oleh US-EPA yaitu sebesar 4.0×10^{-3} ml/l/hari sedangkan nilai RfC untuk inhalasi adalah sebesar 3.0×10^{-2} mg/m³. Nilai RfD didapat berdasarkan penetapan US-EPA dan berdasarkan dari hasil penelitian Rothman et, al (US-EPA, 1996). Penelitian ini menggunakan nilai RfD yang telah menjadi indikator yang banyak digunakan dalam toksisitas kronis, dan telah ditetapkan untuk nilai oral dan inhalasi terhadap senyawa berbahaya paling umum, yaitu dengan nilai RfD (0,029) untuk senyawa Benzena (watts, 2014).

Nilai RfD (*Reference Dose*) 0,029 ini yang akan digunakan dalam perhitungan risiko kesehatan nonkanker akibat pajanan benzena dengan rumus sebagai berikut :

$$RQ_{\text{atau HI}} = \frac{I_{nk}}{RfD \text{ atau } RfC}$$

2.7.2. Analisis Risiko Kesehatan Kanker Pajanan Benzena

Karsinogen adalah zat radionuklida atau radiasi, yang merupakan agen langsung terlibat dalam menyebabkan kanker. Hal ini mungkin karena kemampuan untuk merusak genom atau ke gangguan proses metabolisme seluler (Darmin, 2013). Kanker adalah penyakit di mana sel-sel yang rusak tidak mengalami kematian sel terprogram (Ali, 2011). Karsinogen dapat meningkatkan risiko kanker dengan mengubah metabolisme seluler atau merusak DNA langsung di dalam sel, yang mengganggu proses biologi, dan mendorong sifat racun ganas yang tidak terkendali, pada akhirnya mengarah pada pembentukan tumor (Ali, 2011). Biasanya kerusakan DNA, jika terlalu berat untuk memperbaiki, menyebabkan kematian sel terprogram, tetapi jika jalur kematian sel diprogram rusak, maka sel tidak dapat mencegah diri dari menjadi sel kanker. Dioxin dan senyawa dioxin-seperti, benzene, kepone, EDB,

asbes, dan batuan limbah penambangan minyak shale semuanya telah diklasifikasikan sebagai karsinogenik (Ali, 2011).

Menurut Direktorat Jendral PP dan PL Kementrian Kesehatan tahun 2012 yang mengacu pada *International Program on Chemical Safety (IPCS, 2004)*, ECR (*Excess Cancer Risk*) atau ekses risiko kanker adalah besarnya risiko yang dinyatakan dalam bilangan pecahan kelipatan pangkat “-10” (eksponen) tanpa satuan yang merupakan perhitungan perbandingan antara intake dengan dosis atau konsentrasi referensi dari suatu agen risiko karsinogenik serta dapat juga diinterpretasikan sebagai dapat atau tidak dapat diterimanya suatu agen risiko terhadap organisme, sistim, atau sub atau populasi dan kelimpahan kasus kankernya (jumlah tambahan kasus kanker) dalam satuan populasi tertentu. Sedangkan untuk CSF (*Cancer Slope Faktor*) adalah dosis atau konsentrasi dari pajanan harian agen risiko karsinogenik yang diestimasi tidak menimbulkan efek yang mengganggu atau tidak menyebabkan terjadinya kanker walaupun pajanannya terjadi sepanjang hayat (seumur hidup).

Perkiraan risiko karsinogenik dihitung dengan total lama pajanan sepanjang hayat (lifetime). Dalam perhitungan risiko kanker, selain membutuhkan data pajanan sepanjang hayat juga membutuhkan nilai CSF (*Cancer Slope Factor*). Nilai CSF ini diturunkan dari nilai unit risk benzena melalui pajanan oral yang diterapkan oleh IRIS US-EPA, yaitu dengan besaran $1,54 \times 10^{-5}$ sampai dengan $5,45 \times 10^{-5}$ untuk setiap $1\mu\text{g/kg/hari}$ benzena, dengan kata lain dapat diartikan bahwa untuk setiap $1\mu\text{g/l/hari}$ benzena pada air tanah dan tertelan, dapat menyebabkan risiko kanker (ECR) sebesar 1,54 hingga 5,45 kasus per 1.000.000 populasi. Nilai CSF merupakan nilai yang tetap untuk setiap populasi, hanya ada perbedaan nilai unit risk pada setiap jalur paparan kontaminan yaitu pada jalur paparan inhalasi, air unit risk adalah sebesar $2,2 \times 10^{-6}$ - $7,8 \times 10^{-6}$.

Untuk menurunkan nilai CSF, digunakan dua nilai oral unit risk, yaitu $1,54 \times 10^{-5}$ dan $5,45 \times 10^{-5}$ untuk setiap konsentrasi benzena di air tanah $1\mu\text{g/l/hari}$. Nilai $1,54 \times 10^{-5}$ adalah untuk perkiraan risiko minimal, dan pada nilai $5,45 \times 10^{-5}$ adalah untuk perkiraan risiko over estimate, sehingga diperkirakan lebih dapat melindungi

responden terhadap paparan kontaminan. Nilai CSF yang digunakan adalah nilai yang diadopsi dari US-EPA dan berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh Rothman et, al (US-EPA, 1996) yaitu dengan nilai slope faktor pada senyawa bahan kimia umum untuk Benzena adalah 0,029 (watts, 2014).

Risiko kanker merupakan risiko untuk populasi tertentu yang digunakan dalam penelitian penentuan oral unit risk yang diambil oleh IRIS US-EPA, dan dapat ditentukan nilai Cancer Slope Factor (*CSF*) dengan rumus sebagai berikut:

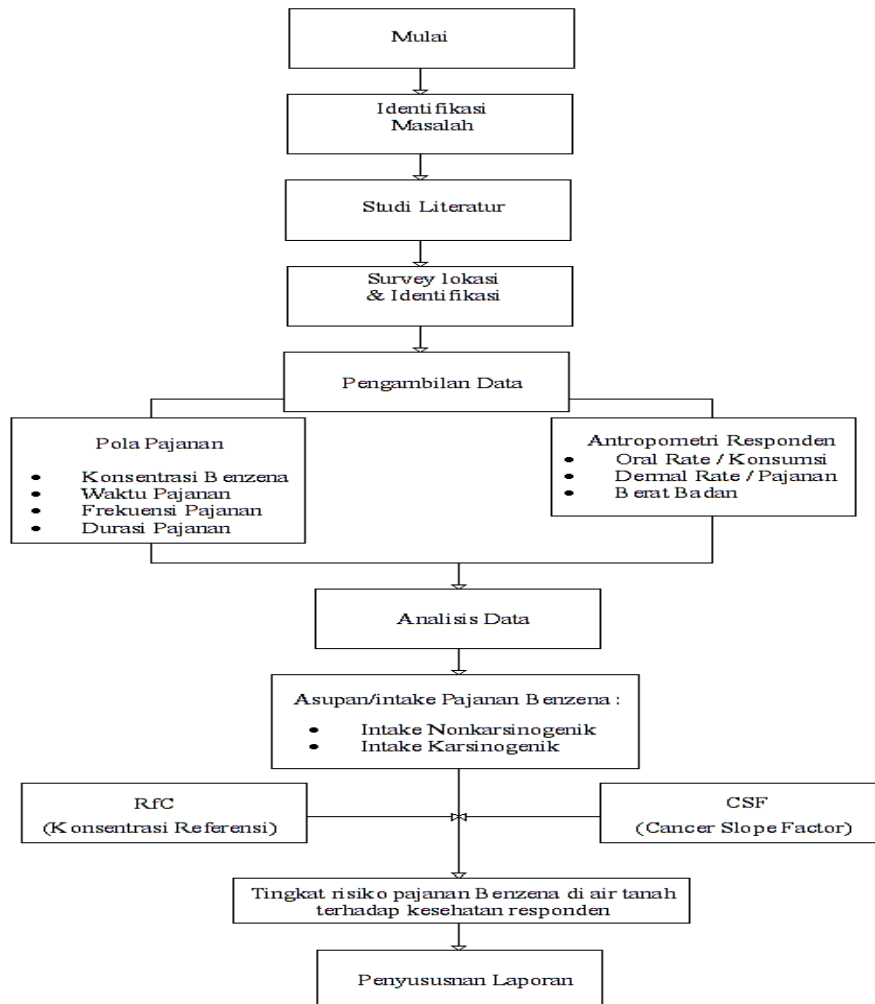
$$\left[ECR = I_k \times CSF \right]$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian tugas akhir ini dimodelkan dalam diagram alir berikut, pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian
(Sumber: ATSDR, 2007 dalam Salim, 2012)

Tahapan penelitian akan dimulai berdasarkan identifikasi masalah dilanjutkan dengan studi literatur dan tahapan survey kondisi lapangan untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan seperti data primer dan data sekunder sebagai penunjang analisis. Setelah semua data didapatkan kemudian melakukan analisis menggunakan metode ADI, kemudian menentukan tingkat risiko terhadap paparan yang di analisis.

3.2. Rangkuman Pengambilan Data

Berikut adalah penjelasan variabel data Intake Oral dan Dermal yang digunakan dalam perhitungan analisis risiko dengan menggunakan metode ADI dalam tabel dibawah ini:

No	Vriable	Definisi	Alat Ukur	Cara Ukur	Satuan
1.	Konsentrasi (C) Benzene di air tanah.	Potensi kandungan benzena terhadap air tanah di SPBU	• Sampling air tanah menggunakan alat bailer. • SPE (Solid Phase Extraction). • GC-MS (Gas Chromatography).	• Pengambilan sampel benzena di air tanah dilakukan dengan alat sederhana yaitu bailer dengan memasukkan alat kedalam sumur sampai botol penjerap penuh oleh air. • Hasil sampel dibawa ke laboratorium untuk dicari besaran konsentrasinya menggunakan SPE dan GC-MS.	mg/l
2.	Waktu Paparan (ET)	Jumlah jam responden terhadap pajanan benzena.	Perhitungan hasil kuesioner.	Kuesioner.	jam/hari
3.	Frekuensi Paparan (EF)	Jumlah hari responden terpajan benzena melalui oral dan dermal dalam satu tahun.	Perhitungan hasil kuesioner.	Kuesioner.	hari/tahun
4.	Durasi Paparan (ED)	Jumlah lamanya responden terpajan benzena melalui oral dan dermal dalam satu tahun.	Perhitungan hasil kuesioner.	Kuesioner.	Tahun

No	Vriable	Definisi	Alat Ukur	Cara Ukur	Satuan
5.	Laju Kontak (CR)	Jumlah lamanya pajanan benzena melalui oral dan dermal dalam satu hari.	Perhitungan hasil kuesioner.	Kuesioner.	l/jam
6.	Berat Badan (BW)	Jumlah massa tubuh responden.	Kuesioner dan alat timbang.	Penimbangan dan kuesioner.	kg
7.	Periode Waktu rata-rata (AT)	Waktu yang dihasilkan dari perkalian durasi frekuensi pajanan dengan durasi pajanan, untuk nonkanker 30 tahun dan untuk kanker 70 tahun.	Perhitungan.	Kalkulator.	hari/tahun
8.	Cancer Slope Factor (CSF)	Nilai estimasi kanker, yang diturunkan dari unit risk benzena di air tanah.	Kalkulator.	Perhitungan dan studi literatur.	Tidak ada satuan
9.	RfC (Konsentrasi Referensi Benzena)	NOAEL atau LOAEL benzena dari uji toksisitas kemudian diterapkan pada populasi penelitian dalam bentuk konsentrasi referensi oral dan dermal.	Kalkulator.	Literatur dan hasil perhitungan.	l/kg-hari

No	Vriable	Definisi	Alat Ukur	Cara Ukur	Satuan
10.	Risiko Nonkanker (RQ)	Perkiraan besaran risiko nonkanker yang menggambarkan kemungkinan timbulnya gangguan kesehatan yang disebabkan paparan benzena di air tanah, dihitung dengan perbandingan antara intake (nonkanker) dengan konsentrasi referensi.	Kalkulator.	Perhitungan.	$RQ > 1$ berarti beresiko, $RQ \leq 1$ berarti tidak beresiko.
11.	Risiko Kanker (ECR)	Perkiraan besar risiko kanker, dihitung dengan intake benzena (kanker) % nilai estimasi kanker (Cancer Slope Factor)	Kalkulator.	Perhitungan.	Perkiraan jumlah kasus per populasi

Berdasarkan tabel diatas bahwa setiap variabel data yang dibutuhkan untuk perhitungan analisis risiko diperoleh berdasarkan data-data antropometri yang didapat secara langsung dari masyarakat disekitar SPBU yang berpotensi terhadap pencemaran Benzena di air tanah berdasarkan hasil wawancara dan kuesioner lapangan. Sedangkan untuk variabel data lain seperti CSF, RFC, RQ dan ECR merupakan suatu ketetapan berdasarkan literatur yang diperoleh.

3.3. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah kawasan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) “X” Daerah Istimewa Yogyakarta yang berpotensi terhadap kandungan pencemaran BTEX akibat dari kasus kebocoran tangki penyimpanan bahan bakar pada tahun 1999, yang mengakibatkan air sumur masyarakat di sekitar SPBU tercemar (Muryani, 2010). Penelitian kali ini dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya, dengan hasil penelitian bahwa diketahui pada lokasi penelitian masih dianggap berpotensi pengendapan kandungan produk bahan bakar minyak berupa bensin yaitu dengan rentang jarak radius 100-400m dari titik SPBU meliputi daerah penelitian yaitu daerah utara, selatan, barat dan timur (Audrey, 2016).

Pengambilan sampel air tanah bertujuan untuk menentukan konsentrasi potensi paparan benzena pada sumur-sumur warga yang dilakukan di daerah kawasan padat penduduk daerah SPBU ‘X’ dengan jumlah 10 titik sumur sampling, kemudian diklasifikasikan menjadi 3 titik sumur sampling tepat disebalah selatan SPBU sesuai dengan arah aliran kebocoran tangki minyak bawah tanah. Pengambilan jumlah titik sampling berdasarkan pada hasil observasi lingkungan SPBU dan lingkungan kawasan penduduk dengan jarak radius 1 km kemudian di screening menjadi radius 400 m.

3.4. Subjek dan Objek Penelitian

Subjek penelitian adalah besaran konsentrasi paparan kontaminan terhadap kandungan BTEX pada air tanah di sekitar kawasan penelitian SPBU ‘X’.

Objek penelitian adalah data yang diperoleh dari responden yang terkena potensi paparan benzena dari kebocoran SPBU yaitu berupa data observasi sumur dan kuesioner yang berisikan antara lain:

1. Data antropometri: umur, jenis kelamin, berat badan, lama tinggal, data pola aktivitas responden.

2. Kebiasaan konsumsi air: jumlah konsumsi air, peruntukan penggunaan air, lama konsumsi, sumber air yang digunakan, lama paparan dan data kebiasaan penduduk dalam penggunaan air sehari-hari.

3.5. Variabel Penelitian

Data-data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari hasil observasi, hasil wawancara yang berupa kuesioner dan hasil sampling konsentrasi air tanah yang dilakukan di lokasi penelitian. Sedangkan data sekunder merupakan data-data pendukung penelitian dan data standard yang dibutuhkan dalam penelitian analisis risiko.

a. Variabel Bebas Meliputi:

Berupa data observasi dan data kuesioner yang ditujukan kepada masyarakat dilokasi penelitian:

- **Data Kuesioner**

Kuesioner adalah suatu teknik pengumpulan data dan informasi dengan pertanyaan logis berhubungan dengan kebutuhan penelitian seperti data antropometri (umur, jenis kelamin, berat badan), lama tinggal, jumlah konsumsi, lama konsumsi, lama tinggal, lama paparan, sumber air yang digunakan, dan data-data kebiasaan penduduk dalam penggunaan air sehari-hari. Daftar pertanyaan dibuat terperinci dan lengkap untuk memperoleh data dan informasi yang sesuai dengan keadaan dilapangan sebagai penunjang penelitian.

- **Data Observasi**

Data observasi merupakan data penunjang untuk penentuan titik sampling dalam penelitian, yaitu berupa wawancara dan pengamatan langsung dilapangan sehingga dapat ditentukan dan diperoleh data kondisi sumur, kedalaman sumur, tahun pembuatan, jenis sumur, dan kondisi kualitas air sumur. Data observasi sumur dan

pengambilan sampel air tanah mengacu pada lampiran b SNI 6989.58:2008 Tentang Metode Pengambilan Contoh Air Tanah.

b. Variabel Terikat Meliputi:

- Lokasi pengambilan sampel air tanah.
- Analisis konsentrasi senyawa Benzena pada sampel air tanah.
- Analisis risiko kesehatan masyarakat terhadap potensi paparan Benzena terhadap air tanah yang dikonsumsi penduduk di sekitar SPBU penelitian.

3.6. Pengambilan Sampel Air Tanah

Proses sampling dilaksanakan pada pukul 09.00 – 16.00 WIB. Pengambilan sampel air tanah dilakukan dengan penggunaan alat bailer modifikasi dengan pembuatan alat menggunakan pipa paralon 400ml dengan pengukuran yang disesuaikan agar volume sampel air tanah dapat sesuai dengan volume botol sampel kemudian pada bailer modifikasi diberi pemberat pada bagian bawah pipa bertujuan agar bailer dapat mencapai bagian dasar sumur dengan sempurna. Pengambilan sampel air sumur yaitu dengan mencampurkan bagian dasar, bagian tengah dan bagian atas permukaan air sumur karena dianggap disetiap bagian air sumur dapat mewakili potensi pencemaran air tanah. Kemudian dimasukkan dalam botol kaca 1 liter. Botol yang disiapkan dengan penutup plastik berwarna gelap ditujukan untuk mencegah sinar matahari terpapar langsung ke dalam botol sampel dan kemudian disimpan didalam icebox untuk menghindari suhu tinggi agar potensi kadar BTEX dalam sampel air sumur tidak menguap.

Pada saat pengambilan sampel air tanah beberapa hal pengukuran juga dilakukan diantaranya adalah pengukuran temperatur suhu air menggunakan termometer, kemudian pengukuran kadar oksigen dalam air atau DO menggunakan alat ukur DO meter, kemudian mengukur tingkat keasaman air PH menggunakan alat ukur kertas PH meter universal, dan GPS digunakan sebagai pengukuran koordinat dan elevasi lokasi sampling.

Berikut adalah gambar alat-alat yang digunakan dalam pengambilan sampel air tanah dilokasi penelitian:



Gambar 3.2. Alat-alat Pengambilan Sampel Air Tanah. (a) *Bailer Modifikasi*, (b) *GPS*, (c) *DO meter*, (d) *Thermometer*, (e) *Wadah sampe 1 liter*, (f) *proses pengambilan sampel air sumur*.

(Sumber: Dokumentasi)

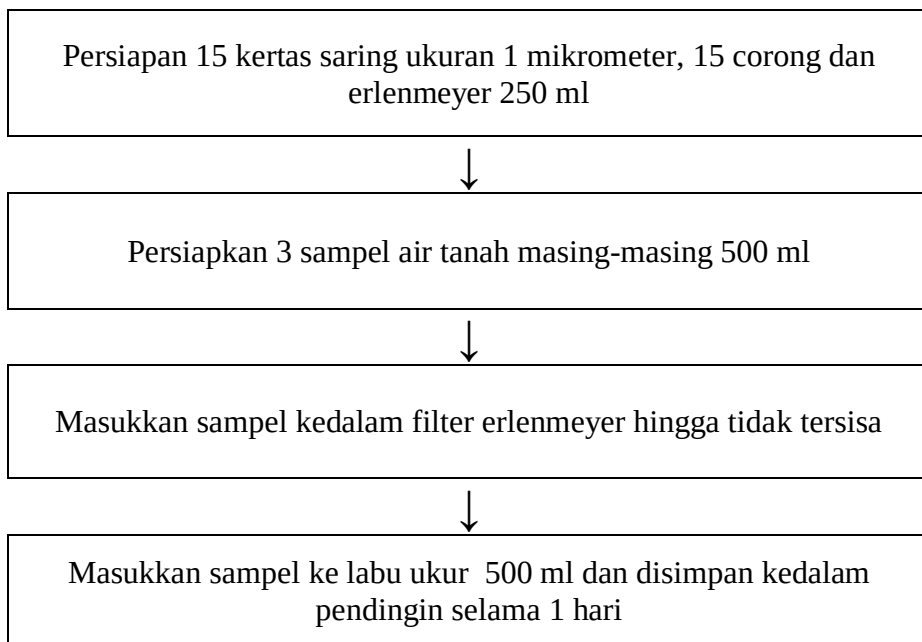
Gambar diatas merupakan alat-alat pengambilan sampel air tanah yang dilakukan dilokasi penelitian, dengan setiap titik pengambilan sampel data yang diambil menggunakan alat dan cara pengambilan sampel yang sama.

3.7. Analisis Laboratorium

3.7.1. Persiapan Sampel

Setalah sampel air tanah diambil dari masing-masing lokasi titik sampling yang telah ditentukan, kemudian dilakukan persiapan penyaringan sampel atau air sumur dengan menggunakan kertas filter berukuran 1 mikrometer, corong dan labu erlenmeyer 250ml.

Langkah-langkah dalam persiapan filtering sampel adalah sebagai berikut:



Berikut adalah gambaran proses filtering yang dilakukan di laboratorium dengan jumlah 3 sampel air tanah dalam labu 500ml:



a.

b.

Gambar 3.3. Alat-alat Filter Sampel Air Tanah. (a) Kertas filter, corong dan erlenmeyer 250ml (b) Labu ukur 500 ml wadah sampel air tanah setelah filtering.

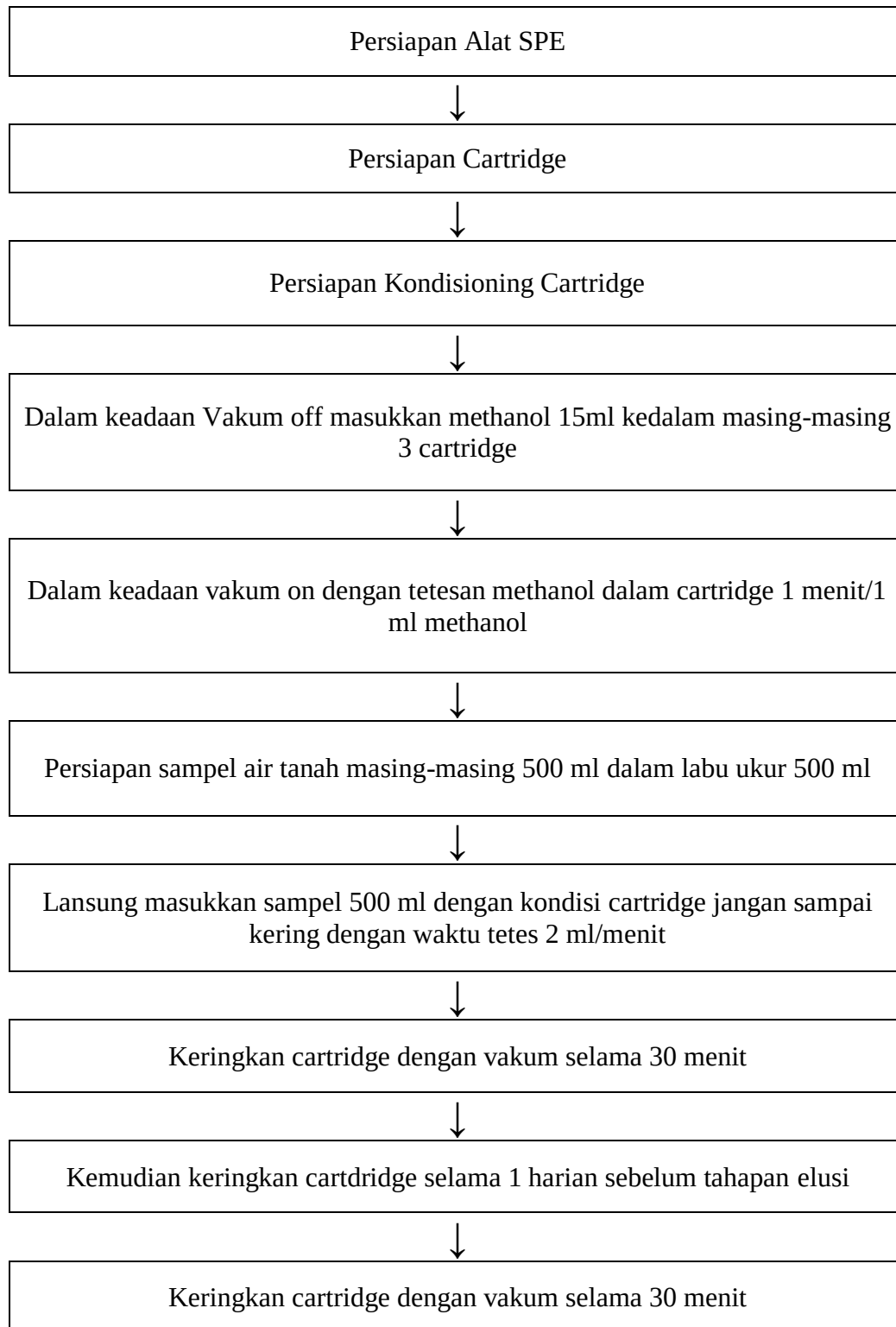
(Sumber: Dokumentasi)

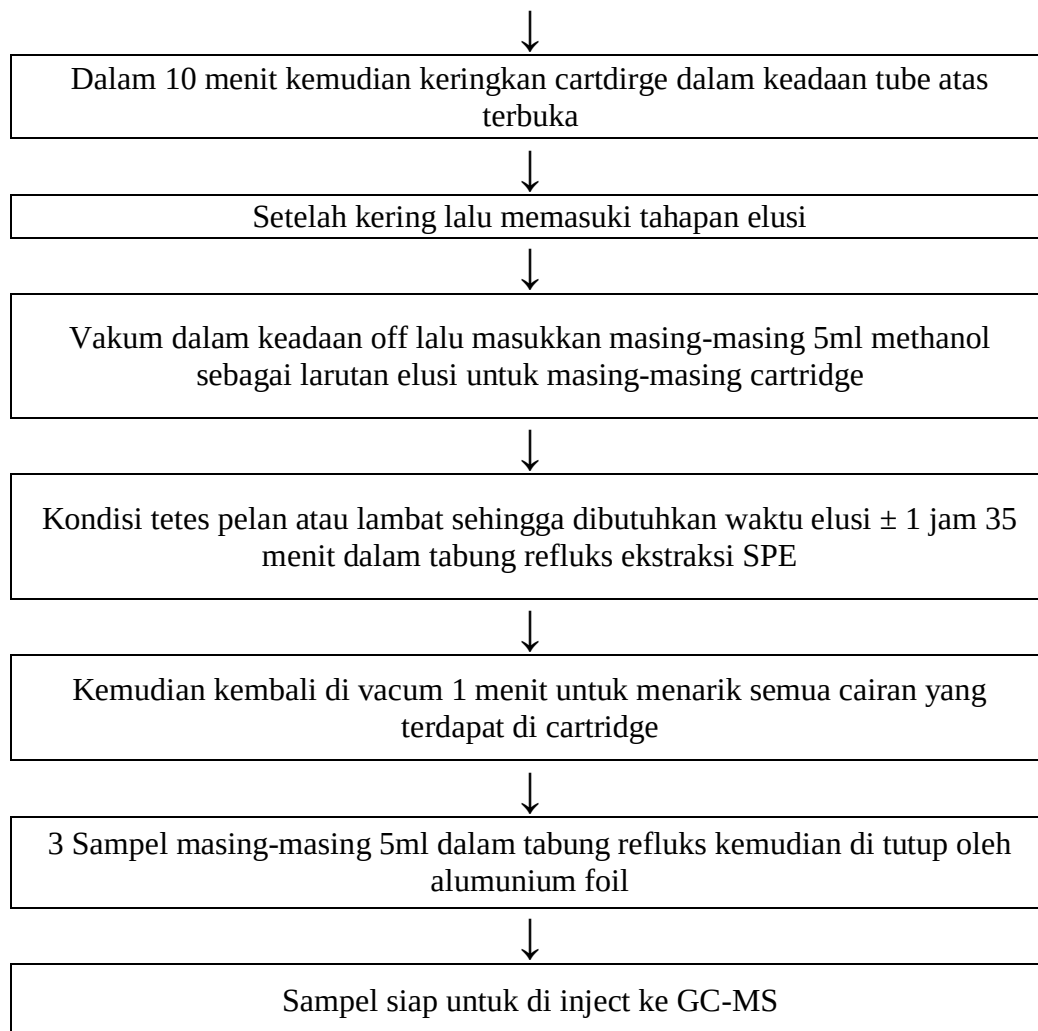
Gambar diatas merupakan proses filtering sampel air tanah dengan total sampel air tanah adalah 500ml per sampel kemudian difilter menggunakan kertas filter dengan tujuan agar zat pengganggu atau kotoran yang terdapat pada sampel air tanah dapat tersaring oleh kertas filter.

3.7.2. Solid Phase Extraction (SPE)

Tahapan ekstraksi berikut mengacu pada penelitian (Filho et al., 2013) dengan penggunaan jenis alat adalah SPME 85 μ m PDMS fiber (Supelco, Bellefonte, PA, USA), cartridge C18, 6ml, dan 1,0 sorbent. Pada penelitian analisis risiko kali ini SPE yang digunakan adalah jenis SPE Sepalco Visiprep TM DL dengan sistem operasional menggunakan vakum dan menggunakan kolom cartridge Supelclean C18 505471, kapasitas kolom 6ml, kapasitas sorben 1g, larutan pengiring yang ditambahkan adalah methanol.

Dengan tahapan ekstraksi sebagai berikut :





Berikut adalah gambaran tahapan kerja SPE Sepalco Visiprep TM DL mulai dari proses load sampel hingga pada tahap elusi di laboratorium:



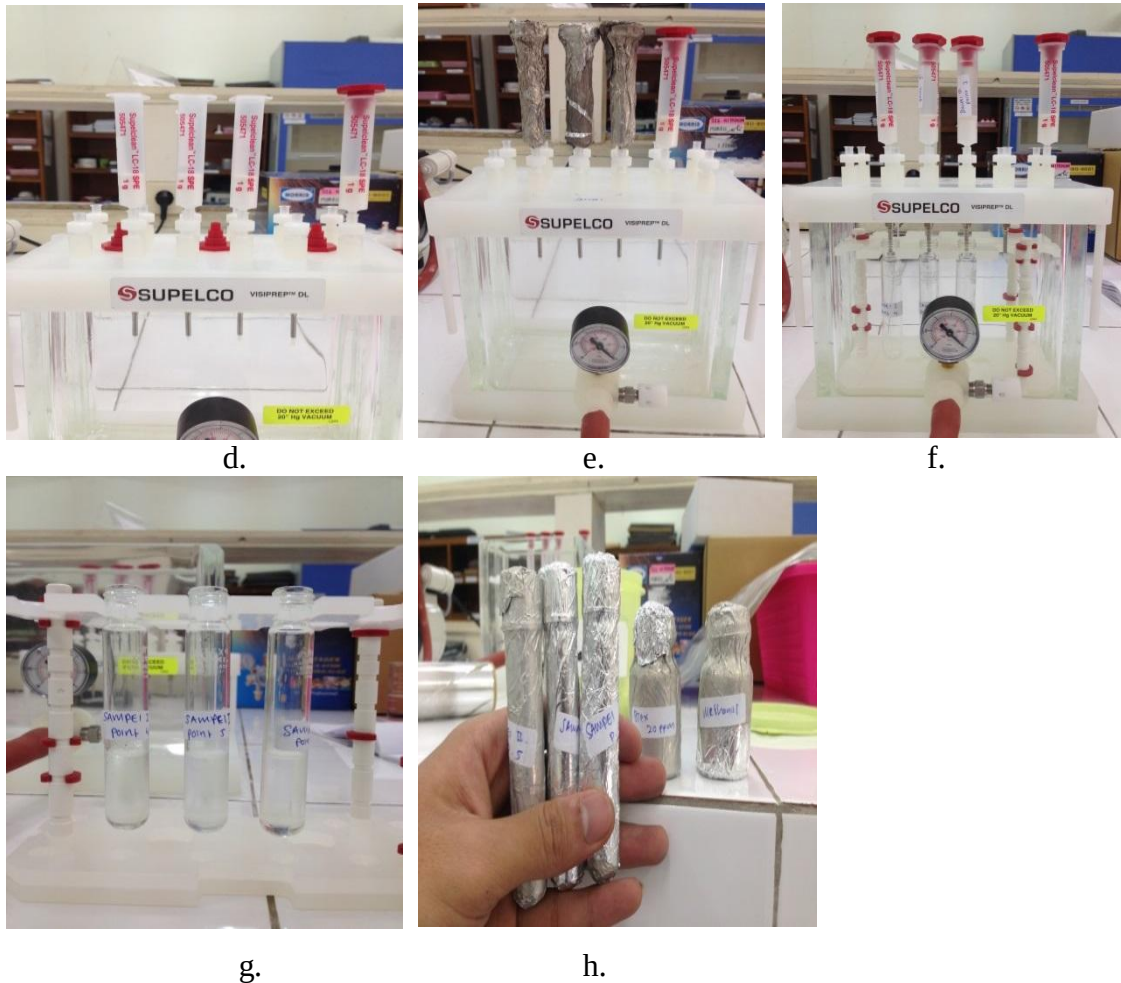
a.



b.



c.



Gambar 3.4. Alat-alat Kondisioning, Loading dan Elusi Sampel Air Tanah. (a) Jenis cartridge yang digunakan (b) Kondisioning, (c) Ekstraksi sampel, (d) Pengeringan vakum, (e) Pengeringan 1 hari, (f) Tahap elusi, (g) Hasil elusi di tabung refluks, (h) Sampel siap inject ke GC-MS

(Sumber: Dokumentasi)

Gambar diatas merupakan tahapan ekstraksi sampel menggunakan SPE Sepalco Visiprep TM DL dilaboratorium untuk kemudian hasil dari elusi sampel siap untuk di injeksi ke GC-MS untuk dapat menganalisis besaran konsentrasi dan deteksi senyawa yang terdapat pada sampel analis.

3.7.3. Gass Chromatographi dan Mass Spektrometri (GC-MS)

1. Larutan Standard Konsentrasi 40ppm dengan Metode Scan Mode.

Dalam penelitian kali ini larutan standard yang digunakan adalah larutan yang tersertifikasi analisis oleh Supelco yaitu HC BTEX Mix, 1x1ml, konsentrasi 2000µg/ml dalam methanol.

Untuk hasil identifikasi peak pada senyawa Benzena, maka larutan dengan konsentrasi tinggi yaitu 40ppm kemudian diinjeksikan ke GC-MS yang mengacu pada metode analisis hidrokarbon dengan sedikit modifikasi resep metode yang digunakan (Surya, 2016). Kondisi GC-MS terlampir.

2. Guna Kalibrasi Data Menggunakan Larutan Standard 40ppm SIM MODE.

Untuk mendapatkan hasil data kurva kalibrasi, maka 6 larutan standard selanjutnya diinjek ke GC-MS untuk dapat diketahui tingkat batas deteksi. Dengan beberapa kali pengenceran berupa stok konsentrasi 40ppm dengan hasil pengenceran yaitu pada konsentrasi 20ppm hingga 100ppb atau 0,1 ppm. Semua larutan standard kemudian diinjek ke GC-MS untuk diketahui hasil senyawa dan besaran peak yang terdeteksi.

3.7.3.1. Kondisi GC-MS

Analisis menggunakan GC-MS Shimadzu dengan kolom RTX-5MS. Untuk kondisioning dan resep yang digunakan yaitu dengan metode analisis GC-MS sebagai berikut:

- Kolom : RTX-5MS, mengikuti milik Laboratorium Terpadu UII
- Injection temperature : 200°C
- Oven temperature : 35°C (hold 10 menit) naik dengan 2°C/menit menuju 60°C (hold selama 2 menit) kemudian naik 5°C/menit menuju 300°C (hold selama 20menit)
- Ion source temperature : 200°C
- Interface temperature 230°C

- m/z : terlampir sesuai dengan m/z dari BTEX yang terdeteksi yaitu untuk Benzena: 78, Toluene: 92, Ethylbenzene: 106, p-xylene: 106, o-xylene: 106, m-xylene: 106.
- Carrier gas : Helium 1ml/menit.

Berikut adalah gambar instrumen GCMS Laboratorium Terpadu UII yang digunakan dalam penelitian:



Gambar 3.5. Instrumen Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS) Shimadzu.
(Sumber: Dokumentasi)

3.8. ADI (*Acceptable Daily Intake*)

Konsentrasi asupan kontaminan dapat diperkirakan dengan menggunakan mean paparan kontaminan dalam hubungannya dengan variabel populasi terpapar dan variabel penilaian yang ditentukan. Intake air minum yang terkontaminasi paparan merupakan kajian yang paling umum. Asupan untuk paparan kontaminan yang ditularkan melalui menelan air (*oral*) adalah oleh persamaan berikut:

$$I = \frac{CW \times CR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

Dimana:

CW = Konsentrasi kontaminan dalam air (mg/l)

CR = Laju kontak (liter/jam) 50 l/jam

ET = Waktu paparan (jam/event), jalur media spesifik

EF = Frekuensi paparan, rerata 7 h/tahun

ED = Durasi paparan (tahun), 30 th/tempat tinggal untuk 95 persentil, dan 9 tahun/tempat tinggal bagi 50 persentil.

BW = Berat badan (kg), 70 kg untuk orang dewasa

AT = Rerata waktu (hari), 365 h/tahun x 70 th, jalur spesifik.

Asupan untuk paparan kontaminan yang ditularkan melalui kulit (dermal) adalah oleh persamaan berikut:

$$I = \frac{CW \times SA \times PC \times ET \times EF \times ED \times CF}{BW \times AT}$$

Dimana:

CW = Konsentrasi kontaminan dalam air (mg/l)

SA = Skin Surface Contact Area (cm²)

PC = Dermal Permeability Constan (cm/jam), 0,11

ET = Waktu paparan (jam/event), jalur media spesifik

EF = Frekuensi paparan, rerata 7 h/tahun

- ED = Durasi paparan (tahun), 30 th/tempat tinggal untuk 95 persentil, dan 9 tahun/tempat tinggal bagi 50 persentil.
- CF = Faktor Konversi Volumetrik untuk Air, (1liter/1000m3)
- BW = Berat badan (kg), 70 kg untuk orang dewasa
- AT = Rerata waktu (hari), 365 h/tahun x 70 th, jalur spesifik.

Perhitungan Intake dilakukan satu persatu tergantung pada jalur/medium pajanan berbeda. Namun pada akhirnya semua pajanan harus ditentukan, dan dijumlahkan.

3.9. Metode Penentuan Risiko Nonkarsinogenik.

Risiko non karsinogenik diperoleh dari indeks bahaya (HI), yang merupakan rasio dari asupan harian kronis dengan RFD:

$$HI = \frac{I}{RfD}$$

Dimana :

HI = Indeks Bahaya

I = Asupan (mg/kg)

Rfd = Dosis Referensi, 0,029

Jika indeks bahaya adalah <1.0, maka reseptor yang terkena konsentrasi tidak menimbulkan bahaya karena adanya detoksifikasi dan mekanisme lainnya sehingga mencegah efek toksik yang berasal dari paparan kontaminan. Nilai kuantitatif yang diperoleh dari HI bukanlah nilai risiko, berarti hal ini tidak menunjukkan probabilitas yang buruk sebagai akibat dari exposure. Indeks bahaya hanya memberikan indikasi

adanya kemungkinan atau tidak adanya efek dari paparan noncarcinogens (Han, 2011).

3.10. Metode Penentuan Risiko Karsinogenik

Risiko karsinogenik adalah fungsi dari asupan harian kronis, dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Risk} = \text{CDI} \times \text{SF}$$

Dimana:

Risk = Probabilitas risiko karsinogenik

SF = Faktor kemiringan karsinogenik, 0,029

CDI = Asupan harian kronis (mg/kg), Intake

Nilai untuk risiko adalah titik kuantitatif akhir yang ditentukan dalam perhitungan penilaian risiko. Seperti noncarcinogens, istilah risiko dihitung untuk setiap kontaminan, setiap rute paparan, dan untuk semua set reseptor populasi, setiap elemen risiko kemudian dijumlahkan untuk memberikan nilai risiko kumulatif.

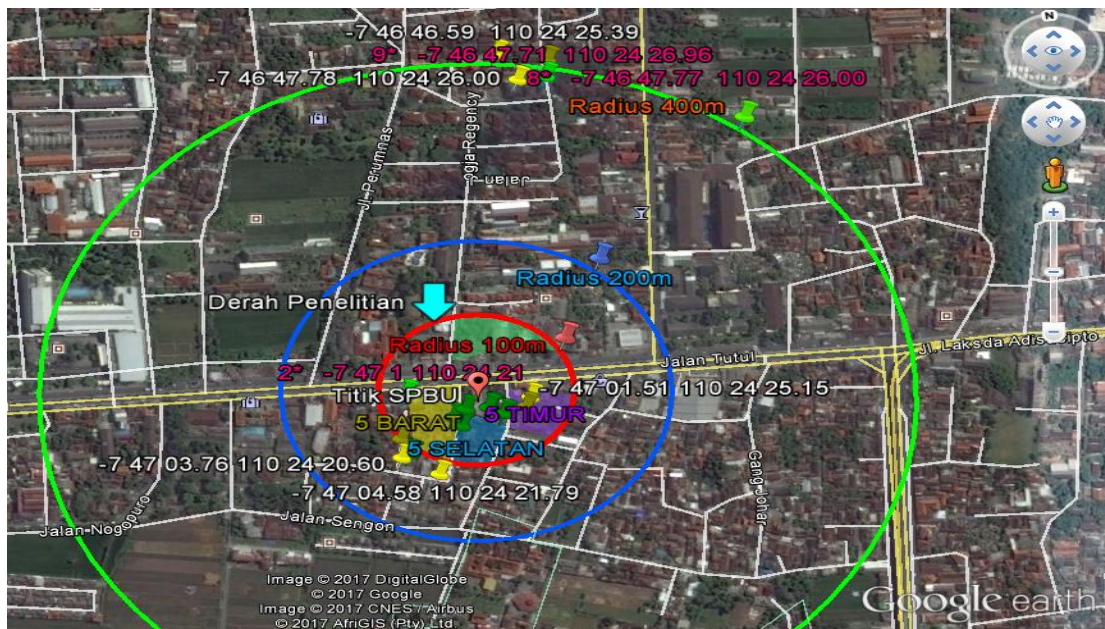
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

SPBU 'X' terletak di Jalan Laksda Adisucipto Daerah Istimewa Yogyakarta. Sebelah selatan, barat dan timur SPBU langsung berbatasan dengan pemukiman padat penduduk berupa pekarangan perumahan dan pertokoan, sebelah utara SPBU adalah pemukiman perumahan elit serta beberapa universitas. Pada umumnya masyarakat disekitar SPBU 'X' mengandalkan air sumur untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari yaitu kebutuhan minum, pencucian, memasak, mandi dan kebutuhan lain yang berkaitan dengan penggunaan air sumur.

Berikut adalah gambaran lokasi penelitian SPBU 'X' Daerah Istimewa Yogyakarta:



Gambar 4.1. Gambaran Lokasi Penelitian.

(Sumber: Google Earth 2016)

Gambar diatas menunjukkan titik lokasi penelitian dengan hasil screening radius dari 1km hingga akhirnya mencapai titik radius 400m dengan total 3 titik sampling ke arah selatan SPBU 'X' dengan gambar dan titik koordinat sesuai dengan google earth dan alat GPS yang digunakan.

4.2. Data Hasil Observasi Lapangan

4.2.1. Data Hasil Observasi Sumur Responden

Wawancara dibagi menjadi empat daerah penelitian, dengan jarak total penelitian adalah radius 100-400m dari titik SPBU, yaitu pada masing-masing bagian daerah sampel penelitian yaitu: 5 daerah Barat, 5 daerah Selatan, 5 daerah Utara dan 3 pada daerah Timur. Terdapat perbedaan pembagian jumlah data pada daerah Timur dikarenakan kondisi masyarakat pada umumnya sudah menggunakan jenis sumur bor dan PDAM sebagai kebutuhan penggunaan air sehari-hari.

4.2.1.1. Hasil Observasi Sumur Responden Bagian Selatan

Hasil observasi sumur bagian selatan SPBU dengan jarak radius 100-400m dari titik SPBU, titik minimal pengambilan data sumur yaitu pada jarak 38m dan maksimal pada jarak 67m dari titik SPBU. Berikut adalah data hasil observasi sumur bagian selatan SPBU:

Tabel 4.1. Data Observasi Sumur Bagian Selatan SPBU

	Sumur 1	Sumur 2	Sumur 3
Koordinat	7°47'01.84"S 110°24'23.70"T	7°47'01.80"S 110°24'23.77"T	7°47'02.54"S 110°24'22.72"T
Elevasi Tanah	128 mdpl	128 mdpl	128 mdpl
Jenis Sumur	Gali	Gali	Gali
Konstruksi	Buis Beton	Buis Beton	Buis Beton
Tahun Pembuatan	1996	2011	1979
Jarak dari SPBU	40 meter	38 meter	67 meter

	Sumur 1	Sumur 2	Sumur 3
Ukuran Sumur (meter)			
H (Kedalaman Sumur)	12	10	9
h (Tinggi Sumur)	1,5	0	1
p (Muka Air Tanah)	4	3	4
D (Diameter Sumur)	1	0,8	1,5

Data tabel diatas menjelaskan hasil obesrvasi sumur bagian selatan SPBU yang mengacu pada lampiran b SNI 6989.58:2008 Tentang Metode Pengambilan Contoh Air Tanah. Sehingga hasil data yang diperoleh merupakan data penunjang dalam sampling air tanah dan kemudian sampel air tanah tersebut dianalisis sebagai data penunjang dalam analisis risiko kesehatan.

4.2.2. Data Hasil Wawancara

Berdasarkan hasil data kuesioner berupa wawancara terhadap identitas antropometri dan sosio-demografi responden, keseluruhan hasil wawancara yaitu berjumlah 10 kepala keluarga dengan total 26 responden dengan variasi responden rata-rata berjumlah dua sampai dengan tiga orang dalam satu keluarga, sehingga didapatkan hasil wawancara sebagai berikut:

Tabel 4.2. Hasil wawancara karakteristik antropometri dan sosio-demografi responden.

Kepala Keluarga	No Responden	Usia (tahun)	Berat Badan (kg)
1	1	41	69
	2	30	48
	3	5	15
2	4	43	69
	5	33	48

	No Responden	Usia (tahun)	Berat Badan (kg)
	6	5	15
	7	75	51
3	8	45	60
	9	48	70
	10	6	18
4	11	66	70
5	12	68	56
	13	71	60
6	14	40	56
	15	38	60
	16	8	33
7	17	63	56
	18	63	55
8	19	61	56
	20	38	65
9	21	63	65
	22	50	59
	23	71	43
10	24	53	58
	25	46	75
	26	18	70
Min		5	15
Max		75	75
Mean		43,85	53,84
Median		45,5	57
Varian		512,26	281,89
Standart Deviasi (SD)		22,633	16,78

Tabel diatas merupakan data hasil wawancara dengan total awal 26 responden kemudian diambil data berupa usia responden dan berat badan responden untuk kemudian diklasifikasikan sebagai data analisis risiko kesehatan.

4.2.2.1. Usia Responden

Usia responden didapat berdasarkan perhitungan hasil kuesioner dan wawancara terhadap hasil skoring 10 kepala keluarga dengan total keseluruhan 26 responden, dengan satu satuan tahun. Usia responden dihitung berdasarkan dari tahun kelahiran sampai tahun saat penelitian dilakukan.

Dari hasil data wawancara lapangan berdasarkan kuesioner dan observasi lapangan, maka penulis mengklasifikasikan usia responden berdasarkan golongan usia sesuai dengan data Kategori Umur Menurut DEPKES RI 2009. Klasifikasi Kategori Umur Menurut DEPKES RI 2009 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3. Kategori Umur Menurut Depkes RI 2009

KATEGORI	UMUR
Balita	0 - 5
Anak-anak	5 - 11
Remaja Awal	12 - 16
Remaja Akhir	17 - 25
Dewasa Awal	26 - 35
Dewasa Akhir	36 - 45
Lansia Awal	46 - 55
Lansia Akhir	56 - 65
Manula	65 - Sampai lebih

Sumber: Depkes RI, 2009

Tabel diatas merupakan Hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas, 2007) dan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.75 Tahun 2013, dengan ketentuan golongan usia yaitu anak-anak (5-11) tahun, remaja (12-25), dewasa (26-45) tahun dan lansia (46-65) tahun dan kemudian perhitungan risiko kesehatan mengacu pada kategori umur diatas.

4.2.2.2. Berat Badan Responden (BB)

Berat badan (BB) responden didapatkan berdasarkan perhitungan hasil kuesioner dan wawancara terhadap hasil skoring 10 kepala keluarga dengan total keseluruhan 26 responden dengan satuan kilogram (kg). Hasil data berat badan dihitung berdasarkan data terakhir berat badan yang telah diukur sebelumnya. Adapun data distribusi berat badan responden diwilayah penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4. Distribusi Berat Badan Responden.

Berat Badan (kg)	Frekuensi (f)	Nilai Tengah (m)	f.m	Frekuensi Kumulatif (fk)
5 - 15	2	10	20	2
16 - 25	1	20	20	3
26 - 35	1	30	30	4
36 - 45	1	40	40	5
46 - 55	4	50	200	9
56 - 65	11	60	660	20
66 - 75	6	70	420	26
Total	26		1390	
Minimal		15		
Maksimal		75		
Mean		53		
Median		59		

Variabel berat badan responden diukur berdasarkan hasil pengukuran dengan menggunakan timbangan berat badan dan pengukuran sebelumnya. Diketahui bahwa berat badan rata-rata responden adalah 53 Kg dengan berat minimal 15 kg dan berat maksimal 75 kg. Dari data diatas, nilai berat badan responden atau orang dapat kemudian digolongkan berdasarkan golongan usia sesuai dengan data hasil Riset

Kesehatan Dasar (Riskesdas, 2007) dan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.75 Tahun 2013, yaitu seperti tertera pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.5. Distribusi Rincian Nilai Berat Badan Responden Sesuai Golongan Usia.

Golongan	Usia (tahun)	Berat Badan (kg)	Nilai Max BB (kg)	Frekuensi (f)	Nilai Tengah (m)	f.m	Frekuensi Kumulatif (fk)	Min	Max	Mean
Anak-anak	5 - 11	19 - 34	34	1	26	26	1	19	34	26
Remaja	12 - 25	34 - 60	60	14	47	658	15	34	60	47
Dewasa	26 - 45	60 - 62	62	3	61	183	18	60	62	61
Lansia	46 - 65	62 - 60	62	3	61	183	21	60	62	61

Data tabel diatas mendeskripsikan perolehan rata-rata nilai berat badan responden berdasarkan golongan usia adalah anak-anak (26 kg), remaja (47 kg), dewasa (61 kg), dan lansia (61 kg). Sehingga diperoleh data total nilai berat badan responden secara klasifikasi data guna nilai datanya kemudian dimasukkan kedalam rumusan dalam penilaian potensi risiko kesehatan sesuai dengan analisis golongan usia.

4.2.2.3. Durasi Paparan Responden (ED)

Lama tinggal atau durasi paparan (ED) responden dengan satuan tahun didapatkan berdasarkan perhitungan hasil kuesioner dan wawancara terhadap hasil skoring 26 responden. Besarnya durasi paparan dihitung semenjak waktu responden mulai mengkonsumsi air tanah sampai dengan saat penelitian dilakukan yaitu sampai bulan desember 2016.

Dari hasil analisis didapat lama tinggal atau durasi pajanan responden rata-rata adalah 27 tahun. Data minimal durasi pajanan atau lama tinggal adalah 5 tahun dan maksimal 56 tahun. Sehingga dibutuhkan nilai lama tinggal atau durasi pajanan (ED) rata-rata yang lebih terperinci agar mendapatkan hasil data nilai durasi pajanan responden sesuai dengan golongan usia dengan data tabel dibawah ini:

Tabel 4.6. Distribusi Rincian Nilai Durasi Pajanan Responden Sesuai Golongan Usia.

Golongan	Usia (tahun)	Lama Tinggal (tahun)	Frekuensi (f)	Nilai Tengah (m)	f.m	Frekuensi Kumulatif (fk)	Min	Max	Mean
Anak-anak	5 - 11	5 - 11	5	8	40	5	5	11	8
Remaja	12 - 25	12 - 25	11	18	198	16	12	25	18
Dewasa	26 - 45	26 - 45	6	35	210	22	26	45	35
Lansia	46 - 65	46 - 65	4	55	220	26	46	65	55
Total			26		668				

Data tabel diatas mendeskripsikan perolehan rata-rata nilai durasi pajanan responden berdasarkan golongan usia yaitu anak-anak (8 tahun), remaja (18 tahun), dewasa (35 tahun), dan lansia (55 tahun). Sehingga diperoleh data total nilai durasi pajanan responden secara klasifikasi guna nilai datanya kemudian dimasukkan kedalam rumusan dalam penilaian potensi risiko kesehatan sesuai dengan analisis golongan usia.

4.2.2.4. Waktu Pajanan Responden (ET)

Waktu pajanan atau lama paparan responden terkena potensi pencemar didapatkan berdasarkan perhitungan hasil kuesioner dan wawancara terhadap hasil skoring 26 responden dengan satuan hari. Lamanya responden terpapar oleh potensi

pencemaran kandungan BTEX pada air tanah yang digunakan adalah 1hari untuk pajanan oral (Menelan) dan 0,2 hari untuk pajanan dermal, diasumsikan responden menggunakan air untuk kebutuhan mandi hanya dalam waktu 5 menit per hari. Sehingga waktu pajanan yang diperoleh adalah 0,2 hari, dengan demikian akan dimasukkan kedalam perhitungan analisis risiko untuk dermal eksposur.

4.2.2.5. Frekuensi Pajanan (EF)

Satuan yang dipakai dalam variabel frekuensi pajanan (EF) adalah hari/tahun. Seberapa lama (dalam hari) pajanan benzena yang diterima oleh responden di sekitar SPBU 'X' Daerah Istimewa Yogyakarta dalam satu tahun. Variabel ini didapat dari hasil perhitungan hari dalam setahun, yaitu 365 hari/tahun. (US – EPA, 1991, dalam salim, 2011)

Berdasarkan hasil wawancara dan hasil perhitungan yang didapatkan, maka dapat ditentukan frekuensi pajanan dalam satu tahun yaitu 365 hari/tahun untuk keseluruhan responden.

4.2.3. Data Pola Aktivitas dan Konsumsi

Pola aktivitas merupakan data penunjang yang diperoleh didasarkan dari hasil wawancara dan kuesioner sesuai dengan aktivitas sehari-hari responden dalam penggunaan air seperti jumlah penggunaan air untuk minum dan mandi sebagai acuan atas dasar sumber dan jumlah konsumsi responden. Data pola aktivitas responden disajikan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4.7. Hasil Wawancara Pola Aktivitas dan Konsumsi Responden

Keluarga	Jumlah Minum liter/hari	Jumlah Mandi liter/hari
1	2	20
	2	20
	2	20
2	2	20
	2	20

	Jumlah Minum liter/hari	Jumlah Mandi liter/hari
	2	20
	2	20
3	2	15
	2	15
	2	15
4	2	18
5	2	15
	2	15
6	2	25
	2	25
	2	25
7	2	20
	2	20
8	2	23
	2	23
9	2	20
	2	20
	2	20
10	2	25
	2	25
	2	25
Min	2	15
Max	2	25
Mean	2	20
Median	2	20
Varian	0	12
Standard Deviasi (SD)	0	3

Data tabel diatas merupakan hasil data pola aktifitas konsumsi air tanah responden yaitu untuk minum (oral) dan mandi (dermal). Namun dalam hal ini untuk perhitungan risk assessment responden golongan usia anak-anak diasumsikan penggunaan air untuk kebutuhan minum adalah 1,4 liter/hari.

4.2.3.1. Jumlah Penggunaan Air Kebutuhan Mandi Responden

Jumlah air sumur yang digunakan responden sebagai kebutuhan kegiatan mandi sehari-hari didapat berdasarkan hasil wawancara langsung dilapangan dengan pengukuran pola aktivitas responden dengan satuan perhitungan yaitu l/hari.

Berdasarkan hasil analisa tersebut, didapat penggunaan air sumur responden sebagai kebutuhan mandi yaitu rata-rata 19 l/hari dengan penggunaan minimal 15 l/hari dan maksimal 25 l/hari. Sehingga data total nilai kebutuhan air mandi responden kemudian dimasukkan kedalam rumusan penilaian potensi risiko kesehatan sesuai dengan analisis golongan usia.

4.2.3.2. Jumlah Penggunaan Air Kebutuhan Minum Responden

Jumlah air sumur yang digunakan responden sebagai kebutuhan kegiatan minum sehari-hari didapat berdasarkan hasil wawancara langsung dilapangan dengan pengukuran pola aktivitas responden dengan satuan perhitungan yaitu liter/hari. Adapun pola distribusi penggunaan air sumur sebagai kebutuhan minum responden pada daerah penelitian adalah rata-rata 2l/hari per responden, namun untuk setiap golongan usia anak-anak diasumsikan penggunaan air sebagai kebutuhan minum adalah 1,4l/hari disebabkan kondisi antropometri anak-anak yang tidak sama dengan usia golongan dewasa dan lansia (US-EPA, 1989b). Dengan pola aktivitas waktu paparan maksimal adalah 24 jam atau 1hari.

4.2.3.3. Keluhan Kesehatan

Berdasarkan perhitungan data kuesioner kepada seluruh responden dengan total 10 kepala keluarga atau sama dengan 26 responden, didapatkan data keluhan penyakit subjektif terhadap kesehatan responden sebagai berikut:

Tabel 4.8. Data Keluhan Kesehatan Responden

Keluhan	Jumlah Responden	Persentase (%)
Pusing	3	11,54

Keluhan	Jumlah Responden	Persentase (%)
Mual	2	7,72
Magh	1	3,96
Kulit Gatal-gatal	2	7,72
Batuk-batuk	3	11,54
Sesak Nafas	2	7,72
Keguguran	1	3,96

Data keluhan kesehatan yang diterima terhadap responden di sekitar SPBU 'X' Daerah Istimewa Yogyakarta adalah keluhan kesehatan yang dialami pada saat wawancara lapangan dan tidak merupakan indikasi keluhan kesehatan terhadap potensi pencemar air tanah oleh benzena, sebab masyarakat tidak terlalu mengaitkan penyakit yang dialami dengan kasus kebocoran yang pernah terjadi di lokasi tersebut. Penyakit terbanyak dikeluhkan oleh responden adalah keluhan adanya rasa pusing yaitu sebanyak 3 orang (11,54%), batuk-batuk sebanyak 3 orang (11,54%), mual sebanyak 2 orang (7,72%), kulit gatal-gatal sebanyak 2 orang (7,72%), sesak nafas sebanyak 2 orang (7,72%), magh sebanyak 1 orang (3,96%), dan keguguran sebanyak 1 orang (3,96%).

4.3. Analisis Data Menggunakan GC-MS

Hasil pengujian larutan standard dan pengujian sampel menggunakan GC-MS menghasilkan grafik kromatogram yang didalamnya terdapat waktu retensi atau retention time (R_t) dan peak area atau area puncak yang menunjukkan senyawa-senyawa yang teridentifikasi dalam larutan standard dan sampel air tanah. Dalam pengujian menggunakan GC-MS larutan 40ppm, kemudian konsentrasi diperkecil dengan tahapan pengenceran tersebut, menggunakan metode Scan mode dan SIM mode, sehingga seluruh senyawa yang terdapat pada larutan standard dan sampel air

tanah akan teridentifikasi sesuai dengan *library* yang dimiliki oleh mass spectrometer (MS) pada alat GC-MS.

Berikut adalah tabel hasil identifikasi Rt dan m/z pada masing-masing senyawa BTEX pada konsentrasi 40ppm:

Tabel 4.9. Hasil Identifikasi Senyawa BTEX Pada Konsentrasi 40ppm

Konsentrasi	Nama	Retention Time	m/z
40 ppm	Benzene	3,453	78
	Toluene	6,412	92
	Ethylbenzene	12,384	106
	p-Xylene	12,916	106
		14,305	106
	o-Xylene	12,916	106
		14,305	106
	m-Xylene	12,916	106
		14,205	106

Dari hasil tabel identifikasi senyawa BTEX pada konsentrasi 40ppm diatas, beberapa dari larutan standard (20; 10; 5; 1; 0,5; 0,1; 0,2 ppm) digunakan untuk membentuk kurva kalibrasi sebagai penentuan nilai konsentrasi dari sampel uji dengan larutan standard, kemudian data konsentrasi hasil data kalibrasi digunakan sebagai nilai untuk menentukan potensi risiko kesehatan terhadap air tanah yang digunakan masyarakat disekitar SPBU 'X' Daerah Istimewa Yogyakarta. Berikut adalah tabel hasil dari injeksi SIM MODE GC-MS dengan konsentrasi standard (20; 10; 5; 1; 0,5; 0,1; 0,2 ppm):

Tabel 4.10. Identifikasi Senyawa BTEX Pada Konsentrasi 20; 10; 5; 1; 0,5; 0,1; 0,2 ppm Metode SIM MODE

Konsentrasi	Nama	Retention Time	m/z
20ppm	Benzena	3,458	78

Konsentrasi	Nama	Retention Time	m/z
10ppm	Benzena	3,456	78
5ppm	Benzena	3,466	78
1ppm	Benzena	3,479	78
500ppb	Benzena	3,470	78
100ppb	Benzena	3,473	78
40ppb	Benzena	3,441	76
20ppb	Benzena	3,457	76

Pada identifikasi senyawa BTEX diatas hanya satu senyawa yang terdeteksi yaitu Benzena dikarenakan beberapa faktor, diantaranya adalah faktor larutan standard yang kemungkinan telah lama terbuka dan telah lama dalam kondisi diam atau karena terlalu sering digunakan dalam proses pengenceran, sehingga kadar senyawa dalam larutan standard menguap, karena sifat BTEX adalah volatil atau dapat mudah menguap pada suhu tertentu, faktor lain adalah karena keterbatasan alat GC-MS dan keterbatasan laboran dalam menganalisis dan dalam melakukan proses pengenceran dan proses ekstraksi.

Untuk mendapatkan hasil konsentrasi BTEX terhadap larutan 20ppm sebelumnya yang telah terdeteksi maka langkah selanjutnya adalah menggunakan konsentrasi 20ppm baru yang diinjek setelah sampel. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa standard larutan pembanding dengan konsentrasi 20ppm baru, teridentifikasi (*terdeteksi*) senyawa BTEX, yaitu hanya Benzena pada peak 2 dengan rentang waktu 3,454 menit pada area 8262, berbeda dengan area pada standard 20ppm sebelumnya yaitu pada area 3061. Toluene pada peak 3 dengan rentang waktu 6,381 menit. Dan dalam data MS menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penamaan dari senyawa Benzena yaitu N-Thiourea. Dengan berat molekul atau m/z untuk benzena adalah 78,

namun pada MS juga menjelaskan bahwa terdapat senyawa BTEX lain yaitu p-Xylene, o-Xylene dan m-Xylene dan ethylbenzene dengan berat molekul 106. Namun dalam hal ini, MS hanya sebagai library atau penjelas terhadap hasil deteksi yang terlampir pada kromatograf. Sehingga hasil deteksi tetap mengacu pada waktu retensi pada grafik kromatograf. Hasil resep dan MS terlampir.

4.3.1. Analisis Data Kalibrasi

Data kalibrasi digunakan sebagai penentuan nilai konsentrasi dari sampel uji dengan standard, kemudian data konsentrasi hasil data kalibrasi digunakan sebagai nilai untuk menentukan potensi risiko kesehatan terhadap air tanah yang digunakan masyarakat disekitar SPBU 'X' Daerah Istimewa Yogyakarta.

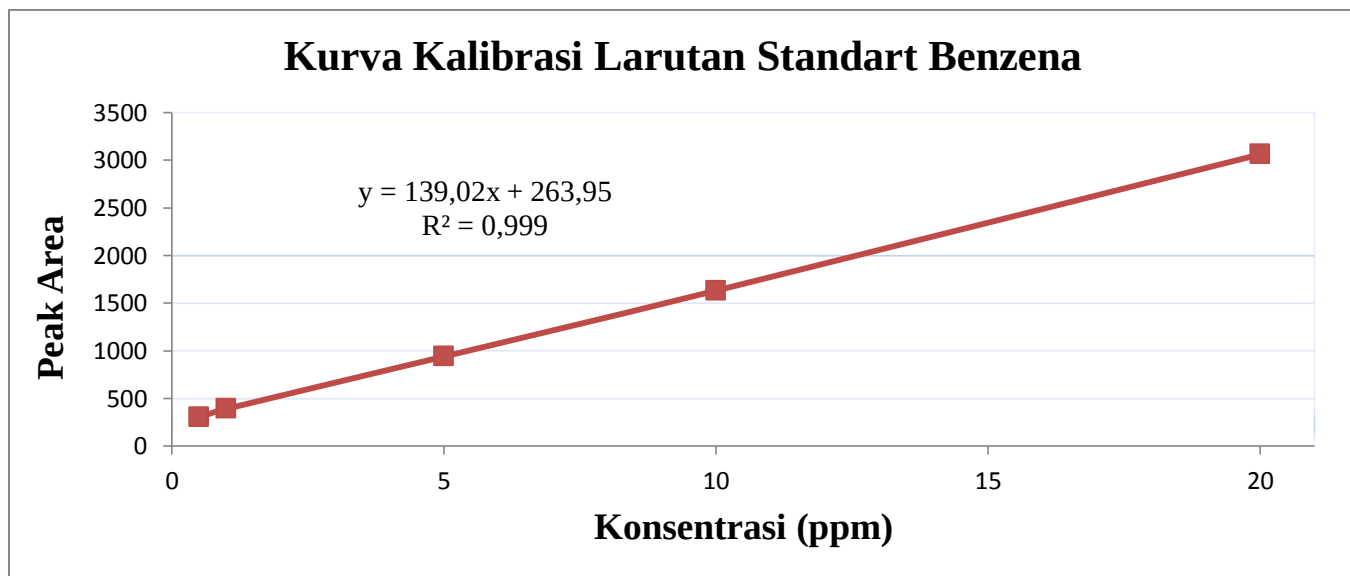
Berikut adalah tabel data kurva kalibrasi standard dengan data yang diambil dari peak area pada setiap konsentrasi larutan standard Benzena :

Tabel 4.11. Data Peak Area Kurva Kalibrasi Standard Benzena

Konsentrasi (ppm)	Peak Area
20	3061
10	1632
5	941
1	392
0,5	305
0,1	341

Data diatas menunjukkan bahwa pada masing-masing konsentrasi Benzena yang diinjeksikan ke GC-MS menghasilkan data berupa peak area untuk kemudian data peak area tersebut dikonversikan dalam bentuk grafik kurva kalibrasi dan selanjutnya kemudian ditentukan data peak area baru guna menghasilkan data grafik kurva kalibrasi baru untuk penentuan konsentrasi pada sampel.

Berikut adalah gambar hasil grafik kurva kalibrasi setiap konsentrasi dan peak area pada masing-masing senyawa Benzena:



Gambar 4.2. Grafik Kurva Kalibrasi Larutan Standard Benzena

Kurva kalibrasi menggunakan data peak area dari nilai konsentrasi standard Benzena dengan satuan ppm dari konsentrasi terbesar hingga konsentrasi terkecil yaitu pada konsentrasi 20ppm, 10ppm, 5ppm, 1ppm, 0,5ppm dan 0,1ppm. Dari hasil gambar perhitungan data kurva kalibrasi diatas maka didapatkan hasil rumusan sebagai berikut, $y = 139,02x + 263,95$ dengan nilai $R^2 = 0,999$.

4.3.2. Analisis Data Kalibrasi Peak Area Baru

Kemudian nilai dari setiap data peak area pada masing-masing konsentrasi kemudian dikalikan menggunakan data peak area baru pada konsentrasi 20ppm yaitu pada peak area 8262 yaitu 2,7 kali dari peak area lama 3061. Perhitungan ini dilakukan karena pada injeksi konsentrasi 20ppm baru terjadi perubahan nilai peak area dengan nilai yang lebih besar.

Berikut adalah tabel data kurva kalibrasi standard baru dengan data yang diambil dari peak area lama pada setiap konsentrasi larutan standard Benzena:

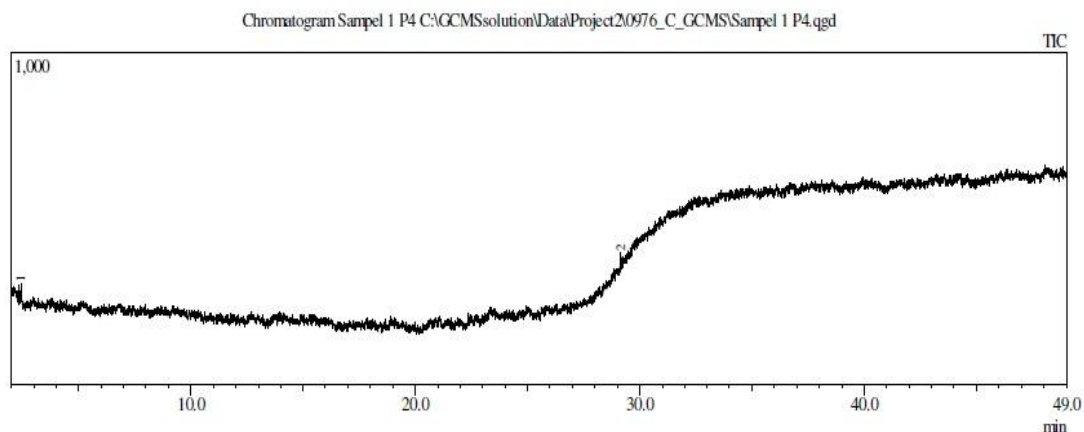
Tabel 4.12. Data Kurva Kalibrasi

Konsentrasi (ppm)	Peak Area	Peak Area Baru
20	3061	8262
10	1632	4406
5	941	2541
1	392	1058
0,5	305	824
0,1	341	921

Data diatas menunjukkan bahwa adanya perubahan peak area pada setiap konsentrasi larutan standard dengan perbandingan 2,7 kali dari hasil peak area lama, untuk kemudian ditentukan grafik kalibrasi menggunakan data area baru sebagai penentuan konsentrasi dari setiap sampel air tanah yang akan diinjeksikan ke GC-MS.

4.3.3. Hasil Uji Sampel 1 (Satu) Air Tanah Metode SIM Mode

Setelah melakukan pengenceran terhadap larutan standard pembanding, maka tahap selanjutnya adalah injeksi sampel yang telah di ekstraksi menggunakan SPE kemudian diinjek menggunakan GC-MS dengan metode SIM Mode untuk mengetahui apakah dalam sampel air tanah terdapat senyawa pencemar BTEX. Berikut adalah gambar kromatograf untuk hasil uji sampel 1:

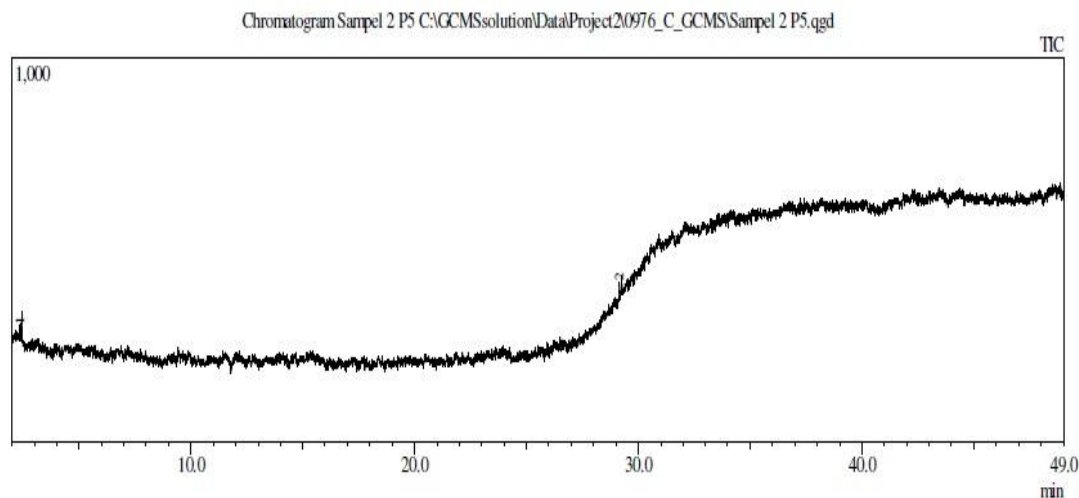


Gambar 4.3. Grafik Kromatogram Sampel 1 Metode SIM Mode
(Sumber: Hasil Analisis GC-MS)

Data grafik kromatograf diatas menunjukkan senyawa yang teridentifikasi atau terbaca pada MS untuk sampel 1 adalah p-Xylene, o-Xylene dan m-Xylene dan ethylbenzene, namun bukan dalam waktu retensi yang sama dengan larutan standard pembanding yaitu pada waktu retensi 1,848 menit dengan berat molekul 106 pada peak 1. Kemudian senyawa yang teridentifikasi selanjutnya pada MS adalah Benzena pada peak 2 dengan waktu retensi yang berbeda yaitu pada 2,343 menit dan penamaan senyawa berbeda namun ada berat molekul yang sama yaitu berat molekul 78. Senyawa yang teridentifikasi pada MS berikutnya adalah Toluene pada peak 3 dengan waktu retensi 29,151 menit berbeda dengan larutan standard pembanding dengan penamaan senyawa berbeda namun tetap pada kondisi berat molekul yang sama yaitu berat molekul 92. Dari perbedaan waktu retensi terhadap larutan standard pembanding maka pada sampel 1 tidak terdeteksi zat pemncemar BTEX, hanya teridentifikasi dan terbaca pada library MS.

4.3.4. Hasil Uji Sampel 2 (Dua) Air Tanah Metode SIM Mode

Berikut adalah hasil gambar grafik kromatograf injeksi GCMS untuk hasil uji sampel air tanah 2 :

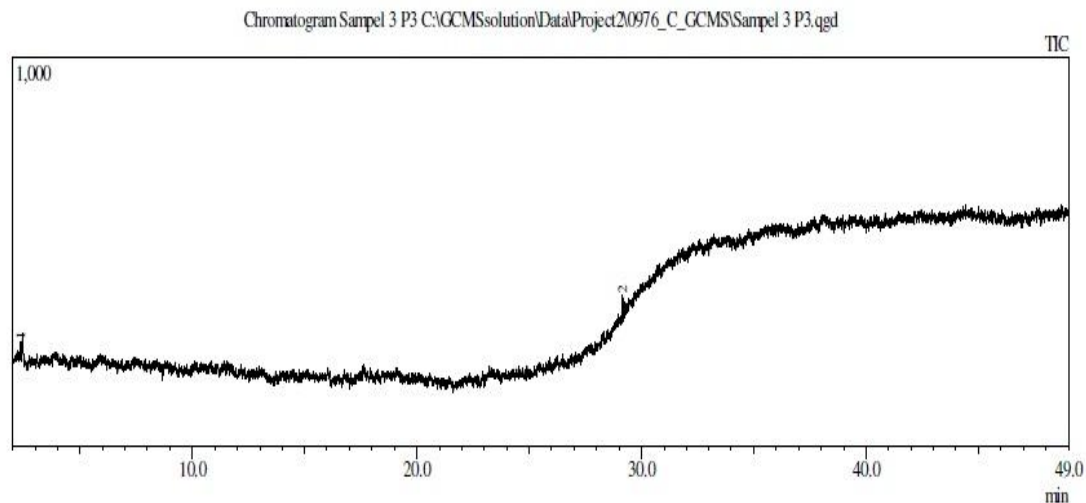


Gambar 4.4. Grafik Kromatogram Sampel 2 Metode SIM Mode
(Sumber: Hasil Analisis GC-MS)

Data grafik kromatograf diatas menunjukkan senyawa yang teridentifikasi atau terbaca pada MS untuk sampel 2 adalah p-Xylene, o-Xylene dan m-Xylene dan ethylbenzene namun bukan dalam waktu retensi yang sama dengan larutan standard pembanding yaitu pada waktu retensi 1,849 menit dengan berat molekul 106 pada peak 1. Kemudian senyawa yang teridentifikasi selanjutnya pada MS adalah Benzena pada peak 2 dengan waktu retensi yang berbeda yaitu pada 2,365 menit dengan penamaan senyawa yang sama yaitu Benzena namun pada angka berat molekul yang berbeda. Senyawa yang teridentifikasi pada MS berikutnya adalah Toluene pada peak 2 dan 3 dengan waktu retensi 2,365 dan 29,156 menit dengan penamaan senyawa yang sama yaitu Toluene namun tetap pada kondisi berat molekul yang sama yaitu berat molekul 92. Dari perbedaan waktu retensi terhadap larutan standard pembanding maka pada sampel 2 tidak terdeteksi zat pemncemar BTEX, namun hanya teridentifikasi dan terbaca pada library MS.

4.3.5. Hasil Uji Sampel 3 (Tiga) Air Tanah Metode SIM Mode

Berikut adalah hasil gambar grafik kromatograf injeksi GCMS untuk hasil uji sampel air tanah 3 :



Gambar 4.5. Grafik Kromatogram Sampel 3 Metode SIM Mode
(Sumber: Hasil Analisis GC-MS)

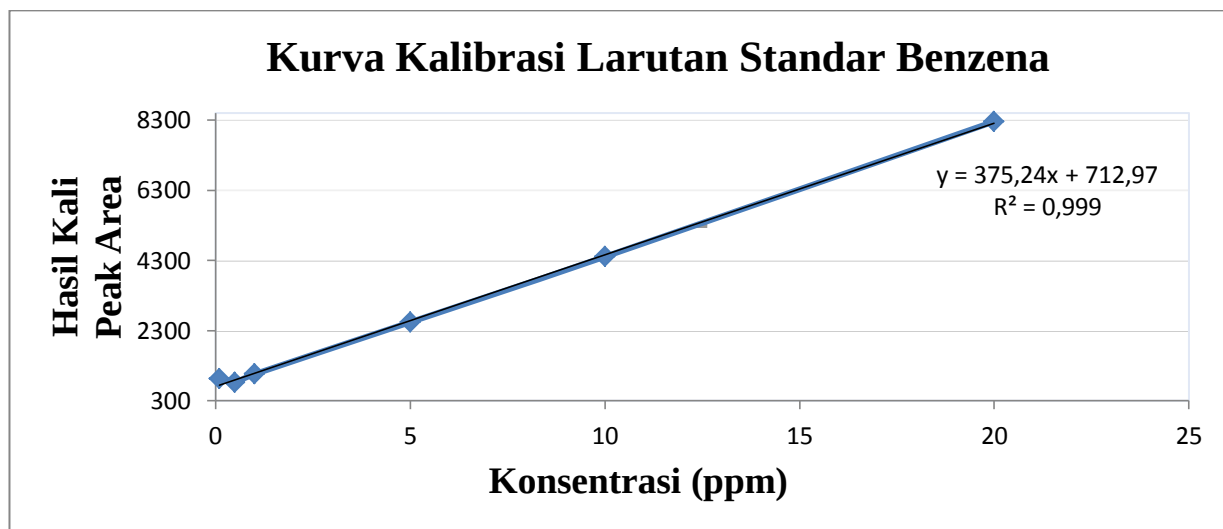
Data grafik kromatograf diatas menunjukkan senyawa yang teridentifikasi atau terbaca pada MS untuk sampel 3 adalah p-Xylene, o-Xylene dan m-Xylene dan ethylbenzene namun bukan dalam waktu retensi yang sama dengan larutan standard pembanding yaitu pada waktu retensi 1,849 menit dengan berat molekul 106 pada peak 1. Kemudian senyawa yang teridentifikasi selanjutnya pada MS adalah Benzena pada peak 2 dengan waktu retensi yang berbeda yaitu pada 2,367 menit dengan penamaan senyawa yang sama yaitu Benzena namun pada angka berat molekul yang berbeda. Senyawa yang teridentifikasi pada MS berikutnya adalah Toluene pada peak 2 dan 3 dengan waktu retensi 2,367 dan 29,150 menit dengan penamaan senyawa yang sama yaitu Toluene namun tetap pada kondisi berat molekul yang sama yaitu berat molekul 92. Dari perbedaan waktu retensi terhadap larutan standard pembanding maka pada sampel 2 tidak terdeteksi zat pemncemar BTEX, namun hanya teridentifikasi dan terbaca pada library MS.

4.4. Analisis Data Kalibrasi dan Konsentrasi Sampel

4.4.1 Penggunaan LOD Dan LOQ

Penggunaan data LOD dan LOQ disebabkan karena pada sampel analisis tidak terdeteksi senyawa Benzena. Menurut Riyanto, 2014, maka untuk menentukan nilai konsentrasi kandungan Benzena masing-masing sampel, digunakan perhitungan LOD (*Limit Of Detektion*), yaitu batas deteksi jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi yang masih memberikan respon signifikan, batas deteksi merupakan parameter uji batas. LOQ (*Limit Of Quantification*) yaitu batas kuantitasi parameter pada analisis, diartikan sebagai kuantitas terkecil analit dalam sampel yang dapat memenuhi kriteria cermat dan seksama (Riyanto, 2014). Dalam penggunaan kurva kalibrasi linear, diasumsikan bahwa respon instrumen y berhubungan linear dengan konsentrasi x satandar untuk rentang yang terbatas konsentrasi.

Berikut adalah gambar nilai data dan grafik hasil perhitungan kurva kalibrasi standard Benzena dengan peak area baru:



Gambar 4.6. Grafik Kurva Kalibrasi Larutan Standard Benzena

Dari hasil gambar perhitungan data kurva kalibrasi diatas maka didapatkan hasil rumusan sebagai berikut, $y = 375,24x + 712,97$ dengan nilai $R^2 = 0,999$.

Hal ini dapat dinyatakan dalam model seperti $y = bx + a$. Maka model ini digunakan untuk menghitung sensitivitas b dan LOD dan LOQ. Oleh karena itu LOD dan LOQ dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{LOD} = 3 S_a / b$$

$$\text{LOQ} = 10 S_a / b$$

S_a adalah standard deviasi dan b adalah slope

Batas deteksi dan kuantitasi dapat dihitung secara statistik melalui garis linear dan kurva kalibrasi. Nilai pengukuran akan sama dengan nilai b dan persamaan garis linear $y = a + bx$, sedangkan simpangan baku sama dengan simpangan baku residual (S_y / x).

a. Batas deteksi (LOD)

Karena $k = 3$, simpangan baku (S_b) = S_y / x , maka :

$$\text{LOD} = (3 S_y / x) / S_l$$

b. Batas kuantitasi (LOQ)

Karena $k = 10$, Simpangan baku (S_b) = S_y / x , maka:

$$\text{LOQ} = (10 S_y / x) / S_l$$

Berikut adalah tabel hasil LOD dan LOQ perhitungan data statistik kurva kalibrasi Benzena :

Tabel 4.13. Data Statistik Kurva Kalibrasi

x	y	y_i	(y-y_i)	(y-y_i)²
20	8262	8218	44	1936
10	4406	4465	-59	3481
5	2541	2589	-48	2304
1	1058	1088	-30	900
0,5	824	901	-77	5929
0,1	921	750	171	29241

(y-yi)²	43791
LOD	0,83652
LOQ	2,78839

Data tabel diatas merupakan hasil perhitngan statistik untuk mendapatkan hasil LOD dan LOQ data kalibrasi Benzena untuk selanjutnya data LOD digunakan sebagai acuan dalam perhitungan analisis risiko kesehatan.

Langkah-lankah penentuan LOD dan LOQ dengan kurva kalibrasi:

$$S(y/x) = \frac{\sqrt{(y-y_i)^2}}{n-2} = 104,63$$

$$\text{LOD} = \frac{(3 \times 104,63)}{(375,24)} = 0,83652$$

$$\text{LOQ} = \frac{(10 \times 104,63)}{(375,24)} = 2,78839$$

Dimana:

x = Konsentrasi Larutan standard

y = Peak Area Baru

yi = Hasil perhitungan dari linear grafik kalibrasi yaitu $y = 375,24x + 712,97$.

Menurut Carry W. Croghan, US-EPA, Distribusi data terdistribusi normal dihasilkan dengan tiga kombinasi mean dan standar deviasi yang berbeda. Dengan penggunaan data perhitungan $\text{LOD}/\sqrt{2}$ merupakan pilihan terbaik dari nilai pengganti dibandingkan dengan $\text{LOD}/2$. Hal ini disebabkan oleh perbedaan ekstrapolasi dan kemungkinan nilai maksimal pada LOD. Dengan tingkat bias dan kesalahan yang lebih kecil. Sehingga pada penelitian ini menggunakan nilai $\text{LOD}/\sqrt{2}$ untuk

medapatkan nilai konsentrasi yang akan dimasukkan kedalam rumusan perhitungan risk assessment. Nilai LOD sebelumnya adalah 0,83652, sehingga $0,83652 / \sqrt{2} = 0,59151$ atau = 0,6 ppm. Nilai 0,6 ppm merupakan hasil dari pemekatan dari sampel 500ml menjadi 5ml. Sehingga pada sampel 500ml terjadi pengenceran sebanyak 100 kalinya. Sehingga 0,6 ppm dalam 5ml sampel dibagi 100 kalinya maka $0,6 / 100 = 0,006$ ppm atau = 0,006 mg/l konsentrasi. Nilai LOD konsentrasi benzena dalam sampel air 0,006 mg/l tersebut akan digunakan dalam perhitungan intake oral dan dermal dalam perhitungan *risk assessment*.

4.5. Analisis Pemajanan (Exposure Assessment)

Perhitungan intake oral akan dilakukan pada responden dengan data-data yang dimiliki oleh responden sesuai dengan masing-masing golongan usia sebagai berikut:

a. Intake Realtime :

Berikut adalah tabel data analisis pajanan oral *intake realtime* untuk masing-masing golongan usia:

Tabel 4.14. Perhitungan Oral Intake Realtime

Rumusan	Satuan	Golongan usia Anak-anak	Remaja	Dewasa	Lansia
Konsentrasi benzena (C)	mg/l	0,006	0,006	0,006	0,006
Laju Kontak (CR)	L/hari	1,4	2	2	2
Frekuensi pajanan (EF)	hari/tahun	365	365	365	365
Waktu pajanan (ET)	hari	1	1	1	1
Durasi pajanan (ED), realtime	tahun	8	18	35	55
Durasi pajanan (ED) 95 Percentile	tahun	30	-	-	-
Durasi pajanan (ED) lifetime	tahun	70	70	70	70
Berat badan (BB)	kg	26	47	61	61
Periode waktu rerata (AT), 365hari/tahun*30 tahun (nonkanker)	hari/tahun	10950	10950	10950	10950

Rumusan	Satuan	Golongan usia Anak-anak	Remaja	Dewasa	Lansia
Periode waktu rerata (AT), 365hari/tahun*70 tahun (kanker)	hari/tahun	25550	25550	25550	25550
Intake Realtime		0,0001	0,0002	0,0002	0,0004

Tabel diatas merupakan perhitungan analisis pajanan oral *intake realtime* untuk masing-masing golongan usia dengan hasil intake masing-masing usia adalah untuk golongan anak-anak (0,0001), remaja (0,0002), dewasa (0,0002) dan lansia (0,0004) dengan perbedaan laju kontak (CR) pada golongan usia anak-anak yaitu 1,4liter/hari. Pada pajanan realtime durasi pajanan yang diperhitungkan adalah durasi rata-rata responden selama tinggal dikawasan penelitian. Nilai berat badan (BB), nilai waktu pajanan (ET) dan nilai durasi pajanan (ED) disesuaikan dengan nilai rata-rata berat badan dan durasi pajanan pada masing-masing golongan yang dimuat kedalam perhitungan intake.

b. Intake 95 Percentile :

Berikut adalah tabel data analisis pajanan oral *Intake 95 Percentile* untuk golongan usia anak-anak :

Tabel 4.15. Perhitungan Oral Intake 95 Percentile

Rumusan	Satuan	Golongan usia Anak-anak	Remaja	Dewasa	Lansia
Konsentrasi benzena (C)	mg/l	0,006	0,006	0,006	0,006
Laju Kontak (CR)	L/hari	1,4	2	2	2
Frekuensi pajanan (EF)	hari/tahun	365	365	365	365
Waktu pajanan (ET)	hari	1	1	1	1
Durasi pajanan (ED), realtime	tahun	8	18	35	55
Durasi pajanan (ED) 95 Percentile	tahun	30	-	-	-
Durasi pajanan (ED) lifetime	tahun	70	70	70	70
Berat badan (BB)	kg	26	47	61	61

Rumusan	Satuan	Golongan usia Anak-anak	Remaja	Dewasa	Lansia
Periode waktu rerata (AT), 365hari/tahun*30 tahun (nonkanker)	hari/tahun	10950	10950	10950	10950
Periode waktu rerata (AT), 365hari/tahun*70 tahun (kanker)	hari/tahun	25550	25550	25550	25550
Intake Realtime		0,0003	-	-	-

Tabel diatas merupakan perhitungan analisis pajanan oral *Intake 95 Percentile* untuk golongan usia anak-anak dengan hasil intake adalah 0,0003. Perhitungan Intake pajanan 95 percentile hanya dilakukan pada golongan usia anak-anak, disebabkan oleh faktor usia anak-anak yang berpotensi terpapar oleh senyawa Benzena pada saat berada diwilayah pajanan dan pada masa yang akan datang.

c. Intake Lifetime :

Berikut adalah tabel data analisis pajanan oral *Intake Lifetime* untuk masing-masing golongan:

Tabel 4.16. Perhitungan Oral Intake Lifetime

Rumusan	Satuan	Golongan usia Anak-anak	Remaja	Dewasa	Lansia
Konsentrasi benzena (C)	mg/l	0,006	0,006	0,006	0,006
Laju Kontak (CR)	L/hari	1,4	2	2	2
Frekuensi pajanan (EF)	hari/tahun	365	365	365	365
Waktu pajanan (ET)	hari	1	1	1	1
Durasi pajanan (ED), realtime	tahun	8	18	35	55
Durasi pajanan (ED) 95 Percentile	tahun	30	-	-	-
Durasi pajanan (ED) lifetime	tahun	70	70	70	70
Berat badan (BB)	kg	26	47	61	61

Rumusan	Satuan	Golongan usia Anak-anak	Remaja	Dewasa	Lansia
Periode waktu rerata (AT), 365hari/tahun*30 tahun (nonkanker)	hari/tahun	10950	10950	10950	10950
Periode waktu rerata (AT), 365hari/tahun*70 tahun (kanker)	hari/tahun	25550	25550	25550	25550
Intake Realtime		0,0003	0,0003	0,0002	0,0002

Tabel diatas merupakan perhitungan analisis pajanan oral *Intake Lifetime* untuk masing-masing golongan usia dengan hasil intake masing-masing usia adalah untuk golongan anak-anak (0,0003), remaja (0,0003), dewasa (0,0002) dan lansia (0,0002). Durasi pajanan lifetime yaitu telah ditetapkan US-EPA yaitu pada nilai 70 tahun (US-EPA, 1989b). Nilai berat badan (BB), nilai waktu pajanan (ET) dan nilai durasi pajanan (ED) disesuaikan dengan nilai rata-rata berat badan dan durasi pajanan pada masing-masing golongan yang dimuat kedalam perhitungan intake.

Perhitungan Intake pajanan 95 percentile hanya dilakukan pada golongan usia anak-anak, disebabkan oleh faktor usia anak-anak yang berpotensi terpapar oleh senyawa Benzena pada saat berada diwilayah pajanan dan pada masa yang akan datang (US-EPA, 1989a). Yang membedakan antara pajanan realtime dan lifetime adalah nilai durasi pajanan, yakni pada pajanan realtime durasi yang diperhitungkan adalah durasi rata-rata responden selama tinggal dikawasan penelitian. Durasi pajanan lifetime yaitu telah ditetapkan US-EPA yaitu pada nilai 70 tahun (US-EPA, 1989b). Pada pajanan benzena yang dapat berakibat kanker, perhitungan intake yang dilakukan adalah hampir sama dengan perhitungan pajanan benzena yang nonkanker, perbedaannya terletak pada nilai periode rata-rata (AT) yaitu untuk kanker lifetime adalah 70 tahun x 365 hari/tahun (Watts, 2014).

4.6. Karakteristik Risiko (*Risk Characterization*)

a. Perhitungan *Risk Quotient* (RQ) atau Indeks Bahaya pada responden untuk pajanan Realtime dan 95 Percentile adalah sebagai berikut:

Berikut adalah tabel distribusi nilai RQ untuk pajanan Realtime dan 95 Percentile masing-masing golongan usia:

Tabel 4.17. Nilai RQ Realtime dan 95 Percentile

Golongan Usia	Nilai Intake Realtime	Nilai RQ	Nilai Intake 95 Percentile	Nilai RQ	Status RQ
Anak-anak	0,0001	0,003	0,0003	0,01	≤ 1
Remaja	0,0002	0,005	-	-	≤ 1
Dewasa	0,0002	0,008	-	-	≤ 1
Lansia	0,0004	0,01	-	-	≤ 1

Nilai RQ untuk pajanan Realtime masing-masing usia adalah untuk golongan anak-anak (0,003), remaja (0,005), dewasa (0,008) dan lansia (0,01). Diketahui nilai RQ realtime terhadap responden masing-masing golongan usia adalah ≤ 1 . Data ini menunjukkan bahwa nilai RQ realtime pada masing-masing golongan usia belum berisiko dapat menimbulkan efek kesehatan realtime nonkanker. Nilai RQ untuk pajanan nonkanker 95 Percentile golongan usia anak-anak adalah 0,003. Diketahui nilai RQ nonkanker terhadap responden golongan usia anak-anak adalah ≤ 1 . Data ini menunjukkan bahwa nilai RQ nonkanker pada golongan usia anak-anak belum berisiko dapat menimbulkan efek kesehatan nonkanker.

Dapat ditarik kesimpulan bahwa, Diketahui nilai RQ realtime dan nonkanker terhadap responden secara berturut-turut adalah ≤ 1 untuk (golongan anak-anak), ≤ 1 untuk (golongan remaja), ≤ 1 untuk (golongan dewasa) dan ≤ 1 untuk (golongan lansia). Data ini menunjukkan bahwa nilai RQ realtime dan nonkanker pada masing-masing usia responden belum berisiko dapat menimbulkan efek kesehatan nonkanker.

- b. Perhitungan risiko kanker (*ECR*) pada pajanan yang dapat mengakibatkan kanker sebagai berikut :

Berikut adalah tabel distribusi nilai *ECR* untuk pajanan kanker masing-masing golongan usia:

Tabel 4.18. Nilai *ECR* Kanker

Golongan Usia	Nilai Intake Lifetime	Nilai ECR	Status RQ
Anak-anak	0,0003	0,00001	$\leq 10^{-4}$
Remaja	0,0003	0,00001	$\leq 10^{-4}$
Dewasa	0,0002	0,00001	$\leq 10^{-4}$
Lansia	0,0002	0,00001	$\leq 10^{-4}$

Risiko kesehatan berpotensi kanker terhadap masing-masing usia responden adalah untuk golongan anak-anak (0,00001), remaja (0,00001), dewasa (0,00001) dan lansia (0,00001). Artinya nilai risiko belum berpotensi kanker dengan nilai yang belum melebihi ambang batas ($ECR \leq 10^{-4}$). Dapat ditarik kesimpulan bahwa pada setiap golongan usia belum berisiko kanker dengan hasil perhitungan risiko kesehatan berpotensi kanker terhadap responden untuk masing-masing golongan usia yaitu sebesar 0,00001, artinya nilai risiko berpotensi kanker ini belum melebihi ambang batas ($ECR \leq 10^{-4}$).

Data rekapitulasi hasil perhitungan Oral Intake, Realtime, 95 Percentile dan Lifetime, nilai RQ dan ECR pada setiap golongan usia anak-anak, remaja, dewasa dan lansia berfokus pada perhitungan intake oral dengan sumber pajanan air tanah atau air minum yang secara langsung tertelan atau diminum oleh responden dan tidak memperhitungkan Oral Intake, Realtime, 95 Percentile dan Lifetime, nilai RQ dan ECR pada setiap golongan usia anak-anak, dewasa dan lansia dalam keadaan air minum sudah dimasak, disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah faktor dampak risiko tertinggi adalah ketika air tanah langsung dikonsumsi atau tertelan

sesuai dengan penetapan RBCA. Faktor titik didih air minum apabila sudah dimasak akan mendidih pada suhu 100°C hal ini telah melebihi angka titik didih Benzena yaitu sudah menguap pada suhu titik didih 80,1°C, bahkan dapat dibawah nilai tersebut karena sifat Benzena yang mudah menguap. Kemudian hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai perhitungan oral intake yang secara langsung tertelan atau diminum oleh responden masih dalam keadaan aman dan dalam perbandingan yang sangat jauh dengan ambang batas risiko atau dalam ambang batas yang aman di bawah nilai ketetapan RQ dan ECR.

Kemudian perhitungan selanjutnya adalah perhitungan dermal intake untuk pajanan realtime, 95 percentile dan lifetime untuk setiap golongan yaitu usia anak-anak, remaja, dewasa dan lansia. Berikut dibawah adalah tabel untuk Rekapitulasi Perhitungan Dermal Intake, Pajanan Realtime, 95 Percentile dan Lifetime untuk setiap golongan usia :

Tabel 4.19. Rekapitulasi Perhitungan Dermal Intake, Pajanan Realtime, 95 Percentile dan Lifetime

Rumusan	Satuan	Golongan Usia Anak-anak	Golongan Usia Remaja	Golongan Usia Dewasa	Golongan Usia Lansia
Konsentrasi benzena (C)	mg/l	0,006	0,006	0,006	0,006
Luas Permukaan Tubuh (SA)	cm ²	1,485	1,815	1,815	1,815
Permeabilitas Kulit (PC)	cm/jam	0,11	0,11	0,11	0,11
Frekuensi pajanan (EF)	hari/tahun	365	365	365	365
Waktu pajanan (ET)	hari	0,2	0,2	0,2	0,2
Durasi pajanan (ED), realtime	tahun	8	18	35	55
Durasi pajanan (ED), 95 percentile	tahun	30	-	-	-
Durasi pajanan (ED), lifetime	tahun	70	70	70	70
Konversi volumetrik air (CF)	l/m ³	0,001	0,001	0,001	0,001
Berat badan (BB)	kg	26	47	61	61

Rumusan	Satuan	Golongan usia Anak-anak	Golongan Usia Remaja	Golongan Usia Dewasa	Golongan Usia Lansia
Periode waktu rerata (AT), 365hari/tahun*30 tahun (nonkanker)	hari/tahun	10950	10950	10950	10950
Periode waktu rerata (AT), 365hari/tahun*70 tahun (kanker)	hari/tahun	25550	25550	25550	25550
Intake Realtime		0,00000002	0,000000003	0,000000005	0,000000007
Intake 95 Percentile		0,00000001	-	-	-
Intake Lifetime		0,00000001	0,00000001	0,000000004	0,000000004

Perhitungan dermal intake merupakan perhitungan dengan pajanan berupa potensi kandungan Benzena di air tanah yang langsung terkena oleh kulit responden. Sehingga sangat perlu untuk dihitung sebagai bagian dari analisis risiko yang berpotensi membahayakan terhadap kulit responden akibat dari potensi pencemaran Benzena di air tanah yang digunakan masyarakat sebagai kebutuhan sehari-hari.

Pada perhitungan intake dermal tidak dilakukan perhitungan RQ dan ECR dikarenakan tidak terdapat referensi nilai RFD dan SF pada perhitungan dermal. Sehingga hanya dapat dihitung nilai intake. Dari hasil perhitungan intake dermal dapat dikatakan bahwa risiko nonkanker dan risiko kanker responden masih aman karena nilai intake dermal lebih kecil dari nilai intake oral yang telah dihitung sebelumnya.

4.7. Manajemen Risiko

Manajemen risiko adalah suatu upaya atau tindakan yang dilakukan untuk melindungi populasi terutama responden yang terpapar oleh pajanan bahan berbahaya dengan cara menghindari kontak dengan pajanan, mengurangi kontak dan dengan upaya perlindungan diri dari senyawa berbahaya tersebut. Namun dalam perhitungan analisis risiko kesehatan oral dan dermal, manajemen risiko yang dilakukan adalah

dengan memperhitungkan nilai pemajanan setiap komponen atau variabel data dengan tujuan untuk menemukan dan mengidentifikasi batas aman pajanan yang dapat melindungi responden, yaitu dengan cara menurunkan atau mengurangi konsentrasi pajanan bahan berbahaya, lama tinggal pajanan (ET) responden, dan mengurangi frekuensi pajanan(EF) lama tinggal responden.

Berdasarkan karakteristik risiko, dapat dirumuskan perhitungan manajemen risiko untuk meminimalisir RQ dan ECR dengan cara memanipulasi atau mengubah nilai faktor-faktor pemajanan yang tercakup dalam persamaan Intake (I) sehingga asupan atau dosis yang terpapar akan menjadi lebih kecil atau sama dengan dosis referensi toksisitas pajanan. Terdapat dua cara untuk menyamakan atau menurunkan nilai intake nonkanker dengan RfD atau Rfc untuk inhalasi atau mengubah Intake pajanan kanker sehingga ECR tidak melebihi $E-4$ atau batas aman kanker, yaitu menurunkan konsentrasi risk agent atau mengurangi waktu kontak pajanan.

Dari hasil perhitungan estimasi efek nonkanker dan efek kanker responden disekitar SPBU 'X' Daerah Istimewa Yogyakarta, diketahui bahwa responden belum berisiko terhadap efek kanker dan nonkanker. Namun apabila diketahui nilai salah satu responden berisiko nonkanker ($RQ > 1$) dan atau nilai berisiko kanker ($ECR > 10^{-4}$), sehingga diperlukan suatu manajemen risiko untuk melindungi responden atau populasi tersebut. Beberapa tahapan yang diperlukan dalam manajemen risiko kesehatan terhadap paparan Benzena yang terdapat dalam air tanah diantaranya adalah mengurangi konsentrasi pajanan realtime dan lifetime apabila disalah satu kategori berdampak pada risiko kesehatan kanker dan nonkanker, mengurangi lama pajanan tinggal agar tidak terlalu lama terkontaminasi zat pencemar, mengurangi besaran frekuensi pajanan, (US-EPA, 1991).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Tidak adanya potensi pencemaran air tanah oleh senyawa Benzena di SPBU 'X' Daerah Istimewa Yogyakarta, dibuktikan dengan hasil injeksi GC-MS pada 3 sampel yang digunakan terdapat perbedaan penamaan senyawa Benzena dan waktu retensi dengan larutan standard pembanding terkecil yaitu 100ppb dengan nilai waktu retensi adalah 3,473.
2. Penggunaan data kurva kalibrasi dan LOD guna untuk mendapatkan hasil konsentrasi pada sampel yang tidak terdeteksi oleh Benzena. Dengan hasil LOD adalah 0,006 mg/l konsentrasi.
3. Hasil perhitungan analisis risiko, terdapat tiga tahapan perhitungan yaitu perhitungan intake realtime, 95 percentile dan lifetime sehingga dapat diketahui bahwa responden dari setiap golongan usia yaitu anak-anak nilai RQ Realtime 0,003, dan nilai RQ 95 percentile adalah 0,01, golongan usia remaja nilai RQ Realtime 0,005, golongan dewasa nilai RQ Realtime 0,008, dan golongan lansia nilai RQ Realtime 0,01 masih dalam ambang batas aman, yaitu untuk nilai nonkanker ($RQ > 1$). Untuk nilai analisis risiko berisiko kanker dari setiap golongan usia yaitu anak-anak, dewasa dan lansia nilai ECR kanker adalah sebesar 0,00001. Pada perhitungan nilai risiko berpotensi kanker semua hasil perhitungan masih dalam ambang batas aman ($ECR > 10^{-4}$).

4. Perhitungan analisis risiko pada pajanan dermal masih dalam ambang batas aman terhadap kesehatan karena nilai intake yang dihasilkan masih dibawah nilai intake pajanan oral yaitu lebih kecil dari nilai 0,0002.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Bagi manajemen perusahaan

Kepada instansi atau perusahaan agar lebih berinisiatif dan mengambil langkah yang tegas dalam pemeliharaan dan pemantauan berkala terhadap kualitas lingkungan SPBU yang banyak menghasilkan bahan-bahan yang mudah menguap dan merusak kualitas lingkungan dan kemungkinan adanya potensi adanya kebocoran tangki penyimpanan BBM di SPBU agar dapat menunjang kelestarian lingkungan dan agar tidak meresahkan dan merugikan masyarakat dan disekitar SPBU.

2. Kepada masyarakat

Kepada masyarakat agar lebih sadar, peka dan dapat lebih kolektif akan penggunaan sumber air tanah sehingga dapat meminimalisir risiko kesehatan dari paparan senyawa kimia berbahaya yang terdapat dalam air tanah, dengan kemungkinan adanya faktor kandungan senyawa lain penyebab pencemaran air tanah selain adanya faktor potensi pencemaran Benzene dalam air tanah akibat rembesan kebocoran tangki SPBU.

.

DAFTAR PUSTAKA

Australian/New Zealand Standart. *Risk Management. Australia, 2004*

Azari MR, et al. 2012. Occupational Exposure of Petroleum Depot Workers to BTEX Compounds. *The International Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 12 September 2016. Pukul 21.57 WIB.

Achmadin, 2012. *Pencemaran Air Tanah*. Diunduh dari <http://indoboor.blogspot.co.id/2012/07/pencemaran-air-tanah.html>. Pada tanggal 13 September 2016, pada pukul 21.40 WIB.

ASTDR, 2007 Toxicological Profile for Benzene. Pada tanggal 13 september 2016. Pukul 22.09 WIB

Bae, S. et al. 2010. Exposures to particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons and oxidative stress in schoolchildren. *Environ Health Perspect*. 118:579–83.

Bedient, Philip B. *Groundwater Contamination, Transport and Remediation*, Prentice Hall PTR 1994.

Carry W. Croghan, US-EPA, Research Triangle Park, NC, and Peter P. Egeghy US-EPA, Las Vegas, NV. Methods of Dealing with Values Below the Limit of Detection using SAS.

Celestine, A., Giadom, F., 2015. *Groundwater Contamination and Environmental Risk Assessment of a Hydrocarbon Contaminated Site in Eastern Niger*. Journal of Environmental and Earth Science Vol.5.

Darmapatni Komang Ari Gunapria, Achmad Basori dan Ni Made Suaniti, 2016. PENGEMBANGAN METODE GC-MS UNTUK PENETAPAN KADAR ACETAMINOPHEN PADA SPESIMEN RAMBUT MANUSIA. *Jurnal Biosains Pascasarjana Vol. 18 (2016) pp*

Depkes RI, 2009. Profil Kesehatan Indonesia Jakarta: Departemen Republik Indonesia.

Direktorat Jendral PP Dan PL Kementrian Kesehatan Tahun 2012. *Pedoman Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)*.

EEA (European Environment Agency), 2011. *Overview of Contaminants Affecting Soil and Groundwater in Europe*. [http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/ figures/overview-of-contaminants-affecting-soil-and-groundwater-in-europe](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/overview-of-contaminants-affecting-soil-and-groundwater-in-europe) (accessed online 04.06.16.).

Irajá N. Filho,* Nathália C. Vieceli, Eduardo M. Cardoso and Eduardo R. Lovatel, 2013. Analysis of BTEX in Experimental Columns Containing Neat Gasoline and Gasoline-Ethanol. *Center of Exact Sciences and Technology, Institute of Environmental Sanitation, University of Caxias do Sul, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bairro Petrópolis, 95070-560 Caxias do Sul-RS, Brazil*

Gammon, MD., Santella, RM. 2008. PAH, *genetic susceptibility and breast cancer risk: an update from the long island breast cancer study project*. *Eur J Cancer*. 44:636–640.

Han, X, et al. 2011. Association between urinary polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites and sperm DNA damage: a population study in Chongqing, China. *Environ Health Perspect*. 119(5): 652-7.

Hasan, F,. *Air Sumur Tercemar Minyak, Dinas Kesehatan Surati Pemilik SPBU*. Diunduh dari <http://aceh.tribunnews.com/2014/08/06/air-sumur-tercemar-minyak-dinas-kesehatan-surati-pemilik-spbu>. Pada tanggal 11 September 2016, pada pukul 23.42 WIB.

Interagency Regulator Liaison Group (IRLG) (1979) Scientific bases for identification of potential carcinogens and estimation of risks. *Journal of the National Cancer Institute* 63: 241–268.

IPCS. *Environment Health Criteria 150, Benzene*. WHO, 1999. Diunduh dari <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc150.htm>. Pada tanggal 11 September 2016, pada pukul 20.42 WIB.

IPCS, 2004. *Risk Assessment Terminology*. Pada tanggal 6 Juni 2017. Pukul 02.45 WIB.

LIE CHYNTHIA CAOLINA LIANNE, 2011. OPTIMASI METODE ANALISIS ASAM VALPROAT SECARA KROMATOGRAFI GAS. Universitas Indonesia. Pada tanggal 02 Januari 2017, pukul 22.45 WIB.

Luo C L, Liu C P, Wang Y, Liu X, Li F B, Zhang G, Li X D. 2011. Heavy metal contamination in soils and vegetables near an e-waste processing site, south China. *J Hazard Mater*. 186: 481–490.

Marsono. 2009. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kualitas Bakteriologis Air Sumur Gali Di Permukaan. *Tesis Pasca Sarjana pada Magister Kesehatan Lingkungan UNDIP*. Semarang.

Muryani, E., 2009, *Potensi Pencemaran Benzene Terhadap Air Tanah di Sekitar Stasiun Pengisian Bahan Bakar Minyak Untuk Umum (SPBU) 44.552.10 Yogyakarta*, Tesis, Program Studi Ilmu Lingkungan, Jurusan Antar Bidang, Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

National Academy of Sciences (NAS) (1983) *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. Washington, DC: National Academy Press.

Notodarmojo, S., 2005, *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Patton DE (1993) The ABCs of risk assessment. *EPA Journal* 19: 10–15.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 75 Tahun 2013, *Tentang Angka Kecukupan Gizi Yang Dianjurkan Bagi Bangsa Indonesia*.

Pinedo, J., Ibanez, R., Iraben, A., 2014. *A comparison of models for assessing human risk of petroleum hydrocarbon in polluted soils*. Elsevier . Ltd.

Rahman. *Public Health Assessment: Model Kajian Prediktif Dampak Lingkungan dan Aplikasinya Untuk Manajemen Risiko Kesehatan*. Depok, 2007. Diunduh dari <http://arrahman29.files.wordpress.com/2008/02/ph-a-130208.pdf>. Pada tanggal 11 Oktober 2016. Pada pukul 21.06 WIB.

Riyanto, 2014. Validasi & Verifikasi Metode Uji Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi. Deepublish.

Rosales, R., Pagan, M., Faz, A., Bech, J., 2014. *Study of subsoil in former petrol station in SE of Spain: Physicochemical characterization and hydrocarbon contamination assessment*. Elsevier. GEXPLO-05470.

Salanitro, JP, Dorn, PB, Huesemaann, MH, Moore, KO, Rhodes, IA, Rice, JLM, Vipond, TE, Western, MM, Wisniewski, H.L. *Crude oil Hydrocarbon and Soil Ecotoxicity Assessment*. Environ. Sci. Technol. 1997; 31, 1769 – 1776.

Salim, RN, *Analisis Risiko Kesehatan Paparan Benzena Pada Karyawan Di SPBU 'X' PANCORANMAS DEPOK*, 2011. Diunduh dari lib.ui.ac.id/file?file=digital/20294860-S...pdf. Pada tanggal 11 September 2016. Pada pukul 23.55 WIB.

Schreiber, ME, Bahr, JM. Nitrate–Enhanced Bioremediation of BTEX – Contaminated Ground Water. *Parameter Estimation from Natural-Gradient Tracer Experiments*. J. contm. Hydrol. 2002; 55, 29 – 56.

Setyaningsih, W., 2007, *Tingkat Pencemaran Hidrokarbon dan Pemodelan Pergerakan Polutan Hidrokarbon pada Air Tanah di Wilayah Jlagran- Gandekan Yogyakarta*, Tesis, Program Studi Teknik Geologi, Jurusan Ilmu-ilmu Teknik, Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada.

Sipter E, Auerbach R, Gruiz K. 2005. Ecotoxicological testing and risk assessment of a heavy metal contaminated site. *Toxi-col Lett*. 158: 253–254.

Singh, A.K., Tomer, N., Jain, C.L. 2012. Monitoring, Assessment and Status of Benzene, Toluene and Xylene Pollution in the Urban Atmosphere of Delhi, India. *Res.J.Chem.Sci*. 2(4), 45-49

Simpson, N.J.K. *Solid Phase Extraction : Principles, Techniques and Application*. 2000. New York : Taylor & Francis Group LLC. 1-26.

SNI 6989.58:2008 Tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Tanah.

Supelco, *Sample Preparation Solid Phase Extraction*. 2016. Diunduh dari <http://www.sigmaaldrich.com/analytical-chromatography.html>. 13 September. 01.55 WIB.

Swartjes, F.A., Rutgers, M., Lijzen, J.P.A., Janssen, P.J.C.M., Otte, P.F., Wintersen, A., Brand, E., Posthuma, L., 2012. State of the art of contaminated site management in The Netherlands: policy framework and risk assessment tools. *Sci. Total Environ*. 427e428, 1e10.

Teel, R. W. (2014). *Groundwater and Air Contamination: Risk, Toxicity, Exposure*. Elsevier Ltd , 2.

US EPA (1989a) *Risk Assessment Guidance for Superfund: Environmental Evaluation Manual* (EPA/540/1-69/001A, OSWER Directive 9285.7-01). US Environmental Protection Agency. Washington, DC: US Government Printing Office.

Van Leeuwen CJ and Hermens JLM (1995) *Risk Assessment of Chemicals: An Introduction*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Watts RJ (1998) *Hazardous Wastes: Sources, Pathways, Receptors*. New York: Wiley.

Watson, D. G. (2010) Oleh Sartika. D. dkk. *Analisis Farmasi: Buku Ajar Untuk Mahasiswa Farmasi Dan Praktisi Kimia Farmasi*. EGC, Jakarta.

Wang, R. *Early applied demonstrations of new analytical methods with clear societal impact*. 2014. <http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2014/ay/c3ay41771a#!divAbstract> 13September 2016. 02.11 WIB.

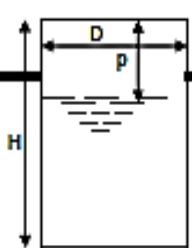
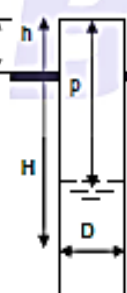
Watson. D.G. *Pharmaceutical Analysis*. 1999. Edinburg : Churchill. LivingStone.

LAMPIRAN I

LEMBAR OBSERVASI SUMUR

SNI 6989.58:2008

Lampiran B
(Informatif)
Contoh lembar data lapangan

No. Sumur : No. Lab. :	Tanggal : Nama Petugas :															
Pemilik Sumur : Alamat : Lingkungan/Desa : Kecamatan : Kabupaten/Kota :	Koordinat X : Y : Elevasi : Topo map no. : Skala 1 :															
Konstruksi : Sumur tahun :	Jenis Sumur :															
Sumur gali  Sumur pantek/bor 																
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Keterangan :</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>H -</td> <td>(m)</td> <td>Kedalaman sumur</td> </tr> <tr> <td>h -</td> <td>(m)</td> <td>Tinggi sumur</td> </tr> <tr> <td>p -</td> <td>(m)</td> <td>Muka air tanah</td> </tr> <tr> <td>D -</td> <td>(m)</td> <td>Diameter</td> </tr> </table>		Keterangan :			H -	(m)	Kedalaman sumur	h -	(m)	Tinggi sumur	p -	(m)	Muka air tanah	D -	(m)	Diameter
Keterangan :																
H -	(m)	Kedalaman sumur														
h -	(m)	Tinggi sumur														
p -	(m)	Muka air tanah														
D -	(m)	Diameter														
Data Parameter Lapangan																
Catatan :																

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan"

LAMPIRAN 2

LEMBAR KUESIONER

KUESIONER

Perkenalkan nama saya Gusti Anwar D, mahasiswa Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia bidang studi Teknik Lingkungan. Saat ini saya sedang melaksanakan penelitian (skripsi) dengan tema “Analisis Potensi Risiko Kesehatan Terhadap Pencemaran Air Tanah Di Sekitar Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum” sebagai syarat kelulusan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Lingkungan. Untuk itu, saya memohon kesedian Bapak/Ibi/Saudara/Saudari untuk menjawab beberapa pertanyaan dibawah ini. Jawaban dengan kejujuran akan menjadi data valid dan menjadi saran terhadap perbaikan terkait kesehatan masyarakat yang terpajan oleh kandungan BTEX disekitar SPBU.

A. PETUNJUK UMUM PENGISIAN KUESIONER

1. Kepala keluarga sebagai responden wawancara utama.
2. Bacalah setiap pertanyaan dan jawaban dengan seksama.
3. Jawablah pertanyaan dengan benar dan sesuai keadaan yang dialami.
4. Kuesioner yang telah diisi lengkap dipastikan berisi informasi yang benar.

B. IDENTITAS ANTROPOMETRI DAN SISIO-DEMOGRAFI RESPONDEN

1. Nama (Kepala keluarga) :
.....
2. Alamat :
.....
3. Umur : tahun
4. Berat Badan : kg
5. Tinggi Badan : cm

6. Pendidikan Terakhir :
a. Tidak/belum sekolah d. SMP
b. Belum/tidak tamat SD e. SMA
c. Sekolah Dasar f. D3/SI ke atas
7. Pekerjaan :
8. Jumlah Keluarga (penghuni rumah) :
orang
9. Status perkawinan :
1) Menikah
2) Belum Menikah
3) Janda/Duda
10. Nama istri/suami * :
11. Umur : tahun
12. Berat Badan : kg
13. Tinggi Badan : cm
14. Pendidikan Terakhir :
a. Tidak/belum sekolah d. SMP
b. Belum/tidak tamat SD e. SMA
c. Sekolah Dasar f. D3/SI ke atas
15. Pekerjaan :
16. Nama anak laki-laki * :
17. Umur : tahun
18. Berat Badan : kg
19. Tinggi Badan : cm
20. Pendidikan Terakhir :
a. Tidak/belum sekolah d. SMP
b. Belum/tidak tamat SD e. SMA
c. Sekolah Dasar f. D3/SI ke atas
21. Pekerjaan :
22. Nama anak perempuan * :
23. Umur : tahun
24. Berat Badan : kg

25. Tinggi Badan : cm
26. Pendidikan Terakhir :
- a. Tidak/belum sekolah d. SMP
- b. Belum/tidak tamat SD e. SMA
- c. Sekolah Dasar f. D3/SI ke atas
27. Pekerjaan :
28. Nama nenek * :
29. Umur : tahun
30. Berat Badan : kg
31. Tinggi Badan : cm
32. Pendidikan Terakhir :
- a. Tidak/belum sekolah c. Sekolah Dasar e. SMA
- b. Belum/tidak tamat SD d. SMP f. D3/S1 keatas
33. Pekerjaan :
34. Nama Kakek * :
35. Umur : tahun
36. Berat Badan : kg
37. Tinggi Badan : cm
38. Pendidikan Terakhir :
- a. Tidak/belum sekolah d. SMP
- b. Belum/tidak tamat SD e. SMA
- c. Sekolah Dasar f. D3/SI ke atas
39. Pekerjaan :

C. POLA AKTIVITAS DAN KONSUMSI

1. Sejak kapan (tahun) anda tinggal didaerah ini? : tahun
2. Sumber air bersih yang digunakan?
- a. Air Sumur Gali d. Air sungai
- b. Air Sumur bor e. PDAM
- c. Air Sumur pompa f. Air hujan
3. Sudah berapa lama mengkonsumsi sumber air yang digunakan?

-
4. Berapa lama (jam/hari) anda beraktivitas menggunakan sumber air?
-
5. Berapa lama umur sumber air (sumur) yang digunakan?
-
6. Apakah semua anggota keluarga menggunakan air yang sama?
-
7. Apakah sebelum menggunakan air anda memiliki riwayat penyakit kronis?
-
8. Apakah setiap hari anda menggunakan sumber air (sumur) untuk aktivitas sehari-hari?
- a. Ya c. Kadang-kadang
- b. Tidak
9. Untuk kegiatan apa saja sumber air sumur digunakan?
- a. Minum c. Mencuci
- b. Masak d. Mandi
10. Bagaimana kualitas air yang digunakan?
- a. Berlumut d. Berasa
- b. Berwarna e. Lainnya
- c. Bau
11. Bagaimanakah kuantitas air yang digunakan?
- a. Melimpah c. Tidak stabil
- b. Kering d. Lainnya
12. Proses apa sajakah yang anda lakukan sebelum mengkonsumsi air?
- a. Dimasak terlebih dahulu
- b. Langsung dikonsumsi
- c. Adanya proses kegiatan penyaringan
- d. Ditampung
- e. Proses lainnya.....

13. Berapakah jumlah konsumsi air yang digunakan?
- a. Sebagai kebutuhan masak? l/hari
 - b. Sebagai kebutuhan minum? l/hari
 - c. Sebagai kebutuhan mandi? l/hari
 - d. Sebagai kebutuhan pencucian?..... l/hari
 - e. Kebutuhan lainnya l/hari

D. KONDISI LINGKUNGAN DAN HIGINE PRIBADI

- 1. Suhu
 - a. Sejuk/dingin
 - b. Panas
 - c. Biasa saja
 - d. Tidak stabil
- 2. Cauaca
 - a. Selalu hujan
 - b. Selalu kemarau
 - c. Tidak stabil
- 3. Keadaan tanah
 - a. Selalu basah
 - b. Lembab
 - c. Kering
 - d. Tidak stabil
- 4. Kebiasaan mencuci tangan
 - a. Ya, pakai sabun
 - b. Ya, tidak pakai sabun
 - c. Tidak
 - d. Kadang-kadang
- 5. Kebiasaan mandi pagi/sore.
 - a. Setiap hari
 - b. Kadang-kadang
- 6. Kebiasaan bersuci untuk ibadah (shalat)
 - a. Setiap waktu shalat
 - b. Kadang-kadang
 - c. Tidak pernah

E. GANGGGUAN KESEHATAN

- 1. Apakah anda mengetahui bahaya dari paparan kandungan Bahan Bakar Minyak (BBM) bagi kesehatan anda?
 - a. Ya
 - b. Tidak

2. Apakah selama anda tinggal atau bermukim mengalami gangguan kesehatan?
 - a. Ya, sebutkan
 - b. Tidak
3. Dalam dua minggu terakhir apakah anda merasakan penyakit atau gangguan kesehatan berikut :
 - a. Sakit kepala/pusing
 - b. Sempoyongan/mata berkunang-kunang ketika bangun dari duduk
 - c. Sesak nafas/dada
 - d. Batu-batuk
 - e. Kurang nafsu makan
 - f. Mata perih/berair/rasa terbakar
 - g. Mual/gangguan lambung
 - h. Kulit gaatal-gatal/rasa terbakar
4. Apakah penyakit atau gangguan kesehatan diatas dirasakan juga sebelum anda menggunakan sumber air:
 - a. Ya, semuanya
 - b. Ya, sebagian
 - c. Tidak sama sekali
5. Dalam setahun terakhir, apakah anda merasakan penyait atau gangguan kesehatan berikut :
 - a. Sakit kepala/pusing
 - b. Sempoyongan/mata berkunang-kunang ketika bangun dari duduk
 - c. Sesak nafas/dada
 - d. Batu-batuk
 - e. Kurang nafsu makan
 - f. Mata perih/berair/rasa terbakar
 - g. Mual/gangguan lambung
 - h. Kulit gaatal-gatal/rasa terbakar
 - i. Tidak ada penyakit dan gangguan diatas sama sekali.

6. Dalam setahun terakhir, apakah pihak perempuan didalam keluarga mengalami gangguan reproduksi berikut selama mengkonsumsi sumber air:
 - a. Gangguan siklus haid
 - b. Sulit hamil /sulit punya anak
 - b. Keguguran
 - e. Lainnya
7. Dalam setahun terakhir, selain gangguan kesehatan diatas apakah anda pernah didiagnosis oleh dokter / bidan/ perawat / mantri / petugas kesehatan lainnya (.....) menderita penyakit tertentu ?
 - a. Ya, penyakit
 - b. Tidak
8. Dalam setahun terakhir, apakah anda mempunyai rasa ketergantungan ingin mencium bau tertentu (BBM) ?
 - a. Ya
 - b. Tidak
9. Apakah anda merasakan seperti bau (BBM) pada air yang anda konsumsi ?
 - a. Ya
 - b. Tidak
10. Dalam setahun terakhir, apakah air sumur anda pernah dicek oleh mahasiswa atau badan penelitian lingkungan hidup?
 - a. Ya
 - b. Tidak

Ucapan terimakasih kepada responden Bapak/Ibu atas partisipasinya dan permintaan maaf bila wawancara ini telah mengganggu waktu aktivitasnya. Semoga atas penelitian ini diharapkan semua pihak dapat bekerja sama dan peduli akan kondisi lingkungan yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan.

NOTE :

LAMPIRAN 3

PEMBUATA LARUTAN STANDAR

Percobaan BTEX

1. Membuat Larutan Stadar 40 ppm

- Standar BTEX konsentrasi 2000 ppm 1 ml diencerkan dengan methanol hingga 50 ml. Konsentrasi akhir 40 ppm. Di tempatkan dalam 2 botol masing-masing 25 ppm dan dimasukkan dalam kulkas.

2. Membuat stock standar dan injeksi pertama

- Standar BTEX 40 ppm diambil 1 ml kemudian diencerkan dengan methanol hingga 100 ml sehingga memiliki konsentrasi akhir 400 µg/L (400 ppb). Larutan ini kemudian ditempatkan dalam botol dan dimasukkan ke dalam kulkas.
- Dari larutan 400 ppb kemudian membuat larutan untuk injeksi pertama dengan konsentrasi 100 ppb. Larutan 400 ppb diambil 25 ml kemudian diencerkan dengan methanol hingga 100 ml.
- Larutan 100 ppb ini kemudian diambil 30 ml dalam 3 botol untuk dilakukan injeksi ke GC-MS dengan menggunakan 3 resep berbeda. Resep dilampirkan. Hasil dari injeksi tidak terdeteksi BTEX pada dua resep dan teridentifikasi BTEX namun tidak terjadi peak pada satu resep. Resep yang terdeteksi merupakan resep dari literatur “Shimadzu”. Sehingga resep ini yang kemudian digunakan untuk injeksi selanjutnya.
- Mencoba gc-ms yang berbeda yakni di laboratorium kimia organik UGM untuk injeksi larutan 100 ppb, menggunakan resep shimadu. Hasil belum diperoleh. Informasi dari laboran sedang dilakukan pencarian kondisi paling efektif karena methanol yang digunakan terlalu banyak.
- Total telah 4 kali injeksi ke GC-MS dalam percobaan ke dua ini.

3. Injeksi selanjutnya menggunakan n-hexane.

- Standar dilarutkan dengan n-hexane dengan 0,25 ml standar 40 ppm diencerkan hingga 10 ml sehingga menjadi 1 ppm. Methanol dan n-hexane tidak homogen sehingga dilakukan ekstraksi cair-cair dengan cara mengocok selama lebih dari 1 jam dan diambil 1 ml untuk diinjeksi ke GC-MS menggunakan resep injeksi modifikasi.
- Hasilnya methanol masih tersisa dan berikatan dengan BTEX sehingga masih tidak teridentifikasi BTEX.

4. Injeksi selanjutnya dengan dichloromethane dan SPE

- Melakukan SPE untuk menghilangkan methanol. Standar 40 ppm diambil 1 ml kemudian diencerkan menggunakan aquadest hingga 100 ml. Kemudian melakukan SPE sebagai berikut.
 1. Conditioning SPE dengan 15 ml methanol, 15 ml n-hexane dan 15 ml aquadest dengan kecepatan 1-2 ml/menit. (Pada saat conditioning menggunakan aquadest pada 2 ml terakhir, laboratorium telah tutup sehingga SPE dimatikan dan dibiarkan aquadest berada dalam cartridge hingga semalam. Sampel standar dan aquadest dimasukkan dalam kulkas).
 2. Ekstraksi sampel 100 ml dengan kecepatan yang sangat pelan dilakukan kurang lebih selama 2 jam. Kemudian cartridge didiamkan semalaman. (Sebelum dilakukan ekstraksi, sampel yang dimasukkan ke pendingin di diamkan dulu selama ± 1 jam agar sama dengan suhu ruang).
 3. Elusi dengan 5 ml n-hexane dengan kecepatan 5 menit/ 1 ml n-hexane.
 4. Elusi tersebut kemudian dibawa untuk diinjeksikan ke GC-MS.
- Mencampur methanol dengan dichlorometan untuk menghilangkan methanol.

Standar BTEX 40 ppm diambil 0,2 ml dan diencerkan dengan dichloromethane hingga 2 ml kemudian dihomogenkan. (Sampel kemudian didiamkan semalam di lemari pendingin dan didiamkan

selama ± 1 jam agar sama dengan suhu ruang sebelum diinjeksikan ke GC-MS.

- Resep GC-MS yang digunakan pada injeksi kali ini menggunakan resep milik Indra Surya yang dimodifikasi agar holding time lebih lama.
- Hasil GC ini masih tidak terdeteksi.

5. Injeksi menggunakan larutan standar 40 ppm dan ampul standar BTEX

- Injeksi menggunakan 2 ml larutan standar dengan konsentrasi 40 ppm menggunakan resep milik Indra Surya yang telah dimodifikasi. Diambil 2 ml larutan standar 40 ppm. Larutan standar 40 ppm terletak dalam 2 botol berukuran 25 ml. Larutan standar yang biasa digunakan untuk percobaan sebelumnya adalah larutan standar pada botol 1. Untuk injeksi ini menggunakan larutan standar pada botol 2 yang tersisa ± 2 mL.
- Ampul standar BTEX telah menguap tetapi dalam keadaan masih tertutup aluminium foil. Sehingga diserahkan kepada lab terpadu untuk di tetesi dengan methanol kembali dan diuji BTEX di GC MS menggunakan resep modifikasi Indra.
- Hasil injeksi ini terbaca semua unsur BTEX di larutan standar 40 ppm dengan scan mode. Pada ampul larutan standar hanya terbaca benzene dan toluene.

6. Injeksi menggunakan larutan standar 400 ppb dan 100 ppb.

- Setelah didapatkan waktu retensi dan m/z BTEX sesuai dengan sampel larutan standar 40 ppm yang telah di scan mode, percobaan dilakukan dengan injeksi larutan standar 400 ppb dan 100 ppb untuk diinjeksikan dengan SIM mode.
- 0,1 mL larutan standar 40 ppm botol 1 diambil kemudian diencerkan hingga 10 ml sehingga menjadi larutan dengan konsentrasi 400 ppb.

- 2,5 mL larutan standar 400 ppb yang dibuat diatas kemudian diambil dan diencerkan hingga 10 ml sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 100 ppb.
- Larutan diinjeksikan ke GC MS menggunakan resep indra modifikasi dengan SIM mode.
- Hasil yang didapatkan tidak terbaca senyawa BTEX tetapi muncul peak pada waktu retensi yang ditentukan.

7. Injeksi menggunakan larutan standar 40 ppm botol 1.

- Untuk mendapatkan hasil peak yang lebih lebar dan senyawa yang terpisah dengan baik, diinjeksikan kembali larutan standar 40 ppm yang kali ini berasal dari botol 1.
- Larutan standar 40 ppm botol 1 diambil 2 ml setelah sebelumnya wadah yang digunakan dibilas menggunakan methanol.
- Larutan ini kemudian diinjeksikan ke GC MS dengan resep Indra modifikasi yang kenaikan waktunya diperlambat dan dengan scan mode.

LAMPIRAN 4

PERHITUNGAN PEMBUATAN LARUTAN STANDAR

1. Pembuatan larutan standar 40 ppm.

$$\begin{aligned}M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\2000 \text{ ppm} \times 1 \text{ mL} &= x \times 50 \text{ mL} \\x &= 40 \text{ ppm}\end{aligned}$$

2. Pembuatan larutan 400 ppb dan 100 ppb

$$\begin{aligned}M_{\text{standar}} \times V_{\text{standar}} &= M_{\text{methanol}} \times V_{\text{methanol}} \\40 \text{ ppm} \times 1 \text{ mL} &= x \times 100 \text{ mL} \\x &= 400 \text{ ppb}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{\text{standar}} \times V_{\text{standar}} &= M_{\text{methanol}} \times V_{\text{methanol}} \\400 \text{ ppb} \times 25 \text{ mL} &= x \times 100 \text{ mL} \\x &= 100 \text{ ppb}\end{aligned}$$

3. Pembuatan larutan 1 ppm dengan larutan standar dan n-heksana

$$\begin{aligned}M_{\text{standar}} \times V_{\text{standar}} &= M_{\text{n-hexane}} \times V_{\text{n-hexane}} \\40 \text{ ppm} \times 0,25 \text{ mL} &= x \times 10 \text{ mL} \\x &= 1 \text{ ppm}\end{aligned}$$

4. Injeksi dengan SPE dan Dichlorometane

$$\begin{aligned}M_{\text{standar}} \times V_{\text{standar}} &= M_{\text{aquadest}} \times V_{\text{aquadest}} \\40 \text{ ppm} \times 1 \text{ mL} &= x \times 100 \text{ mL} \\x &= 400 \text{ ppb}\end{aligned}$$
$$\begin{aligned}M_{\text{standar}} \times V_{\text{standar}} &= M_{\text{DCM}} \times V_{\text{DCM}} \\40 \text{ ppm} \times 0,2 \text{ mL} &= x \times 2 \text{ mL} \\x &= 4 \text{ ppm}\end{aligned}$$

5. Injeksi standar dan ampul BTEX. STD = 40ppm, AMPUL = 2000ppm

6. Injeksi standar 400 ppb dan 100 ppb.

$$M_{standar} \times V_{standar} = M_{methanol} \times V_{methanol}$$

$$40 \text{ ppm} \times 0,1 \text{ mL} = x \times 10 \text{ mL}$$

$$x = 400 \text{ ppb}$$

$$M_{standar} \times V_{standar} = M_{methanol} \times V_{methanol}$$

$$400 \text{ ppb} \times 2,5 \text{ mL} = x \times 10 \text{ mL}$$

$$x = 100 \text{ ppb}$$

LAMPIRAN 5

RESEP INJEKSI GCMS

1. Ji Won Ahn dkk (2011) GC/MS untuk VOC termasuk BTEX (Model:GC/MS QP2010 Shimdzu japan)

- a. Temperatur : GC Injection 250°C
Oven initial 35°C (ditahan selama 4 menit)
Oven ramping rate 4°C per min for a total 41.25 min
Oven maximum 200°C 10 min holding
- b. Flow rate (mL/min) : Column (He) 1,2 ml/menit
Split 12 ml/menit
- c. MS system : Ionization mode EI (70 eV)
Ion source temp. 200°C
Interface temp. 200°C
TIC scan range 35-250 m/z
Threshold 100

2. Amzad Hossain dkk (2010) GC/MS untuk lake water BTEX

- Kolom : The VF.S Capillary column panjang 30 m, 0,25 mm I.D, 0,25µm ketipisan film)
- Temperatur : transfer line 280°C
Ion source 275°C
Start From 50°C selama 1 menit, naik 8°C/menit hingga 200°C kemudian dipanaskan hingga 300°C dengan 10°C/menit
Injection port set pada 250°C
- Gas pembawa helium (He) dengan kecepatan 1 ml/menit
- Injection volume 1µl
- Range massa : 40-500 m/z

3. Dari Shimadzu untuk bahan organik termasuk BTEX (GC/MS QP2010 ultra) **(digunakan untuk injeksi kedua dan UGM)**

Kolom : SRHXI-5MS, 30 m x0,25 I.D, df : 0,25 μ m

Kolom oven temperatur : 40°C selama 3 menit kemudian ditambah 20°C/menit hingga 70°C kemudian ditambah 40°C/menit hingga 330°C dan ditahan selama 2 menit

(GC) Gas pembawa helium (He)

Carrier gas control : linear velocity 30 cm/s

Split ratio 20:1

Injection port temperatur 300°C

Injection volume 2 μ l

(MS)

Mode penerimaan : Scan/SIM

Interface temperatur : 260°C, Ion source temperature : 260°C

4. Resep dari Indra Surya yang telah dimodifikasi. **(injeksi 3,4,5, dan 6)**

Kolom mengikuti milik Lab terpadu

Injection temperatur : 200°C

Oven temperatur : 35°C (hold 10 menit) naik dengan 5°C/menit menuju 60°C (hold selama 2 menit) kemudian naik 20°C/menit menuju 300°C (hold selama 20 menit).

Ion source temperatur : 200°C

Interface temperatur : 230°C

m/z : 35-500

carrier gas : Helium 1 ml/menit.

5. Resep Indra Surya modifikasi 2. **(injeksi 7)**

Kolom mengikuti milik Lab terpadu

Injection temperatur : 200°C

Oven temperatur : 35°C (hold 10 menit) naik dengan 2°C/menit menuju 60°C (hold selama 2 menit) kemudian naik 5°C/menit menuju 300°C (hold selama 20 menit).

Ion source temperatur : 200°C

Interface temperatur : 230°C

m/z : 35-500, carrier gas : Helium 1 ml/menit.

LAMPIRAN 6

HASIL INJEKSI GCMS