

ANALISIS RISIKO LINGKUNGAN TERHADAP KONSENTRASI BENZENE, TOLUENE, ETHYLBENZENE, DAN XYLENE (BTEX) PADA SUMUR WARGA SEKITAR SPBU KOTA YOGYAKARTA

ENVIRONMENTAL RISK ANALYSIS OF BENZENE, TOLUENE, ETHYLBENZENE, AND XYLENE (BTEX) CONCENTRATION IN WELLS AROUND YOGYAKARTA CITY GAS STATIONS

Lilis Lisnawaty Rumalutur

13513194@students.uii.ac.id

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia

Abstract

Groundwater pollution is caused by the leakage of underground storage tanks and oil spills by gas stations. Benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) are one of the hydrocarbon compounds that are often encountered due to leaks.. BTEX is a carcinogenic compound with a certain dose and with a long exposure time. To find out the potential risk of cancer due to BTEX compounds, then doing environmental risk analysis with the aim of this study is to determine the levels of BTEX contained in well water and analyze environmental risks at the research location. Tests were carried out on 37 well samples, 4 of which were monitored gas stations A, B, C and D. Sample testing using a headspace instrument with the result of Limit of detection (LOD) value of each BTEX compound was benzene (0.00006 mg / l), toluene (0.001 mg / l), ethylbenzene (0,0008 mg / l), p-xylene (0,0005 mg / l), o-xylene (0,0005 mg / l) and m-xylene (0,0005 mg / l). This study shows that there are 0% of respondents in each gas station who have a non-cancer risk of $RQ > 1$ by dermal and oral exposure of each age group (Children, Adolescents, Adults, Elderly and Seniors) and ECR cancer risk $< 10^{-4}$.

Keywords: BTEX, groundwater pollution due to leakage, gas stations, Headspace GC-MS, Environmental risk analysis

Abstrak

Pencemaran air tanah salah satunya diakibatkan oleh adanya kebocoran penyimpanan BBM bawah tanah (*Underground Storage Tank UST*) maupun tumpahan (*spill*) oleh SPBU. Benzena, Toluena, Etilbenzena dan Xilena (BTEX) merupakan salah satu senyawa hidrokarbon yang sering ditemui akibat adanya kebocoran. BTEX adalah senyawa yang bersifat karsinogenik dengan dosis tertentu dan dengan waktu pajanan yang lama. Untuk mengetahui potensi risiko kanker dan nonkanker akibat senyawa BTEX maka dilakukannya Analisis Risiko Lingkungan dengan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar BTEX yang terdapat pada air sumur serta menganalisis risiko lingkungan di lokasi penelitian. Pengujian dilakukan pada 37 sampel sumur, 4 diantaranya adalah sumur pantau SPBU A, B, C dan D. Pengujian sampel menggunakan instrumen *Headspace-GCMS* dengan hasil nilai *Limit Of*

detection (LOD) masing-masing senyawa BTEX adalah benzena (0,00006 mg/l), toluena (0,001 mg/l), etilbenzena (0,0008 mg/l), p-Xilena (0,0005 mg/l), o-Xilena (0,0005 mg/l) dan m-Xilena (0,0005 mg/l). Penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat 0 % responden di tiap SPBU yang memiliki risiko nonkanker $RQ > 1$ oleh pajanan dermal dan oral tiap golongan usia (Anak-anak, Remaja, Dewasa, Lansia dan Manula) dan risiko kanker $ECR < 10^{-4}$.

Kata kunci : BTEX, Pencemaran Air tanah akibat kebocoran, SPBU, *Headspace* GC-MS, Analisis risiko lingkungan

I. PENDAHULUAN

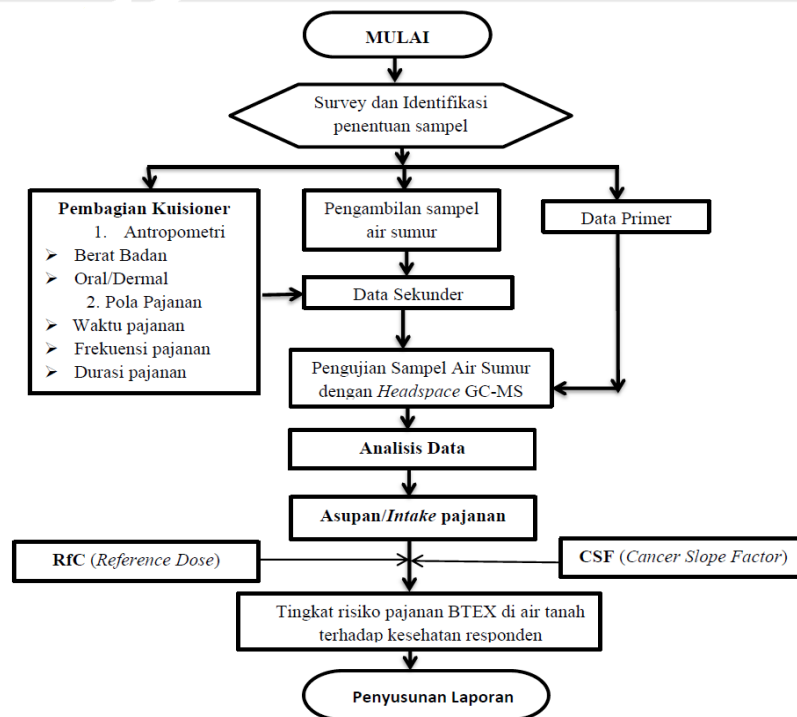
Pencemaran adalah suatu penyimpangan dari keadaan normalnya. Maka pencemaran air tanah adalah suatu keadaan air tersebut telah mengalami penyimpangan dari keadaan normalnya. Keadaan normal air masih tergantung pada faktor penentu, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal sumber air (Harmayani, et al, 2007). Salah satu penyebab pencemaran tanah adalah karena adanya kebocoran pada tangki penyimpanan Bahan Bakar Minyak (BBM). Tumpahan minyak ataupun kebocoran tangki berpotensi mencemari lingkungan terutama tanah dan air. Ketika suatu kebocoran terjadi, akan terbawa mengikuti aliran air tanah dan dapat terendap pada air tanah yang digunakan sebagai air konsumsi maupun air untuk mandi dan mencuci. Salah satu kontaminan yang sering dijumpai jika terjadi pencemaran air tanah akibat kebocoran tangki penyimpanan SPBU adalah *Benzene, Toluene, Ethylbenzene & Xylene* (BTEX). BTEX adalah senyawa yang bersifat 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).

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 paparan tertentu.

II. METODE PENELITIAN

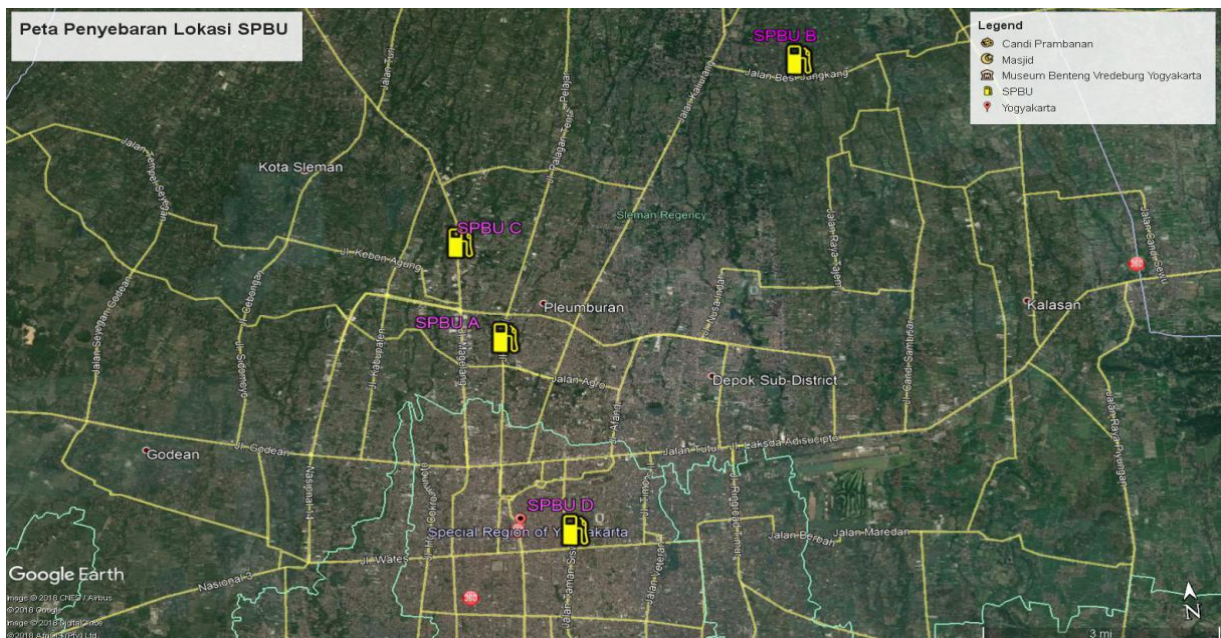
A. Diagram Alir Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Desember 2017 hingga bulan Juli 2018 pada 4 lokasi pengambilan sampel air sumur yakni SPBU A ($110^{\circ}25'52.65''\text{T}$ $7^{\circ}42'18.90''\text{S}$), SPBU B ($110^{\circ}22'09.29''\text{T}$ $7^{\circ}45'36.77''\text{S}$), SPBU C ($110^{\circ}22'42.15''\text{T}$ $7^{\circ}48'07.27''\text{S}$) dan SPBU D ($110^{\circ}21'45.56''\text{T}$ $7^{\circ}44'20.24''\text{S}$). Lokasi penelitian adalah pada kawasan radius 100-400 meter dari Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Daerah Istimewa Yogyakarta yang berpotensi adanya kandungan pencemaran BTEX akibat kasus kebocoran tangki penyimpanan bahan bakar minyak. Pemilihan jarak pengambilan sampel <100 meter adalah karena mempertimbangkan bahan pencemar yang bisa saja mengikuti aliran air atau sumber mata air



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

C. Metode Pengumpulan Data

Metode pengambilan sampel dilakukan dengan 2 tahap yakni pengambilan kuisioner dan pengambilan sampel air sumur. Metode pengambilan sampel air sumur menggunakan SNI 6989.58:2008 tentang cara pengambilan sampel air tanah, namun penelitian ini juga mempertimbangkan kondisi sumur yang tidak dapat diambil dengan menggunakan alat bailer yang sudah dimodifikasi. Sampel disimpan pada botol berbahan kaca gelap, agar menghindari terjadinya kontaminasi ataupun perubahan struktur

senyawa jika terkena sinar matahari saat melakukan pengangkutan sampel. Data yang akan digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data sekunder diperoleh dari pembagian kuisioner yang ditujukan kepada masyarakat disekitar SPBU, sedangkan data primer merupakan data kondisi instrument *Headspace* GC-MS yang akan digunakan sebagai alat penguji sampel dan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian

E. Metode *Headspace* - GC-MS (*Gas Chromatography dan Mass Spektrometri*)

Headspace atau *Equilibrium Headspace Extraction, One-Step Gas Extraction* merupakan cara yang sederhana dan efektif untuk menganalisis senyawa karena menggunakan injeksi langsung senyawa yang dibebaskan dari sampel. Metode ini menggunakan uap sampel, dimana sampel cair atau padat diubah menjadi fase gas.

GC-MS merupakan metode pemisahan senyawa organik yang menggunakan dua metode analisis senyawa yaitu kromatografi gas (GC) untuk menganalisis jumlah senyawa secara kuantitatif dan Spektrofometri Massa (MS) untuk menganalisis struktur molekul senyawa analit. 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.

Headspace dipilih karena sampel yang berbentuk cair yang tidak memungkinkan untuk langsung disuntikkan ke dalam gerbang suntik. Sampel tersebut masih perlu diproses secara bertingkat dan lama agar dapat disuntikkan ke dalam gerbang suntik (Sari, 2010). Kelebihan metode ini adalah sampel yang digunakan dapat berupa padatan atau cairan. Kelemahannya yaitu pada saat pengujian sampel, udara yang berada disekitar tabung dapat mengganggu proses analisis dan analit yang dihasilkan sering tidak cukup pekat sehingga hasil yang diperoleh kurang akurat

F. Metode LOD dan LOQ

Perhitungan LOD (*Limit Of Detection*), 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).

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

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

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:

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

G. Metode Analisis Risiko ADI (*Acceptable Dayli 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.

H. Metode Penentuan Nonkarsinogenik dan Karsinogenik

Perhitungan analisis risiko lingkungan menggunakan 2 nilai yakni RfD dan ECR. RfD atau RfC merupakan toksisitas nonkarsinogenik, dengan menyatakan estimasi dosis paparan harian yang diperkirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan meskipun paparan berlanjut sepanjang hayat (IPCS,2004). Nilai RfD adalah nilai yang telah ditetapkan oleh US-EPA, pada penelitian ini menggunakan nilai Rfd 0,029 untuk benzena, 0,002 untuk toluena, 0,01 untuk etilbenzena dan 0,02 untuk xilena dengan penentuan risiko nonkanker (RQ) adalah sebagai berikut :

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

Dengan :

RQ = *Risk Qoutient*

I = *Intake* (mg/kg x hari)

RfD = *reference dose* (mg/kg x hari)

Untuk penentuan risiko kanker menggunakan nilai *Cancer Slope Factor* (CSR) dengan perhitungan sebagai berikut :

$$ERC = I_k \times CSF$$

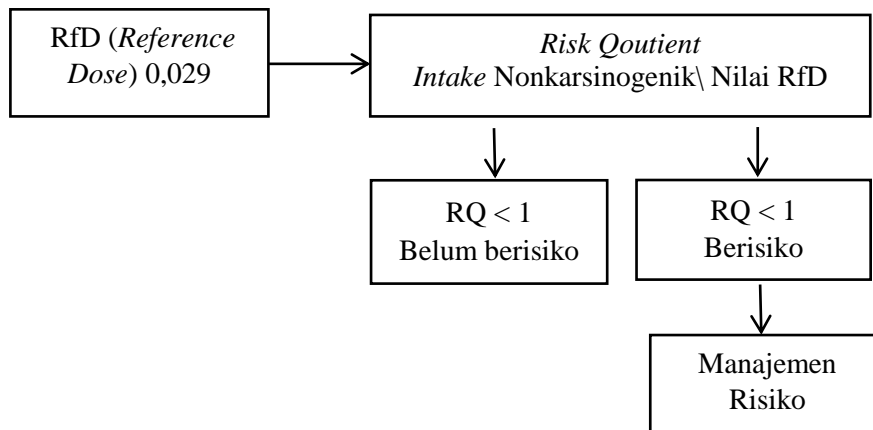
Dengan :

ECR : *Excess Cancer Risk* (Risiko kanker)

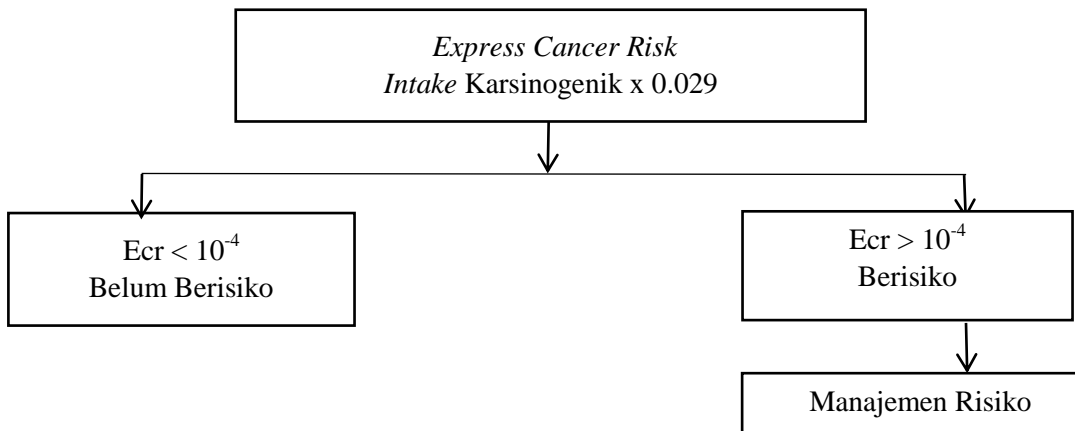
I_k : *Intake/asupan kronis* (sepanjang hayat, yaitu 70 tahun)

CSF : *Cancer slope factor*.

Nilai RQ > 1 menandakan bahwa ada risiko nonkanker yang dapat terjadi, sedangkan nilai RQ < 1 menandakan belum terjadinya risiko nonkanker. $ECR > 10^{-4}$ menandakan adanya risiko karsinogenik.



Gambar 3. Alur analisis perhitungan *Risk Qoutient*



Gambar 4. Alur analisis perhitungan *Express Cancer Risk*

III. Hasil Penelitian dan Analisis Data

A. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil kuesioner dan observasi lapangan didapat hasil data terhadap identitas antropometri dan sosio-demografi responden, keseluruhan hasil wawancara yaitu berjumlah 32 kepala keluarga(KK) dengan 109 responden untuk SPBU A, 16 KK dengan 59 responden untuk SPBU B, dan 24 KK untuk SPBU C dan D dengan total responden masing-masing SPBU adalah 87 dan 84. Variasi responden rata-rata berjumlah dua sampai dengan tiga orang dalam satu keluarga. Kemudian diperoleh 37 sampel air tanah yang berasal dari 11 titik sumur responden SPBU A, 8 titik sumur responden SPBU B, dan 9 titik sumur untuk SPBU C dan D. pengambilan sampel sumur dilakukan pada radius <100 meter dengan membagi tiap wilayah menjadi 4 zona lokasi (Selatan, utara, timur dan barat). Pengambilan sampel langsung dari mulut keran air dengan menggunakan wadah berbahan kaca gelap guna menghindari kontaminasi atau perubahan senyawa BTEX akibat sinar matahari. Pengangkutan sampel menggunakan box kecil menuju laboratorium untuk disimpan pada suhu 4⁰C dan kemudian diuji pada hari selanjutnya. Pengujian menggunakan instrument *Headspace* GC-MS, dan hasil sampel menunjukkan bahwa tidak terbacanya senyawa BTEX pada 37 titik sampel dikarenakan konsentrasi senyawa BTEX yang terlalu kecil. Seranno (2004) benzena yang tidak terdeteksi atau memiliki konsentrasi rendah, kemungkinan adalah hasil degradasi lingkungan dikarenakan benzena sangat mudah menguap. Penggunaan LOD dan LOQ untuk mengetahui konsentrasi senyawa BTEX untuk kemudian dimasukkan pada perhitungan *intake*

1. Penggunaan *Limit Of Detection (LOD)* & *Limit Of Quantification (LOQ)*

Penggunaan LOD dan LOQ disebabkan karena pada sampel analisis tidak terbacanya senyawa BTEX. Menurut Riyanto (2004) untuk menentukan nilai konsentrasi kandungan Benzena masing-masing sampel, digunakan perhitungan LOD (*Limit Of Detection*), 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).

Tabel 4.26 Nilai LOD dan LOQ Senyawa BTEX

Senyawa	$(Y-Y_i)^2$	n	S (y / x)	LOD (ppb)	LOQ	LOD (mg/l)
Benzena	704829421.3	5	27984,70	8,81	27,2	0,00578
Toluena	8972509.93	4	1497,70	102,5	341,7	0,0724
Etilbenzena	441165886.2	7	4200,78	3,93	13,3	0.00277
p-Xilena	2095998304	7	9156,41	15,7	52,5	0.0111
o-Xilena	8034462132	7	17927,03	0,49	1,63	0.00034
m-Xilena	186215031.9	4	6823,03	5,30	17,69	0,00374

2. Hasil Perhitungan Analisis risiko

a. Perhitungan RQ (Nonkanker) Oral Intake

Tabel 2. Nilai RQ *Realtime*

Senyawa	Golongan usia anak-anak		Golongan usia remaja		Golongan usia dewasa		Golongan usia lansia		Golongan usia manula	
	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ
Benzena	8×10^{-5}	2×10^{-3}	2×10^{-4}	6×10^{-3}	2×10^{-4}	6×10^{-3}	3×10^{-6}	0,0001	6×10^{-5}	2×10^{-3}
Toluena	1×10^{-3}	3×10^{-2}	$1,8 \times 10^{-3}$	0,09	3×10^{-4}	1×10^{-3}	6×10^{-5}	2×10^{-4}	6×10^{-3}	2×10^{-2}
Etilbenzen	4×10^{-5}	4×10^{-3}	7×10^{-5}	7×10^{-3}	1×10^{-4}	1×10^{-2}	4×10^{-5}	4×10^{-3}	3×10^{-4}	3×10^{-2}
p-Xilena	1×10^{-3}	5×10^{-2}	3×10^{-3}	1×10^{-2}	1×10^{-4}	2×10^{-2}	3×10^{-5}	2×10^{-3}	1×10^{-4}	3×10^{-3}
o-Xilena	4×10^{-5}	2×10^{-3}	8×10^{-6}	4×10^{-3}	1×10^{-5}	5×10^{-4}	3×10^{-5}	2×10^{-3}	3×10^{-5}	2×10^{-3}
m-Xilena	5×10^{-5}	2×10^{-3}	1×10^{-7}	5×10^{-6}	1×10^{-4}	5×10^{-3}	3×10^{-5}	2×10^{-3}	4×10^{-4}	2×10^{-2}
STATUS RQ	≤ 1									

Tabel 3 Nilai RQ *Lifetime*

Senyawa	Golongan usia anak-anak		Golongan usia remaja		Golongan usia dewasa		Golongan usia lansia		Golongan usia manula	
	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ	nilai intake	nilai RQ
Benzena	3×10^{-4}	1×10^{-2}	2×10^{-4}	6×10^{-3}	2×10^{-4}	6×10^{-3}	2×10^{-4}	6×10^{-3}	2×10^{-4}	0,006
Toluena	2×10^{-4}	1×10^{-2}	3×10^{-4}	1×10^{-2}	2×10^{-4}	1×10^{-2}	2×10^{-4}	1×10^{-2}	3×10^{-4}	0,015
Etilbenzena	1×10^{-4}	1×10^{-2}	1×10^{-4}	1×10^{-2}	9×10^{-5}	9×10^{-3}	9×10^{-5}	9×10^{-3}	2×10^{-4}	0,01
p-Xilena	5×10^{-4}	2×10^{-2}	4×10^{-4}	2×10^{-2}	3×10^{-4}	1×10^{-2}	3×10^{-4}	1×10^{-2}	4×10^{-4}	0,02
o-Xilena	2×10^{-4}	1×10^{-2}	1×10^{-4}	5×10^{-3}	1×10^{-5}	5×10^{-4}	1×10^{-5}	5×10^{-5}	1×10^{-4}	0,005
m-Xilena	2×10^{-4}	1×10^{-2}	1×10^{-4}	5×10^{-3}	1×10^{-4}	5×10^{-3}	1×10^{-4}	5×10^{-3}	1×10^{-4}	0,005
STATUS RQ	≤ 1									

Tabel 4 Nilai RQ 95 *Percentile*

Senyawa	Golongan usia anak-anak		Status RQ
	nilai intake	nilai RQ	
Benzena	1×10^{-4}	3×10^{-4}	≤ 1
Toluena	2×10^{-4}	1×10^{-2}	
Etilbenzena	6×10^{-5}	6×10^{-3}	
p-Xilena	3×10^{-4}	1×10^{-2}	
o-Xilena	8×10^{-6}	4×10^{-4}	
m-Xilena	9×10^{-5}	5×10^{-3}	

Nilai RQ realtime dan nonkanker pada masing-masing usia responden belum berisiko dapat menimbulkan efek kesehatan nonkanker karena masih dalam ambang batas $<1,0$.

b. Perhitungan ECR (Kanker) Oral Intake

Tabel 5. Perhitungan Oral *Intake* 95 *Percentile*

Senyawa	Golongan usia anak-anak		Golongan usia remaja		Golongan usia dewasa		Golongan usia lansia		Golongan usia manula	
	Nilai ECR	Nilai RQ	Nilai ECR	Nilai RQ	Nilai ECR	Nilai RQ	Nilai ECR	Nilai RQ	Nilai ECR	Nilai RQ
Benzena	3×10^{-6}	0,01	2×10^{-6}	0,006	2×10^{-6}	0,006	2×10^{-6}	0,006	2×10^{-6}	0,006
Toluena	2×10^{-6}	0,01	3×10^{-5}	0,015	2×10^{-5}	0,01	2×10^{-6}	0,01	3×10^{-6}	0,015
Etilbenzena	1×10^{-5}	0,01	1×10^{-5}	0,01	9×10^{-5}	0,009	9×10^{-5}	0,009	1×10^{-6}	0,01
p-Xilena	4×10^{-5}	0,02	4×10^{-5}	0,02	3×10^{-5}	0,015	3×10^{-5}	0,015	4×10^{-6}	0,02
o-Xilena	2×10^{-5}	0,01	1×10^{-6}	0,005	1×10^{-6}	0,0005	1×10^{-6}	0,00005	1×10^{-6}	0,005
m-Xilena	2×10^{-5}	0,01	1×10^{-6}	0,005	1×10^{-6}	0,005	1×10^{-6}	0,005	1×10^{-6}	0,005
RQ	≤ 1									
ECR	$\leq 10^{-4}$									

Perhitungan risiko kesehatan berpotensi kanker terhadap responden untuk masing-masing golongan usia terdapat 100 % responden dengan nilai ECR dibawah ambang batas yaitu $< 0,0004$, artinya nilai risiko berpotensi kanker ini belum berisiko.

c. Rekapitulasi Perhitungan Dermal Intake, Paparan Realtime, 95 Percentile dan Lifetime

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Dermal Intake

Rumusan	Satuan	Golongan Usia Anak-anak	Golongan Usia Remaja	Golongan Usia Dewasa	Golongan Usia Lansia	Golongan Usia Manula	
Konsentrasi Benzena (C)	mg/l					0.00578	
Konsentrasi Toluena (C)						0.0724	
Konsentrasi Etilbenzena (C)						0.00277	
Konsentrasi p-Xilena (C)						0.0111	
Konsentrasi o-Xilena (C)						0.00034	
Konsentrasi m-Xilena (C)						0.00374	
Luas Permukaan Tubuh (SA)	cm ²	1.485	1.815	1.815	1.815	1.815	
Permeabilitas Kulit (PC)	cm/jam	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	
Frekuensi pajanan (EF)	hari/tahun	365	365	365	365	365	
Waktu pajanan (ET)	hari	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
Durasi pajanan (ED), realtime	tahun	8	18	35	55	68	
Durasi pajanan (ED), 95 percentile	tahun	30	-	-	-	-	
Durasi pajanan (ED), lifetime	tahun	70	70	70	70	70	
Konversi volumetrik air (CF)	l/m ³	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
Berat badan (BB)	kg	26	47	61	61	47	
Periode waktu rerata (AT), 365hari/tahun*30 tahun (nonkanker)	hari/tahun	10950	10950	10950	10950	10950	
Periode waktu rerata (AT), 365hari/tahun*70 tahun (kanker)	hari/tahun	25550	25550	25550	25550	25550	
<i>Intake Dermal Realtime</i>							
Benzena		2X10 ¹⁰	5X10 ¹⁰	4X10 ¹⁰	7X10 ¹⁰	1X10 ¹⁰	
Toluena		2X10 ¹⁰	4X10 ¹⁰	6X10 ¹⁰	9X10 ¹¹	1X10 ¹⁰	
Etilbenzena		9X10 ¹¹	4X10 ¹⁰	2X10 ¹⁰	3X10 ¹⁰	5X10 ¹⁰	
p-Xilena		4X10 ⁷	4X10 ¹⁰	8X10 ¹⁰	1X10 ¹⁰	2X10 ¹⁰	
o-Xilena		1X10 ¹¹	4X10 ¹⁰	3X10 ¹¹	4X10 ¹⁰	7X10 ¹⁰	
m-Xilena		3X10 ¹³	2X10 ¹²	3X10 ¹¹	4X10 ¹⁰	7X10 ¹⁰	
<i>Intake Dermal Lifetime</i>							
Benzena		7X10 ¹⁰	5X10 ¹⁰	4X10 ¹⁰	4X10 ¹⁰	5X10 ¹⁰	
Toluena		9X10 ¹⁰	6X10 ¹⁰	5X10 ¹⁰	5X10 ¹⁰	6X10 ¹⁰	
Etilbenzena		3X10 ¹⁰	2X10 ¹⁰	2X10 ¹⁰	2X10 ¹⁰	2X10 ¹⁰	
p-Xilena		1X10 ¹⁰	9X10 ¹⁰	7X10 ¹⁰	7X10 ¹⁰	9X10 ¹⁰	
o-Xilena		4X10 ¹¹	3X10 ¹⁰	2X10 ¹⁰	2X10 ¹⁰	3X10 ¹⁰	
m-Xilena		5X10 ¹¹	3X10 ¹⁰	2X10 ¹⁰	2X10 ¹⁰	3X10 ¹⁰	
<i>Intake Dermal 95 Percentile (Golongan usia anak-anak)</i>							
Benzena = 7X10 ⁻⁸							
Toluena = 9X10 ⁻⁹							
Etilbenzena = 3X10 ⁻¹⁰							
p-Xilena = 1X10 ⁻⁹							
o-Xilena = 4X10 ⁻¹⁰							
m-Xilena = 5X10 ⁻¹⁰							

Dari hasil perhitungan intake dermal dapat dikatakan bahwa risiko nonkanker dan risiko kanker responden masih aman karena nilai intake dermal lebih kecil dari perhitungan nilai intake oral.

KESIMPULAN

1. Tidak terdeteksi adanya pencemaran air tanah oleh senyawa BTEX di SPBU A, B, C dan D di Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan dibuktikan oleh hasil konsentrasi oleh GC-MS pada 37 titik sampel sumur dikarenakan berbagai faktor seperti sifat senyawa yang mudah menguap.
2. Untuk setiap golongan usia nilai RQ masih dalam ambang batas aman, yaitu untuk nilai nonkanker ($RQ > 1$). Pada perhitungan nilai risiko berpotensi kanker semua hasil perhitungan masih dalam ambang batas aman ($ECR > 10^{-4}$).
3. Perhitungan analisis risiko pada pajanan dermal masih dalam ambang batas aman terhadap kesehatan karena nilai *intake* yang dihasilkan masih dibawah nilai intake pajanan oral

DAFTAR PUSTAKA

- Bae, S. et al. 2010. Exposures to particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons and oxidative stress in schoolchildren. *Environ Health Perspect.* 118:579–83.
- 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.
- Harmayani, Kadek Diana dan Konsukartha I.G.M 2007. Pencemaran Air Tanah Akibat Pembuangan Limbah Domestik di Lingkungan Kumuh Studi Kasus Banjar Ubung Sari, Kelurahan Ubung. *Jurnal Pemukiman Tanah- Vol 5.*
- International Pro-gramme on Chemical Safety (IPCS), 2004. *Risk Assessment Termonology.* Pada tanggal 6 Juni 2017. Pukul 02.45 WIB.

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

Sari, Wahyuningtiyas Perwita 2016. *Screening* Potensi Pencemaran Hidrokarbon di Kawasan Perkotaan Yogyakarta. Skripsi Universitas Islam Indonesia

Seranno, A dan M.Gallego 2004. Direct Screening and Confirmation of Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylenes in Water. *Journal of chromatography A* –Vol 1045 (2004) 181-188