

BAB IV

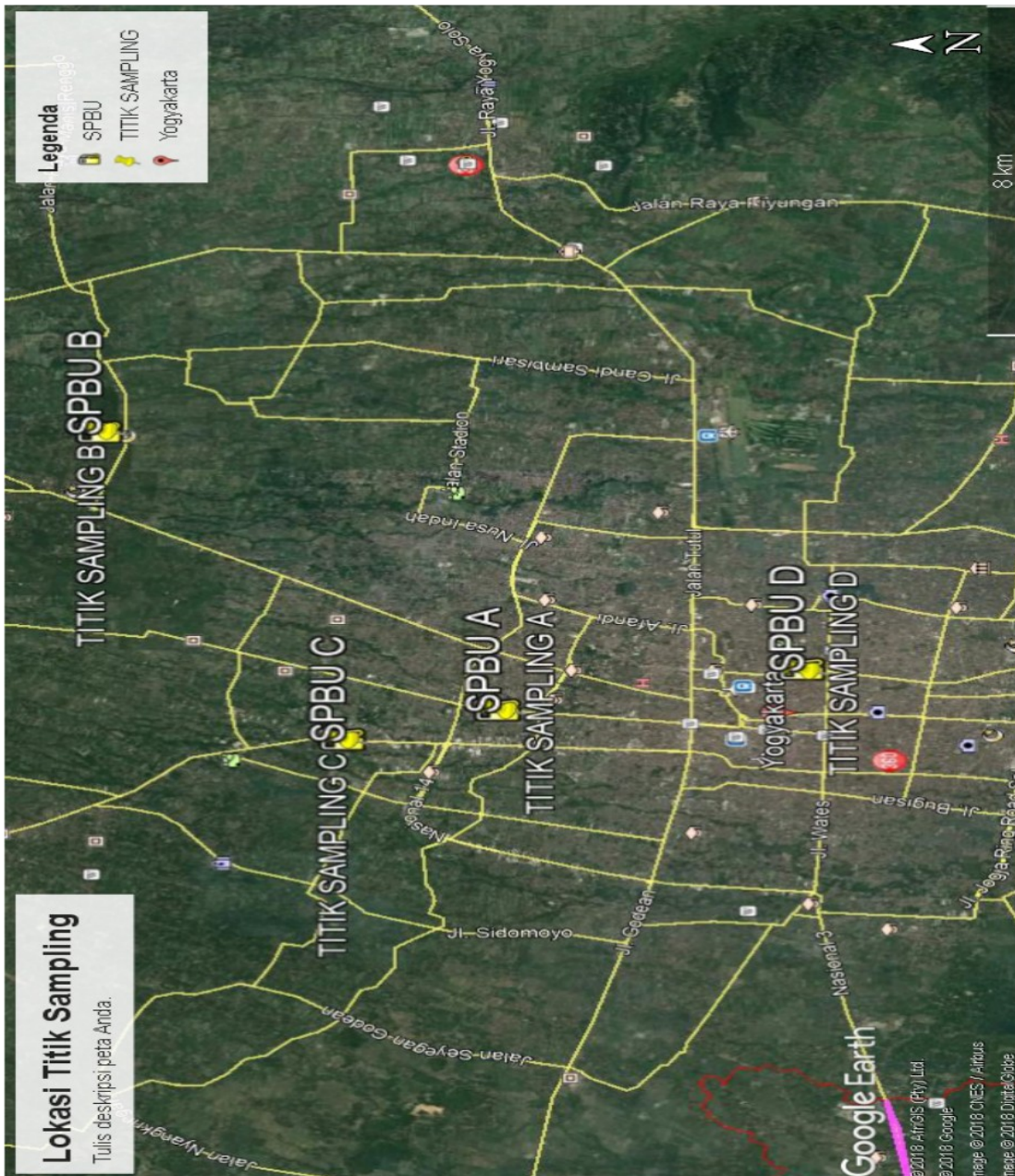
HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

SPBU A,B,C,dan D terletak di 4 lokasi yaitu; SPBU A di Monjali, SPBU B di Besi Jalan Kaliurang, SPBU C di Kranggan, dan SPBU D di Taman Siswa, Daerah Istimewa Yogyakarta. 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. Pada kasus kebocoran tangki BBM, BBM yang bocor akan merembes ke tanah, mengalir mengikuti aliran air tanah, dan mengapung pada permukaan airtanah dangkal. Sebagian BBM terperangkap dalam pori-pori tanah dan terserap ke dalam partikel tanah, sehingga dapat mencemari dan merusak ekosistem yang ada pada tanah disekitarnya (Notodarmojo, 2005), selain itu berdasarkan penelitian yang dilakukan Muryani, (2012) air tanah yang berjarak <200m berpotensi sedang mengalami pencemaran akibat kebocoran, dan jarak <45m mengalami potensi paling besar mengalami pencemaran akibat kebocoran. Hal ini mendukung untuk menjadi dasar lokasi pengambilan sampel pada penelitian ini untuk mengetahui jika pada air sumurnya terdapat kandungan BTEX bagaimana kandungan BTEX pada tanah di sekitar nya. Lokasi penelitian terbagi atas 2 yakni lokasi penyebaran kuisisioner yang dilakukan pada radius 100- 400 meter dari SPBU, dan untuk lokasi pengambilan sampel tanah hanya dilakukan pada jarak <100 meter dari SPBU.

Berikut adalah peta lokasi titik pengambilan sampel :



Gambar 4.1.Lokasi Titik Pengambilan Sampel

Pada SPBU A sebelah Utara, Selatan, dan Timur berbatasan langsung dengan pertokoan di jalan besar perkotaan dan sebelah Barat SPBU langsung berbatasan dengan pemukiman padat penduduk. Pada umumnya masyarakat disekitar SPBU A berinteraksi dengan tanah untuk aktivitas sehari-hari yaitu mencuci pakaian di tanah sekitar sumur, anak-anak bermain tanah, dll . Berikut adalah gambaran lokasi penelitian SPBU A :



Gambar 4.2. Gambaran Lokasi Penelitian.

(Sumber: Google Map Satelite 2018)

Untuk SPBU B terletak di Besi Jalan Kaliurang Km 12. Sebelah Utara SPBU berbatasan dengan jalan utama perkotaan (perapatan) yang banyak pertokoan di sepanjang jalannya, sebelah Selatan, Barat, dan Timur berbatasan dengan lahan pertanian (sawah) dengan area yang cukup luas dan pemukiman penduduk yang tidak begitu padat. Pada umumnya masyarakat disekitar SPBU A berinteraksi dengan tanah untuk aktivitas sehari-hari yaitu mencuci pakaian di tanah sekitar sumur, anak-anak bermain tanah, dll. Berikut adalah gambaran lokasi penelitian SPBU B:



Gambar 4.3. Gambaran Lokasi Penelitian.
(Sumber: Google Map Satelite 2018)

Untuk SPBU C terletak di daerah Kranggan. Sebelah Utara, Selatan, dan Timur SPBU berbatasan dengan jalan utama perkotaan (perapatan) yang banyak pertokoan di sepanjang jalan dan sebelah Barat SPBU berbatasan area pemukiman penduduk yang padat. Pada umumnya masyarakat disekitar SPBU A berinteraksi dengan tanah untuk aktivitas sehari-hari yaitu mencuci pakaian di tanah sekitar sumur, anak-anak bermain tanah, dll. Berikut adalah gambaran lokasi penelitian SPBU C :



Gambar 4.4. Gambaran Lokasi Penelitian.

(Sumber: Google Map Satelite 2018)

Untuk SPBU D terletak di daerah Taman Siswa. Sebelah Utara, Selatan, dan Barat SPBU berbatasan dengan jalan utama perkotaan (perapatan) yang banyak pertokoan di sepanjang jalan dan sebelah Barat SPBU berbatasan area pemukiman penduduk yang padat. Pada umumnya masyarakat disekitar SPBU D berinteraksi dengan tanah untuk aktivitas sehari-hari yaitu mencuci pakaian di tanah sekitar sumur, anak-anak bermain tanah, dll. Berikut adalah gambaran lokasi penelitian SPBU D :



Gambar 4.5. Gambaran Lokasi Penelitian.

(Sumber: Google Maps Satellite 2018)

4.2. Data Hasil Observasi Lapangan

Pada observasi lapangan ini dilakukan pengambilan data berupa pengamatan langsung penulis pada lokasi penelitian dan pengamatan terkait tanah pada lokasi. Hal ini nantinya menjadi data untuk membantu pengolahan data pada langkah selanjutnya. Tekstur tanah dan kondisi lingkungan pada lokasi merupakan beberapa hal yang menjadi point observasi penulis.

4.2.1. Data Hasil Observasi Tanah Responden SPBU A

Wawancara SPBU A dibagi menjadi dua daerah penelitian, yaitu: daerah Barat dan daerah Selatan SPBU A. Pada lokasi ini terdapat 32 KK dengan jumlah penduduk 109 orang. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan penulis tekstur permukaan tanah di lokasi ini adalah tanah lempung berliat.



Gambar 4.6. Tekstur Tanah Sumur pada SPBU A

4.2.2. Hasil Observasi Tanah Sumur Responden SPBU B

Wawancara SPBU B dibagi menjadi dua daerah penelitian, yaitu: daerah Barat dan daerah Selatan SPBU B. Pada lokasi ini terdapat 16 KK dengan jumlah penduduk 59 orang. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan penulis tekstur permukaan tanah di lokasi ini adalah tekstur tanah lempung berliat.



Gambar 4.7. Tekstur Tanah Sumur Pada SPBU B

4.2.3. Hasil Observasi Tanah Sumur Responden SPBU C

Wawancara SPBU C dibagi menjadi dua daerah penelitian, yaitu: daerah Barat dan daerah Selatan SPBU C. Pada lokasi ini terdapat 24 KK dengan jumlah penduduk 87 orang. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan penulis tekstur permukaan tanah di lokasi ini adalah tekstur tanah lempung berdebu.



Gambar 4.8. Tekstur Tanah Sumur Pada SPBU C

4.2.4. Hasil Observasi Tanah Sumur Responden SPBU D

Wawancara SPBU D dibagi menjadi dua daerah penelitian, yaitu: daerah Timur dan daerah Selatan SPBU D. Pada lokasi ini terdapat 24 KK dengan jumlah penduduk 84 orang. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan penulis tekstur tanah pada lokasi ini adalah tanah lempung berliat.



Gambar 4.9. Tekstur Sumur Tanah Pada SPBU D

4.3. Data Hasil Wawancara

Berdasarkan hasil data kuesioner berupa wawancara tentang wawasan umum responden, keseluruhan hasil wawancara yaitu berjumlah 96 KK dari 4

lokasi SPBU dengan total 96 responden, responden berjumlah satu orang dalam satu keluarga, sehingga didapatkan hasil wawancara sebagai berikut:

Tabel 4.1. Hasil wawancara pengetahuan BTEX bagi kesehatan dan lingkungan

LOKASI	YA,TAHU	TAHU SEDIKIT	TIDAK TAHU
SPBU A (MONJALI)	4	2	26
SPBU B (BESI JAKAL)	1	4	11
SPBU C (KRANGGAN)	2	10	12
SPBU D (TAMSIS)	5	1	18

Sumber : Hasil Wawancara

Tabel 4.1 merupakan data hasil wawancara dengan total 96 responden dengan rician jumlah yaitu; 32 responden pada SPBU A, 16 responden pada SPBU B, 24 responden pada SPBU C, dan 24 responden pada SPBU D. Pengambilan data dilakukan dengan mengisi kuesioner yang disebar oleh penulis, di dalam kuesioner tersebut terdapat poin-poin yang menanyakan perihal bahaya BTEX terhadap lingkungan. Dari tabel menjelaskan hanya sebanyak 13,5% KK yang mengetahui Bahaya BTEX bagi kesehatan dan lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa setiap lokasi kemungkinan masih sangat minim melakukan upaya pencegahan potensi bahaya BTEX bagi kesehatan dan lingkungan.

4.3.1. Usia Responden

Usia responden didapat berdasarkan perhitungan hasil kuesioner dan wawancara terhadap hasil skoring 96 kepala keluarga dengan total keseluruhan 96 responden, dengan satu satuan tahun. Usia responden dihitung berdasarkan dari tahun kelahiran sampai tahun saat penelitian dilakukan. Dari hasil data wawancara dilapangan 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:

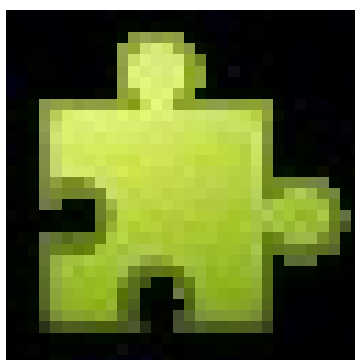
Tabel 4.2. Kategori Umur Menurut Depkes RI 2009

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

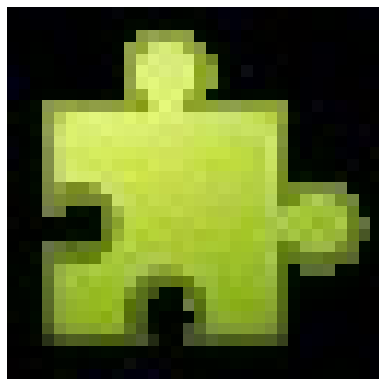
Sumber :

DEPKES

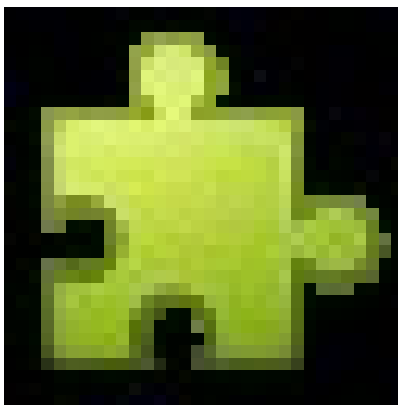
Tabel 4.2 merupakan Hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas, 2007) dan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.75 Tahun 2013, dengan ketentuan golongan usia yaitu anak-anak (5-11) tahun, remaja (12-25), dewasa (26-45) tahun dan lansia (46-65) tahun. Berdasarkan wawancara dilapangan dan observasi lapangan, maka penulis dapat mengklasifikasikan usia responden berdasarkan golongan usia sesuai dengan data Kategori Umur Menurut DEPKES RI 2009. Berikut adalah klasifikasi Kategori Umur Menurut DEPKES RI 2009 pada 4 SPBU (pada grafik merupakan satuan orang/jiwa):



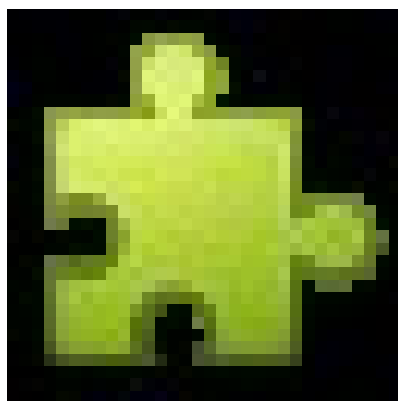
Gambar 4.10. Klasifikasi responden berdasarkan usia SPBU A (Monjali)



Gambar 4.11. Klasifikasi responden berdasarkan usia SPBU B (Besi Jakal)



Gambar 4.12. Klasifikasi responden berdasarkan usia SPBU C (Kranggan)



Gambar 4.13. Klasifikasi responden berdasarkan usia SPBU D (Taman Siswa)

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara diketahui potensi bahaya terpajan BTEX yang paling besar terjadi pada 3 golongan usia berdasarkan pola aktivitasnya yaitu, golongan masyarakat usia dewasa-lansia yang memiliki kegiatan sehari-hari bertani, dan golongan anak-anak yang sangat banyak bermain tanah. Namun persentase masyarakat yang bertani masih lebih kecil dibandingkan anak-anak yang bermain tanah.

4.3.2. Jalur Paparan BTEX

Jalur paparan BTEX kepada responden terbagi menjadi dua kelompok berdasarkan cara sampainya paparan BTEX melalui tanah ke tubuh responden yaitu dermal dan oral. Berdasarkan hasil observasi lapangan yang dilakukan pada 4 lokasi penelitian dikelompokkan paparan yang sampai kepada responden secara dermal menjadi 3 sumber dan secara oral 1 sumber.

Berikut pengelompokan jalur paparan pada lokasi penelitian:

1. bertani (dermal)
2. bermain tanah (dermal)
3. memakan tanah secara tidak sengaja (oral)

Berdasarkan hasil kuesioner dan wawancara terhitung durasi paparan dihitung semenjak waktu responden mulai menggunakan tanah sampai dengan saat penelitian dilakukan yaitu sampai bulan Maret 2018. Dari hasil analisis pada 4 SPBU didapat responden yang terpajan BTEX secara dermal sebanyak 18,75% yaitu 18 KK, responden yang terpajan BTEX secara oral sebanyak 22,9% yaitu 22 KK, dan responden yang terpajan BTEX secara dermal dan oral sebanyak 58,3% yaitu 56 KK.

4.3.3. Frekuensi Bermain Tanah pada Anak Kecil

Frekuensi bermain tanah merupakan konten pertanyaan dalam kuesioner yang ditujukan untuk mengetahui potensi paparan BTEX pada anak kecil, dikarenakan kegiatan anak kecil yang suka bermain tanah dapat menjadikan anak kecil sebagai subjek yang paling dekat terkena potensi bahaya dari tanah yang

mengandung BTEX. Berdasarkan perhitungan hasil kuesioner dan wawancara terhadap 96 responden dengan satuan jam/hari. Banyaknya responden (anak kecil) yang berisiko terpajan BTEX akibat kegiatan bermain tanah di kelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu sering(2jam/hari), kadang-kadang(2jam/3hari), jarang(2 jam/1 minggu).

Pada awalnya hanya dilakukan tanya jawab singkat kepada responden di tiap KK tentang kebiasaan bermain tanah pada anak kecil, namun banyak dari responden yang saat menjawab wawancara tersebut mengeluhkan tentang kekhawatiran nya terhadap anak anak yang terlalu sering bermain tanah karena dapat berisiko tanah termakan khususnya untuk anak-anak yang masih dibawah lima tahun dimana mereka masih belum mengerti dan menyebutkan secara spesifik lama waktu bermain tanah yang dilakukan oleh anak-anak sehingga pada penyebaran kuesioner yang kedua penulis mengelompokkan frekuensi bermain tanah menjadi 3 kelompok.

Berikut adalah data frekuensi bermain tanah berdasarkan wawancara :

Tabel 4.3. Frekuensi Bermain Tanah pada SPBU

Waktu Retensi	A(Monjali)	B(Jakal Besi)	C(Kranggan)	D(Taman Siswa)
Sering(1 hari=2 jam)	7	5	9	4
Kadang-kadang(3 hari=2 jam)	2	2	1	1
Jarang(1 minggu=2 jam)	1	2	3	2

*satuan jiwa/orang

Sumber : Hasil Wawancara

Dari hasil analisis pada 4 SPBU didapat jumlah responden anak kecil yang bermain tanah sering yaitu dalam 1 hari mencapai 2 jam lamanya bermain tanah sebanyak 64,1% yaitu 25 orang, responden anak kecil yang bermain tanah kadang-kadang yaitu dalam 3 hari mencapai 2 jam lamanya bermain tanah sebanyak 15,3% yaitu 6 orang, dan responden anak kecil yang bermain tanah jarang yaitu dalam 1 minggu mencapai 2 jam lamanya bermain tanah sebanyak 20,3% yaitu 8 orang.

Persentase terbesar adalah anak kecil bermain tanah sering yaitu dalam 1 hari mencapai 2 jam lamanya. Sebanyak 64,1% atau 25 anak tersebar di 4 lokasi SPBU setiap harinya berinteraksi langsung, menyentuh, dan bahkan ada potensi tanah yang dimainkan termakan. Hal ini tentu saja menjadikan kandungan BTEX pada tanah sebagai potensi bahaya yang besar untuk anak kecil.

Dalam penyebaran kuisioner juga penulis menanyakan kebiasaan mandi dan mencuci tangan dengan sabun yang masyarakat lakukan setelah beraktivitas dengan tanah dan setelah anak-anak bermain tanah mengingat menurut SIKer, et al, (2001) penanganan pertama untuk paparan senyawa BTEX pada kulit adalah membasuhnya dengan air dan sabun, jika hal ini diabaikan untuk waktu yang lama bisa menimbulkan risiko-risiko penyakit lainnya yang lebih berbahaya dari kulit gatal-gatal. Menurut hasil wawancara semua responden yaitu 96 orang mengaku telah memiliki kebiasaan mandi 2x sehari dan mencuci tangan dengan sabun dalam keluarganya.

4.3.4 Frekuensi Paparan (EF)

Satuan yang dipakai dalam variabel frekuensi paparan (EF) adalah hari/tahun. Seberapa lama (dalam hari) paparan benzena yang diterima oleh responden di sekitar SPBU A, SPBU B, SPBU C, dan SPBU D di 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 paparan dalam satu tahun yaitu 365 hari/tahun untuk keseluruhan responden.

4.4 Analisis Data Menggunakan GC-MS

Pada penelitian ini digunakan instrumen *Headspace Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (HS GC-MS) dengan rincian alat yaitu HS Agilent 7697 A, GC Agilent 7820 dan MS Agilent 5977B MSD dengan kolom HP-5 yang dapat menganalisis senyawa BTEX. Dalam menentukan metode analisis HS GC – MS dilakukan beberapa kali pengukuran standar campuran

BTEX lalu ditentukan kondisi pengukuran yang paling optimum yang memberikan respon terbesar dan *peak* terbaik dalam mengukur senyawa BTEX. Pada analisis HS GC – MS terdapat beberapa parameter penting yang harus diperhatikan diantaranya mode analisis, waktu retensi dan rasio m/z.

Dalam penelitian ini waktu retensi dicari dengan memeriksa larutan standar BTEX dengan mode *scan* dengan kolom HP – 5 MS hingga didapatkan peak dari masing – masing senyawa dan dicatat waktu terbentuknya peak tersebut. Waktu retensi dari tiap senyawa BTEX tercantum dalam Tabel 4.6

Tabel 4.4. Waktu Retensi Senyawa BTEX

Senyawa	Waktu Retensi (menit)
Benzene	2,624
Toluene	4,444
Ethylbenzene	6,608
p-xylene	6,796
o-xylene	7,339

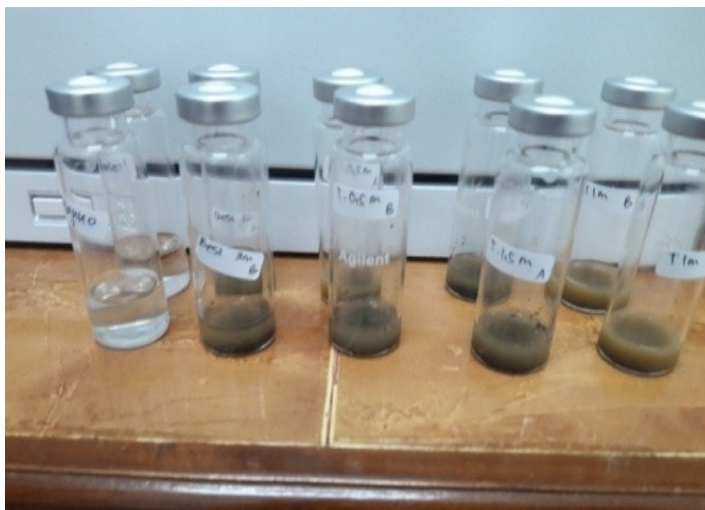
Sumber : Analisis HS GC – MS

Analisis senyawa BTEX dalam tanah dengan HS GC-MS dilakukan dengan menentukan nilai linieritas, *Limit of Detection* dan *Limit of Quantification* dari metode analisis yang digunakan. Penentuan nilai tersebut dilakukan dengan cara membuat kurva kalibrasi BTEX dengan rentang konsentrasi antara 16 ppb sampai dengan 800 ppb. Konsentrasi tersebut adalah konsentrasi larutan standar BTEX dalam satu gram tanah steril yang membentuk *slurry*.

4.5. Hasil Uji Pada Sampel Tanah di SPBU

Setelah melakukan pengenceran terhadap larutan standard pembanding, maka tahap selanjutnya diinjek menggunakan GC-MS dengan metode SIM Mode untuk mengetahui apakah dalam sampel tanah terdapat senyawa pencemar BTEX. Dari perbedaan waktu retensi terhadap larutan standard pembanding maka pada 10 sampel SPBU A, SPBU B, SPBU C, dan SPBU D pada 26 sampel dengan masing-masing SPBU pada kedalaman 0,5m-5m dan 1 tanah steril 0,3m, 0,5m-3m dan 1 tanah steril kedalaman 0,3m, 0,5m-1,5m dan 1 tanah steril kedalaman 0,3m,

dan 0,5m-1,5m dan 1 tanah steril pada kedalaman 0,3 m, zat pemncemar BTEX han ya teridentifikasi dan terbaca pada library MS. Hal ini mungkin dikarenakan nilai senyawa BTEX pada sampel di bawah deteksi limit dari yang alat mampu deteksi.



Gambar 4.15. Tanah Sampel dalam Vial Siap Uji



Gambar 4.16. Sampel Uji dalam GC-MS

Tabel 4.5. Hasil Analisis Sampel Tanah dan Tanah Pembanding

Kedalaman Sampel(m)	konsentrasi benzena	konsentrasi toluena	konsentrasi etilbenzena	konsentrasi p-xilena	konsentrasi o-xilena	konsentrasi m-xilena
A(Monjali) 0,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Steril	ND	ND	ND	ND	ND	ND
B(Besi Jakal) 0,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Steril	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C(Kranggan) 0,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Steril	ND	ND	ND	ND	ND	ND
D(Taman Siswa) 0,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Steril	ND	ND	ND	ND	ND	ND

*ND = *Not Detected*

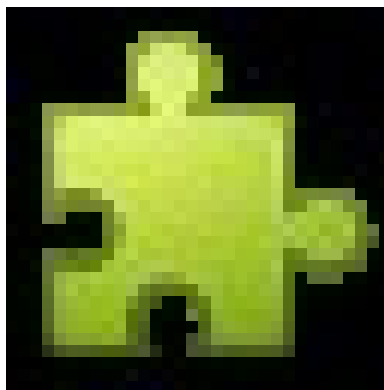
Sumber : Analisis GCMS

4.6 Analisis Data Kalibrasi dan Konsentrasi Sampel Tanah

4.6.1. Penggunaan LOD dan LOQ

Penggunaan data LOD dan LOQ disebabkan karena pada sampel analisis belum 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 4.17. Grafik Kurva Kalibrasi Larutan Standar Benzena

Dari hasil gambar perhitungan data kurva kalibrasi diatas maka didapatkan hasil rumusan sebagai berikut, $y = 3244x + 95052$ dengan nilai $R^2 = 0,987$. Berikut adalah hasil perhitungan kurva kalibrasi dari data peak baru larutan standar senyawa BTEX :

Tabel 4.13. Nilai Koefisien Determinasi (R) dan Persamaan Regresi Linear

Senyawa	Rentang Linear	Persamaan Regresi Linear	R ² (Linearitas)
Benzena	16-500	$y=3244x + 95052$	0,987
Toluena	50-500	$y=43,83x + 2231$	0,852
Etilbenzena	16-800	$y=3201x - 10898$	0,994
p-Xilena	16-800	$y=3088x + 56794$	0,985
o-Xilena	16-800	$y= 3470x - 65238$	0,990
m-Xilena	16-800	$y= 1206x - 25851$	0,980

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:

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

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

Sa 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 :

$$LOD = (3 S_y / x) / S_l$$

b. Batas kuantitasi (LOQ)

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

$$LOQ = (10 S_y / x) / S_l$$

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

Tabel 4.14.Data Statistik Kurva Kalibrasi Benzena

X	Y	Yi	(Y-Yi)	(Y-Yi) ²
16	126999	146956	-19957	398281849
40	233950,5	224812	9138,5	83512182,25
80	428679	354572	74107	5491847449
160	533722,5	614092	-80369,5	6459256530
400	1410161	1392652	17508,5	306547572,3
(Y-Yi) ²				704829421,3

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:

$$S (y / x) = \sqrt{\frac{(y-y_i)^2}{n-2}} = 8849,5$$

$$LOD = (3 \times 8849,5) = 7,83$$

$$LOQ = \frac{(10 \times 8849,5)}{(3389)} = 27,2$$

Dimana:

x = Konsentrasi Larutan standard

y = Peak Area Baru

yi = Hasil perhitungan dari linear grafik kalibrasi yaitu $y = 3244x + 95052$

Menurut Carry W. Croghan, distribusi data terdistribusi normal dihasilkan dengan tiga kombinasi mean dan standar deviasi yang berbeda. Dengan penggunaan data perhitungan $LOD/\sqrt{2}$ merupakan pilihan terbaik dari nilai pengganti dibandingkan dengan $LOD/2$. 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 $LOD/\sqrt{2}$ untuk mendapatkan nilai konsentrasi yang akan dimasukkan kedalam rumusan perhitungan risk assessment. Nilai LOD sebelumnya adalah 7,83 ppb, sehingga $7,83 / \sqrt{2} = 5,53$ ppb atau = 5,53 $\mu\text{g/g}$. Nilai 5,53 $\mu\text{g/g}$ dikonversikan ke dalam $\text{mg/kg} = 5,53$ mg/kg konsentrasi. Nilai LOD konsentrasi benzena dalam sampel tanah 5,53 mg/kg tersebut akan digunakan dalam perhitungan intake oral dalam perhitungan *risk assessment*.

Berikut adalah nilai LOD dan LOQ senyawa BTEX dari hasil perhitungan:

Tabel 4.19. Tabel Nilai Hasil Perhitungan LOD & LOQ Senyawa BTEX

	NILAI LOD & LOQ			
	LINIERITAS LARUTAN STANDAR	LOD(ppb)	LOD $\sqrt{2}$ (ppb)	LOQ (ppb)
BENZENE	0,9877	7,83	5,53	27,27
TOULUENE	0,8524	102,5	72,48	341,70
ETHYLBENZENE	0,9946	3,93	2,78	13,12
P-XYLENE	0,985	10,11	7,15	33,72
O-XYLENE	0,99	15,49	10,95	51,66
M-XYLENE	0,98	16,97	12,001	56,57

Tabel 4.20. Perbandingan Nilai Konsentrasi Berdasarkan LOD dengan Nilai Batas Pencemaran

SENYAWA	KONSENTRASI (ppm)	NILAI BATAS PENCEMARAN (ppm)
BENZENE	$7,83 \times 10^{-3}$	10-10000
TOULUENE	$102,5 \times 10^{-3}$	10-10000
ETHYLBENZENE	$3,93 \times 10^{-3}$	10-10000
P-XYLENE	$10,11 \times 10^{-3}$	10-10000
O-XYLENE	$15,49 \times 10^{-3}$	10-10000
M-XYLENE	$16,97 \times 10^{-3}$	10-10000

Menurut Church, 2001 pencemaran senyawa BTEX pada tanah dapat terjadi pada konsentrasi 10 mg/L sampai 10.000 mg/L (mg/L=ppm). Berdasarkan perbandingan nilai diatas dapat dilihat bahwa nilai konsentrasi pada sampel masih di bawah batas nilai untuk terjadi pencemaran.

Tabel 4.20. Perbandingan Nilai Konsentrasi Berdasarkan LOD dengan Nilai Ambang Batas Monoaromatik pada Lingkungan (US-EPA)

SENYAWA	KONSENTRASI (ppm)	Ambang Batas (ppm)
BENZENE	$7,83 \times 10^{-3}$	5×10^{-3}
TOULUENE	$102,5 \times 10^{-3}$	1
ETHYLBENZENE	$3,93 \times 10^{-3}$	7×10^{-1}
P-XYLENE	$10,11 \times 10^{-3}$	10
O-XYLENE	$15,49 \times 10^{-3}$	10
M-XYLENE	$16,97 \times 10^{-3}$	10

Berdasarkan nilai ambang batas yang ditetapkan oleh US-EPA, nilai konsentrasi berdasarkan LOD tidak melewati ambang batas baik *toluene*, *ethylbenzene*, *p-xylene*, *o-xylene*, dan *m-xylene* kecuali untuk senyawa *benzene* memiliki nilai diatas ambang batas.

Tabel 4.20. Perbandingan Nilai Konsentrasi Berdasarkan LOD dengan Nilai Baku Mutu KEPMEN LH No.128 tahun 2003

SENYAWA	KONSENTRASI ($\mu\text{g/g}$)	Baku Mutu ($\mu\text{g/g}$)	Keterangan
BENZENE	7,83	1	Tidak Memenuhi BML
TOULUENE	102,5	10	Tidak Memenuhi

			BML
ETHYLBENZENE	3,93	10	Memenuhi BML
P-XYLENE	10,11	10	Tidak Memenuhi BML
O-XYLENE	15,49	10	Tidak Memenuhi BML
M-XYLENE	16,97	10	Tidak Memenuhi BML

Indonesia belum memiliki regulasi tersendiri tentang batas mutu kualitas tanah khusus BTEX. Nilai konsentrasi berdasarkan LOD menunjukkan konsentrasi senyawa BTEX dalam sampel tanah belum memenuhi baku mutu KEPMEN LH No.128 Tahun 2003 yang mengatur tentang tatacara dan persyaratan teknis pengolahan limbah dan tanah terkontaminasi oleh minyak bumi secara biologis kecuali pada senyawa etilbenzena yang nilai nya memenuhi baku mutu lingkungan. Namun dikarenakan konsentrasi yang terbaca adalah nilai berdasarkan perhitungan LOD tidak menutup kemungkinan nilai konsentrasi pada sampel berada dibawah nilai tersebut dan masih di bawah baku mutu, untuk mengetahui lebih jelas perlu dilakukan pengujian ulang dan lebih spesifik untuk konsentrasi BTEX.

4.7. Analisis Pemajanan (Exposure Assessment)

Perhitungan intake oral akan dilakukan pada responden dengan data-data yang dimiliki oleh responden anak –anak saja dikarenakan yang difokuskan pada penelitian ini adalah potensi bahaya terhadap anak-anak dimana anak-anak di daerah ini sering bermain tanah dan memiliki kemungkinan besar secara tidak sengaja memakan tanah. Dalam perhitungan intake nilai konsentrasi yang digunakan adalah nilai konsentrasi dari perhitungan LOD karena nilai konsentrasi BTEX pada alat tidak terdeteksi. Data-data yang dimiliki responden usia golongan anak-anak sebagai berikut:

a. Intake Realtime :

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

Tabel 4.20.Perhitungan Oral Intake Realtime

RUMUSAN	SATUAN	GOL.ANAK-ANAK
konsentrasi benzena (C)	mg/kg	5,53
konsentrasi toluena (C)	mg/kg	72,48
konsentrasi etilbenzena (C)	mg/kg	2,78
konsentrasi p-xilena (C)	mg/kg	7,15
konsentrasi o-xilena (C)	mg/kg	10,95
konsentrasi m-xilena (C)	mg/kg	12,00
laju kontak (CR)	kg/hari	0,01375
frekuensi pajanan (EF)	hari/tahun	365
waktu pajanan (ET)	hari	1
durasi pajanan (ED),realtime	tahun	8
durasi pajanan (ED), 95 percentile	tahun	30
durasi pajanan (ED), lifetime	tahun	70
berat badan (BB)	kg	26
periode waktu rerata (AT) 365hari/tahun *30 tahun (non-kanker)	hari/tahun	10950
periode waktu rerata (AT) 365hari/tahun *70 tahun (kanker)	hari/tahun	25550
intake realtime benzena		$3,348 \times 10^{-4}$
Toluena		$4,381 \times 10^{-3}$
Etilbenzena		$1,683 \times 10^{-4}$
p-xilena		$1,481 \times 10^{-7}$
o-xilena		$6,624 \times 10^{-4}$
m-xilena		$7,254 \times 10^{-4}$

Contoh perhitungan *Intake Realtime Benzene* :

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

$$I = \frac{5,53 \times 0,01375 \times 1 \times 365 \times 8}{26 \times 25550}$$

$$I = 3,348 \times 10^{-4}$$

Tabel diatas merupakan perhitungan analisis pajanan oral senyawa Benzena *intake realtime* untuk golongan usia anak-anak dengan hasil intake untuk senyawa Benzena $3,348 \times 10^{-4}$, untuk senyawa Toluena $4,381 \times 10^{-3}$, untuk senyawa Etilbenzena $1,683 \times 10^{-4}$, untuk senyawa p-Xilena $1,481 \times 10^{-7}$, untuk senyawa o-Xilena $6,624 \times 10^{-4}$, dan untuk senyawa m-Xilena $7,254 \times 10^{-4}$, pada golongan usia ini diperkirakan laju kontak (CR) tanah mencapai 0,01375 kg/hari atau 13,75 gram/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 4.21. Perhitungan Oral Intake 95 Percentile

RUMUSAN	SATUAN	GOL. ANAK-ANAK
konsentrasi benzena (C)	mg/kg	5,53
konsentrasi toluena (C)	mg/kg	72,48
konsentrasi etilbenzena (C)	mg/kg	2,78
konsentrasi p-xilena (C)	mg/kg	7,15
konsentrasi o-xilena (C)	mg/kg	10,95
konsentrasi m-xilena (C)	mg/kg	12,00
laju kontak (CR)	kg/hari	0,01375
frekuensi pajanan (EF)	hari/tahun	365
waktu pajanan (ET)	hari	1
durasi pajanan (ED), realtime	tahun	8
durasi pajanan (ED), 95 percentile	tahun	30
durasi pajanan (ED), lifetime	tahun	70
berat badan (BB)	kg	26
periode waktu rerata (AT) 365hari/tahun *30 tahun (non-kanker)	hari/tahun	10950
periode waktu rerata (AT) 365hari/tahun *70 tahun (kanker)	hari/tahun	25550
intake 95 percentile benzena		$1,255 \times 10^{-3}$

RUMUSAN	SATUAN	GOL.ANAK-ANAK
Toluena		$1,643 \times 10^{-2}$
Etilbenzena		$6,310 \times 10^{-4}$
p-xilena		$1,621 \times 10^{-3}$
o-xilena		$2,484 \times 10^{-3}$
m-xilena		$2,720 \times 10^{-3}$

Contoh perhitungan *Intake 95 Percentile Benzene* :

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

$$I = \frac{5,53 \times 0,01375 \times 1 \times 365 \times 30}{26 \times 25550}$$

$$I = 1,255 \times 10^{-3}$$

a. Intake Lifetime :

Tabel 4.22.Perhitungan Oral Intake Lifetime

RUMUSAN	SATUAN	GOL.ANAK-ANAK
konsentrasi benzena (C)	mg/kg	5,53
konsentrasi toluena (C)	mg/kg	72,48
konsentrasi etilbenzena (C)	mg/kg	2,78
konsentrasi p-xilena (C)	mg/kg	7,15
konsentrasi o-xilena (C)	mg/kg	10,95
konsentrasi m-xilena (C)	mg/kg	12,00
laju kontak (CR)	kg/hari	0,01375
frekuensi pajanan (EF)	hari/tahun	365
waktu pajanan (ET)	hari	1
durasi pajanan (ED),realtime	tahun	8
durasi pajanan (ED), 95 percentile	tahun	30
durasi pajanan (ED), lifetime	tahun	70
berat badan (BB)	kg	26

periode waktu rerata (AT) 365hari/tahun *30 tahun (non-kanker)	hari/tahun	10950
periode waktu rerata (AT) 365hari/tahun *70 tahun (kanker)	hari/tahun	25550
intake lifetime benzena		$2,929 \times 10^{-3}$
Toluena		$3,833 \times 10^{-2}$
Etilbenzena		$1,472 \times 10^{-3}$
p-xilena		$3,783 \times 10^{-3}$
o-xilena		$5,79 \times 10^{-3}$
m-xilena		$6,347 \times 10^{-3}$

Contoh perhitungan *Intake Lifetime Benzene* :

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

$$I = \frac{5,53 \times 0,01375 \times 1 \times 365 \times 70}{26 \times 25550}$$

$$I = 2,929 \times 10^{-3}$$

Perhitungan Intake oral hanya dilakukan pada golongan usia anak-anak selain karena aktivitas bermain tanah anak-anak yang paling dekat dengan potensi bahaya, disebabkan oleh faktor usia anak-anak yang berpotensi terpapar oleh senyawa Benzena pada saat berada di wilayah 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 di kawasan 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).

Berikut adalah perhitungan risiko kanker (ECR) :

$$\begin{aligned} & \text{Express Cancer Risk (ECR) :} \\ & \text{Intake Karsinogenik} \times 0.029 \text{ (Benzena)} \\ \text{ECR} &= (2,929 \times 10^{-3}) \times (0,029) \\ &= 8,49 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa pada golongan usia anak-anak belum berisiko kanker akibat pajanan benzena dengan hasil perhitungan risiko kesehatan terhadap responden tiap SPBU belum melebihi ambang batas ($\text{ECR} \leq 10^{-4}$) yaitu, $= 8,7 \times 10^{-5}$. Data rekapitulasi hasil perhitungan *Oral Intake Realtime, 95Percentile dan Lifetime* bertujuan untuk mencari batas aman dengan kemungkinan adanya pencemaran BTEX yang dapat mengakibatkan risiko kanker (ECR). Nilai ECR pada penelitian ini difokuskan pada sumber pajanan anak-anak yang termakan tanah pada saat bermain tanah.

Setelah dilakukan perhitungan risiko kanker (ECR) dilanjutkan dengan perhitungan risiko non-kanker (RQ). Berikut adalah perhitungan nilai risiko non-kanker :

Tabel 4.23. Nilai RQ Intake Realtime

SENYAWA	NILAI INTAKE	NILAI RQ	STATUS RQ
BENZENA	$3,348 \times 10^{-4}$	$1,154 \times 10^{-2}$	
TOLUENA	$4,381 \times 10^{-3}$	$5,476 \times 10^{-2}$	
ETILBENZENA	$1,683 \times 10^{-4}$	$1,683 \times 10^{-2}$	
P-XILENA	$1,481 \times 10^{-7}$	$7,403 \times 10^{-6}$	<1 DIBAWAH AMBANG BATAS
O-XILENA	$6,624 \times 10^{-4}$	$3,312 \times 10^{-2}$	
M-XILENA	$7,254 \times 10^{-4}$	$3,627 \times 10^{-2}$	

Tabel 4.24. Nilai RQ Intake 95 Percentile

SENYAWA	NILAI INTAKE	NILAI RQ	STATUS RQ
---------	--------------	----------	-----------

BENZENA	$1,255 \times 10^{-3}$	$4,329 \times 10^{-2}$	<1 DIBAWAH AMBANG BATAS
TOLUENA	$1,643 \times 10^{-2}$	$2,054 \times 10^{-1}$	
ETILBENZENA	$6,310 \times 10^{-4}$	$6,310 \times 10^{-2}$	
P-XILENA	$1,621 \times 10^{-3}$	$8,106 \times 10^{-2}$	
O-XILENA	$2,484 \times 10^{-3}$	$1,242 \times 10^{-1}$	
M-XILENA	$2,720 \times 10^{-3}$	$1,360 \times 10^{-1}$	

Tabel 4.25. Nilai RQ Intake Lifetime

SENYAWA	NILAI INTAKE	NILAI RQ	STATUS RQ
BENZENA	$2,929 \times 10^{-3}$	$1,010 \times 10^{-1}$	<1 DIBAWAH AMBANG BATAS
TOLUENA	$3,833 \times 10^{-2}$	$4,792 \times 10^{-1}$	
ETILBENZENA	$1,472 \times 10^{-3}$	$1,472 \times 10^{-1}$	
P-XILENA	$3,783 \times 10^{-3}$	$1,892 \times 10^{-1}$	
O-XILENA	$5,796 \times 10^{-3}$	$2,898 \times 10^{-1}$	
M-XILENA	$6,347 \times 10^{-3}$	$3,173 \times 10^{-1}$	

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa pada golongan usia anak-anak tidak berisiko non-kanker akibat pajanan BTEX dengan hasil perhitungan risiko kesehatan terhadap responden tiap SPBU belum melebihi ambang batas ($RQ \leq 1$) pada setiap intake yaitu, *Intake Realtime*, *95Percentile* dan *Lifetime*. Menurut Rahman et al, 2004 nilai $RQ \leq 1$ ini menunjukkan nilai risiko kesehatan tidak perlu dikendalikan tetapi perlu dipertahankan agar nilai numerik RQ tidak lebih dari 1.

4.8. Perhitungan *Total Organic Carbon*

4.8.1. Perhitungan Kadar Air % dalam Tanah

Analisis kandungan air dalam tanah dilakukan dengan metode gravimetric sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 1965:2008 tentang Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium. Dalam metode ini kadar air didapatkan dari berat tanah yang hilang setelah proses pemanasan pada

oven bersuhu 110°C. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai kadar air pada sampel tanah di 4 lokasi SPBU sebagai berikut :

Tabel 4.26.Nilai Kadar Air Pada Sampel Tanah

	KEDALAMAN (m)	% AIR
SPBU A (MONJALI)	0,5	8,20354
	1	8,863636
	1,5	8,326531
	2	8,147368
	2,5	8,421053
	3	8,085308
	3,5	8,403941
	4	8,867347
	4,5	8,892889
	5	8,565815
PEMBANDING : MONJALI STERIL	0,3	8,173828
SPBU B (JAKAL BESI)	0,5	7,501922
	1	7,509921
	1,5	8,291203
	2	8,456973
	2,5	8,468293
	3	8,925703
PEMBANDING : JAKAL BESI STERIL	0,3	8,667439
SPBU C (KRANGGAN)	0,5	8,70614
	1	8,682171
	1,5	8,699454
PEMBANDING : KRANGGAN STERIL	0,3	8,656885
SPBU D (TAMAN SISWA)	0,5	8,765182
	1	8,953368
	1,5	8,873085
PEMBANDING : TAMAN SISWA STERIL	0,3	8,908098

Sumber : Analisis Data

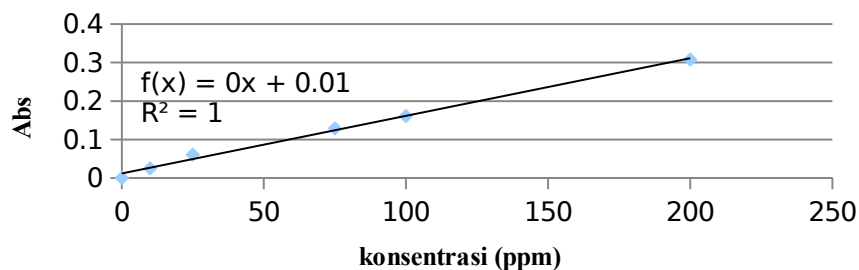
Berdasarkan tabel 4.26 yang didapat dari penelitian kadar air pada tanah sampel dapat dilihat bahwa pada umumnya semakin dalam kedalaman tanah kadar air nya semakin besar. Hal ini dikarenakan biasanya tanah dibagian permukaan bertekstur pasir sehingga kandungan airnya relatif lebih sedikit. Hal ini sesuai dengan pendapat Hakim (1986) yang menyatakan apabila tanah bertekstur pasir maka kemampuan mengikat air itu rendah disebabkan susunan partikel pasir itu padat, berbeda halnya dengan tanah bagian semakin dasar biasanya bertekstur tanah liat yang kandungan kadar airnya tinggi dikarenakan susunan partikelnya lebih renggang. Selanjutnya nilai kadar air yang didapat akan digunakan untuk perhitungan kandungan *Total Organic Carbon (TOC)* dalam sampel tanah.

4.8.2 Perhitungan *Total Organic Carbon (TOC)* Sampel Tanah

Pada penelitian ini persentase TOC untuk menjelaskan tingginya konsentrasi senyawa BTEX pada kedalaman tanah yang dijelaskan oleh nilai koefisien distribusi (Kd). Pengujian diukur menggunakan metode spektrofotometri. Dasar penetapan nilai TOC metode spektrofotometri ini adalah karbon organik dalam sampel tanah direaksikan dengan Cr^{6+} , Lalu Cr^{6+} (berwarnajingga) tereduksi oleh karbon organik menjadi Cr^{3+} (berwarnahijau). Warna hijau yang terbentuk setara dengan karbon organik dalam sampel tanah dan diukur dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 561 nm. Nilai absorbansi sampel tanah di bandingkan dengan deret larutan standar glukosa. Berikut kurva kalibrasi standar :

Tabel 4.27. Nilai Absorbansi Larutan Standar 0-200 ppm

KONSENTRASI (ppm)	Abs
0	0
10	0,025
25	0,06
75	0,129
100	0,161
200	0,308



Gambar 4.18.Kurva Kalibrasi Larutan Standar TOC

Dengan menggunakan persamaan regresi $y = 0,001x + 0,011$ pengukuran dilanjutkan dengan perhitungan konsentrasi TOC pada tiap sampel dengan menggunakan nilai absorbansi masing-masing sampel.

Tabel 4.28.Perhitungan %TOC pada tiap Sampel

Kedalaman Sampel(m)	Abs	Konsentrasi Kurva	ml ekstraks	mg sampel	%Air	%TOC Sampel
A(Monjali) 0,5	0,041	30	10	50,11	8,20 %	0,5508
1	0,035	24	10	50,07	8,86 %	0,437472
1,5	0,027	16	10	51,1	8,32 %	0,293376
2	0,026	15	10	50,35	8,14 %	0,27558
2,5	0,03	19	10	50,25	8,42 %	0,348004
3	0,02	9	10	50,33	8,08 %	0,165456
3,5	0,028	17	10	50,17	8,40 %	0,31144
4	0,014	3	10	50,09	8,86 %	0,054684
4,5	0,021	10	10	50,08	8,89 %	0,18222

						%	
						8,56	
5	0,019	8	10	50,44	%	0,146304	
B(Besi Jakal)						7,50	
0,5	0,032	21	10	50,45	%	0,3885	
						7,50	
1	0,023	12	10	50,14	%	0,222	
						8,29	
1,5	0,017	6	10	50,25	%	0,110052	
						8,45	
2	0,02	9	10	50,21	%	0,16479	
						8,46	
2,5	0,015	4	10	50,45	%	0,073232	
						8,92	
3	0,024	13	10	50,17	%	0,236808	
C(Kranggan)						8,70	
0,5	0,034	23	10	50,23	%	0,41998	
						8,68	
1	0,021	10	10	50,16	%	0,18264	
						8,69	
1,5	0,035	24	10	50,34	%	0,438288	
D(Taman Siswa)						8,76	
0,5	0,061	50	10	50,05	%	0,9124	
						8,95	
1	0,031	20	10	50,41	%	0,3642	
						8,87	
1,5	0,017	6	10	50,02	%	0,109356	

Contoh perhitungan % TOC Sampel Monjali 0,5 m :

Konsentrasi : $y = 0,001x + 0,011$

$$x = \frac{|-0,011|}{0,001} = \frac{0,041-0,011}{0,001} = 30 \text{ ppm}$$

$$\% \text{ TOC} = \text{Konsentrasi TOC} \times \frac{\text{mlekstraks}}{1000} \times \frac{100}{\text{mg sampel}} \times$$

$$\frac{100}{100 - \% \text{kadar air}}$$

$$= 30 \times \frac{\text{mlekstraks}}{1000} \times \frac{100}{\text{mg sampel}} \times \frac{100}{100 - 8,20}$$

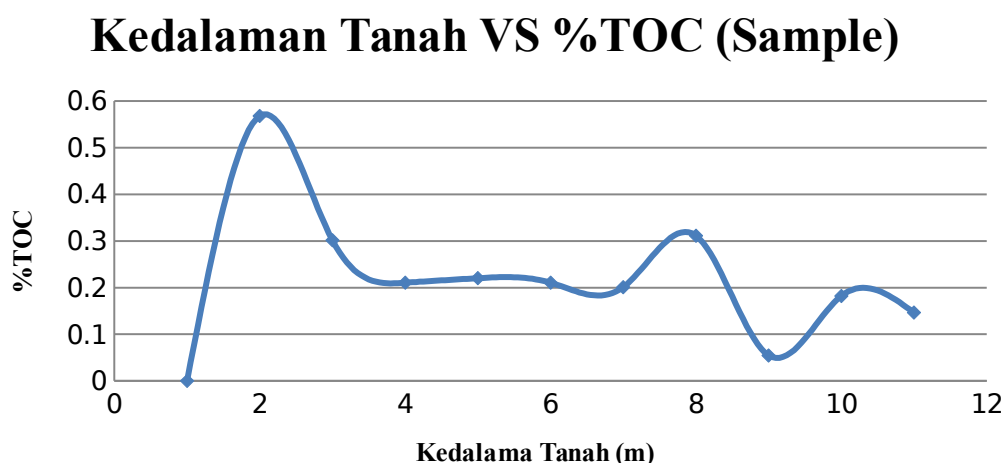
$$= 0,5508 \%$$

Berikut adalah tabel perbandingan Rerata % TOC dengan kedalaman Sampel :

Tabel 4.28. Perbandingan Rerata % TOC VS Kedalaman Sampel

Kedalaman Tanah	%TOC
0,5	0,56792
1	0,301578
1,5	0,210429
2	0,220185
2,5	0,210618
3	0,201132
3,5	0,31144
4	0,054684
4,5	0,18222
5	0,146304

Berikut Grafik hubungan nilai TOC dalam tanah dengan kedalaman sampel tanah :



Gambar 4.19. Grafik Hubungan Antara Kedalaman Tanah dengan %TOC

Dari gambar 4.28 diketahui bahwa persentase TOC dalam tanah dapat menjelaskan tingginya kedalaman tanah dimana terlihat secara garis besar semakin dalam tanah semakin kecil persentase kandungan TOC didalamnya, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Arsyad, (2017) bahwa semakin dalam sampel tanah konsentrasi senyawa BTEX semakin menurun . Namun pada kedalaman 2m dilihat terjadi kenaikan nilai TOC, hal tersebut mungkin karena terjadi biodegradasi senyawa pada kedalaman tersebut. Selain itu persentase TOC dalam tanah dapat menjelaskan tingginya konsentrasi BTEX total pada

kedalaman tanah yang lebih dangkal dapat dijelaskan oleh Koefisien Distribusi (Kd).

Koefisien distribusi digunakan untuk memprediksi mobilitas dan transport dari kontaminan didalam tanah. Semakin besar nilai Kd maka kontaminan tersebut semakin terikat dengan tanah dan memiliki kecenderungan untuk tidak mencemari air tanah dan permukaan tanah karena kontaminan tersebut terikat kuat dalam partikel tanah. Sebaliknya, jika nilai Kd kontaminan itu rendah maka mobilitas dan transport dari kontaminan akan tinggi sehingga beresiko untuk mencemari airtanah dan permukaan tanah (Odermatt, 1993). Nilai Kd dihitung menggunakan rumus berikut:

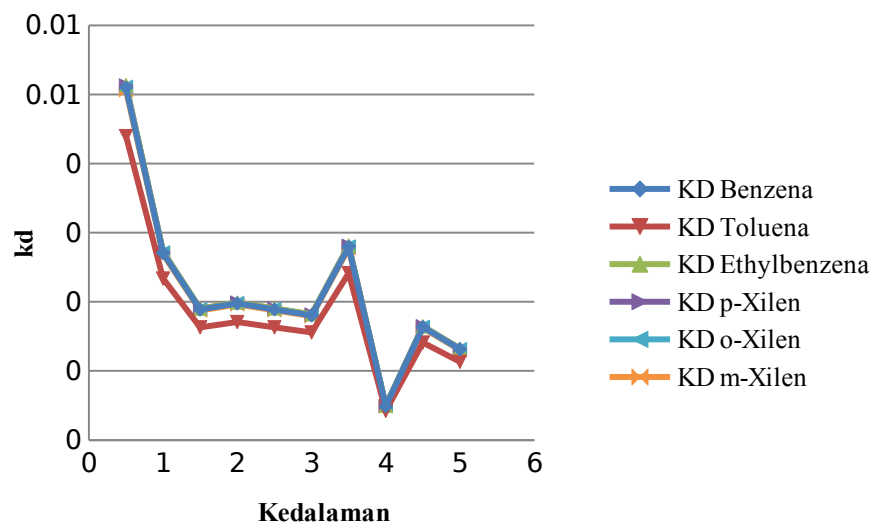
$$Kd = Koc \times f_{oc}$$

(Odermatt, 1993)

Dimana Koc adalah Koefisien adsorpsi dan f_{oc} adalah persentase TOC dibagi 100. Berikut adalah perhitungan nilai Kd :

Tabel 4.29. Tabel Perhitungan Nilai Koefisien Distribusi

Kedalaman Tanah	KD Benzena	KD Toluena	KD Ethylbenzene	KD p-Xilen	KD o-Xilen	KD m-Xilen
0,5	0,0056	0,0048	0,0056	0,0056	0,0056	0,0055
1	0,0029	0,0025	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029
1,5	0,0020	0,0017	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
2	0,0021	0,0018	0,0021	0,0021	0,0021	0,0021
2,5	0,0020	0,0017	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
3	0,0019	0,0017	0,0020	0,0019	0,0019	0,0019
3,5	0,0030	0,0026	0,0030	0,0030	0,0030	0,0030
4	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
4,5	0,0017	0,0015	0,0018	0,0018	0,0018	0,0017
5	0,0014	0,0012	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014



Gambar 4.21. Grafik Hubungan antara Kedalaman Sampel dengan Kd

Dari gambar 4.21 tersebut dapat menjelaskan distribusi konsentrasi BTEX yang terukur dalam beberapa kedalaman sampel tanah. Dalam Tabel 4.4 senyawa yang paling besar konsentrasinya adalah total xilena. Hal tersebut sesuai dengan nilai Kd senyawa xylene yang hampir selalu semakin tinggi tiap pengurangan kedalaman sampel tanah karena senyawa xylene teradsorpsi kuat dalam partikel tanah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bariroh, (2017) tentang konsentrasi BTEX pada air tanah dan Arsyad, (2017) tentang konsentrasi BTEX pada tanah menunjukkan hal yang sama dimana konsentrasi senyawa xilena adalah konsentrasi yang tertinggi .

Tabel 4.20. Perbandingan Konsentrasi Senyawa BTEX dalam Air Tanah dengan Tanah

Komponen Lingkungan	Konsentrasi (ppb)				
	Benzene	Toluene	Ethylbenzene	o-xylene	p-xylene
Air Tanah*	9,368	0,340	1,014	25,631	3,008
Tanah	ND	11,193	31,278	21,541	33,374

Sumber: *Penelitian Bariroh, 2017 dan Arsyad, 2017

Dari hasil perbandingan tersebut dapat diketahui senyawa dengan konsentrasi terbesar baik dalam air tanah dan tanah adalah senyawa p-xylene

dan senyawa dengan konsentrasi terkecil adalah senyawa benzena. Hal tersebut karena sifat fisik dan kimia dari senyawa BTEX dan adanya hubungan yang linear antara konsentrasi BTEX dalam tanah dan airtanah dalam kondisi setimbang. Oleh karena itu akan terjadi peningkatan konsentrasi senyawa BTEX dalam tanah jika ada peningkatan konsentrasi senyawa BTEX dalam air dengan faktor konstan (Chiou et al, 2000).

4.9. *Transport Senyawa BTEX dalam Tanah*

Senyawa BTEX dari kegiatan SPBU dapat menjadi kontaminan pada tanah dengan beberapa cara. Cara pertama senyawa BTEX dapat mengkontaminasi tanah apabila terjadi kebocoran UST, cara kedua adalah adsorpsi senyawa BTEX dalam fasa gas oleh tanah, dan cara ketiga adalah jika terjadi tumpahan air tanah yang mengandung BTEX pada permukaan tanah. Apabila terjadi kebocoran UST di SPBU senyawa BTEX dapat mencemari tanah. Hal tersebut sesuai penelitian yang dilakukan Lo dan Li (2004), dimana konsentrasi senyawa BTEX pada tahun pertama kebocoran akan terkonsentrasi di sepanjang garis vertikal titik kebocoran. Setelah itu senyawa BTEX terkonsentrasi dan membentuk zona konsentrasi tinggi di atas permukaan airtanah. Kemudian senyawa BTEX akan menyebar secara lateral. Hingga pada akhirnya konsentrasi BTEX akan menurun seiring dengan berjalannya waktu karena proses alam seperti biodegradasi. Selain senyawa BTEX bersifat volatil sehingga aktifitas pengisian bahan bakar pada kendaraan bermotor dapat menguapkan sejumlah senyawa BTEX ke udara. Tanah dapat mengadsorpsi senyawa BTEX dalam fasa gas. Pada adsorpsi ini senyawa BTEX dalam fasa gas dapat terjadi dengan mekanisme sebagai berikut: adsorpsi dari fasa uap ke permukaan mineral tanah murni, adsorpsi pada permukaan lapisan air yang teradsorpsi pada mineral tanah atau disolusi senyawa BTEX dalam fasa gas menjadi cair (Goss dan Steven, 1996).

Jika dibandingkan dengan hasil yang didapatkan pada penelitian ini, senyawa BTEX dalam sampel tanah dimungkinkan berasal dari adsorpsi senyawa BTEX oleh mineral tanah pada permukaan tanah atau karena tumpahan air yang mengandung senyawa BTEX karena zona konsentrasi

tinggi terjadi di permukaan tanah bukan pada kedalaman terdalam sampel tanah dan pada alat nilai konsentrasinya tidak terdeteksi yang menunjukkan konsentrasinya sangat kecil.

4.10. Identifikasi Potensi Bahaya Kandungan BTEX di Lokasi Penelitian

- a) Kondisi dan Kejadian Yang Dapat Menimbulkan Bahaya :
1. Hanya 13,5% masyarakat pada 4 lokasi yang memiliki pengetahuan bahaya BTEX bagi kesehatan dan lingkungan.
 2. Tekstur Tanah di SPBU C lempung berdebu.
 3. Beberapa masyarakat usia dewasa-lansia bekerja sehari-hari dengan bertani. Sebanyak 58,3 % responden berpotensi terpajan senyawa BTEX melalui 2 jalur pajanan secara dermal dan oral.
 4. Sebanyak 64,1% anak-anak masih sering bermain tanah.
 5. Nilai Kd senyawa Toluena yang rendah pada 4 lokasi.

- b) Jenis Keresahan Dan Kecelakaan Yang Dapat Terjadi

1. Hanya 13,5% masyarakat pada 4 lokasi yang memiliki pengetahuan bahaya BTEX bagi kesehatan dan lingkungan.

Kondisi ini berpotensi menimbulkan bahaya karena pada dasarnya senyawa BTEX adalah kontaminan yang efeknya akan muncul ketika mencapai jangka waktu yang panjang sehingga seharusnya masing masing masyarakat melakukan kegiatan pencegahan dimulai dari dirinya sendiri untuk meminimalisir pajanan BTEX, dan hal ini juga dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan ketika kebocoran UST terjadi di permukaan sehingga kemungkinan mencapai permukaan tanah benar-benar besar tetapi masyarakat tidak mengetahui tanda-tandanya sehingga tidak melakukan penanganan apa-apa dan kebocoran akan terus menerus menguap membahayakan kesehatan manusia dan kualitas tanah.

2. Tekstur Tanah di SPBU C lempung berdebu.

Lokasi pada SPBU C yang memiliki tekstur tanah lempung berdebu dapat menyebabkan bahaya dikarenakan teksur tanah lempung berdebu bertekstur kasar sedang-besar yang berarti memiliki nilai kelolosan air yang tinggi. Nilai kelolosan air yang tinggi berarti mudah juga meloloskan bahan pencemar termasuk senyawa BTEX untuk masuk ke dalam tanah air tanah. Perubahan kimiawi tanah yang radikal dapat timbul dari adanya senyawa BTEX tersebut. Perubahan ini dapat menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda yang hidup di lingkungan tanah. Akibatnya bahkan dapat memusnahkan beberapa spesies primer dari rantai makanan, yang dapat memberi akibat yang besar terhadap predator atau tingkatan lain dari rantai makanan tersebut. Bahkan jika efek kimia pada bentuk kehidupan terbawah tersebut rendah, bagian bawah piramida makanan dapat menelan bahan kimia asing yang lama-kelamaan akan terkonsentrasi pada makhluk-makhluk penghuni piramida atas. Kemampuan tanah untuk menyediakan air bagi pertanian juga akan terganggu. Senyawa BTEX dapat menutupi sebagian pori tanah sehingga mengurangi efektivitas pelepasan karbon dalam tanah. Karbon dari yang dihasilkan dari kegiatan mikroba akan tersimpan dan tidak dapat dikeluarkan, tentu saja ini akan sangat mempengaruhi keadaan tanah dan tingkat kesuburannya.

3. Beberapa masyarakat usia dewasa-lansia bekerja sehari-hari dengan bertani. Sebanyak 58,3 % responden berpotensi terpajan senyawa BTEX melalui 2 jalur pajanan secara dermal dan oral.

Kondisi ini menunjukkan persentase masyarakat yang terpajan BTEX melalui 2 jalur pajanan sekaligus cukup besar, karena mencapai nilai lebih dari 50%. Meskipun nilai kandungan BTEX dalam tanah kecil namun akan tetap menjadi risiko ketika itu terjadi dalam jangka panjang.

4. Sebanyak 64,1% anak-anak masih sering bermain tanah.

Kecelakaan yang dapat terjadi akibat kondisi ini adalah sebanyak 64,1% anak-anak memakan tanah. Meskipun kandungan BTEX dalam tanah

kecil namun jika mereka memakan tanah tersebut setiap hari dalam jangka waktu mencapai 5 tahun dikhawatirkan dapat memunculkan gejala-gejala gangguan kesehatan.

5. Nilai Kd senyawa Toluena yang rendah pada 4 lokasi.

Kecelakaan yang dapat terjadi akibat kondisi ini adalah senyawa toluena mencapai ke permukaan tanah. Karena nilai koefisien distribusi toluena yang rendah akan membuat mobilitas dan transport dari kontaminan tinggi sehingga risiko pencemaran sampai ke permukaan tanah dengan cepat. Jika pencemaran mencapai permukaan kesehatan manusia dan merusak lingkungan akan cepat terganggu.

Pada penelitian ini dapat diketahui senyawa BTEX memiliki konsentrasi yang benar-benar kecil dimana pada alat belum terdeteksi sehingga potensi bahaya yang dapat diidentifikasi adalah berdasarkan nilai perhitungan LOD. Oleh karena itu untuk benar-benar mengidentifikasi potensi bahaya melalui besarnya konsentrasi senyawa BTEX pada tanah diperlukan penelitian lanjutan yang pengambilan sampel nya benar-benar berpotensi pada titik yang tanah nya mengandung BTEX.

4.11. 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, manajemen risiko yang dilakukan adalah dengan memperhitungkan nilai pajanan 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.

Dari hasil perhitungan intake oral golongan anak-anak disekitar SPBU 'A', 'B', 'C', dan 'D' Daerah Istimewa Yogyakarta yang dilakukan, dengan nilai intake yang didapat jika dilakukan perhitungan lanjutan untuk efek kanker dan non-kanker akibat adanya konsentrasi BTEX pada tanah diketahui bahwa responden golongan anak-anak belum berisiko terhadap efek kanker dengan nilai $ECR = 8,7 \times 10^{-5} < 10^{-4}$. Hal ini serupa dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Lisnawaty (2018) tentang analisis risiko lingkungan adanya konsentrasi BTEX pada air tanah bahwa nilai efek kanker yang didapat kecil. Namun apabila diketahui atau muncul beberapa indikasi kanker untuk responden beberapa tahapan yang diperlukan dalam manajemen risiko lingkungan terhadap paparan BTEX yang terdapat dalam 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).

Dalam penelitian ini didapatkan nilai konsentrasi BTEX yang masih sangat kecil pada sampel uji dimana pada alat nilainya masih dibawah deteksi limit. Namun hal ini tetap memiliki potensi bahaya karena tetap memiliki kemungkinan terjadinya pencemaran tanah mengingat senyawa BTEX adalah senyawa yang bisa menimbulkan dampak semakin besar jika berada dalam jangka waktu yang semakin panjang. Kontaminan sekecil apapun yang merupakan senyawa BTEX dapat memiliki potensi bahaya untuk tanah di sekitar SPBU. Apabila pencemaran tanah terjadi melalui kebocoran tangki UST yang mengandung senyawa hidrokarbon sebagai bahan pencemar akan menjadi masalah terhadap kesuburannya. Oleh karena itu diperlukan suatu teknik untuk pemulihan. Pendekatan yang dapat dilakukan diantaranya :

1. Pendekatan Teknologi

Untuk Teknik Bioremediasi, terdapat dua pendekatan yang dapat digunakan dalam bioremediasi tumpahan minyak: (1) bioaugmentasi, di mana mikroorganisme pengurai ditambahkan untuk melengkapi populasi mikroba yang telah ada, dan (2) biostimulasi, di mana pertumbuhan bakteri pengurai hidrokarbon asli dirangsang dengan cara menambahkan nutrisi dan atau mengubah habitatnya. Hingga sekarang teknologi itu terus dikembangkan

termasuk penggunaan bakteri. Mikroorganisme yang dapat digunakan adalah jenis bakteri (*Pseudomonas sp.*, *Rhodococcus sp.*, *Bacillus sp.*, dsb), Fungi (*Aspergillus niger*, *Neurosporacrassca*, dsb), Cyanobacteria dan Alga (*Nostoc sp.*, *Chlorella Sorokiana*)

2. Pendekatan Hukum oleh Pemerintah

Upaya yang lebih strategis adalah tindakan preventif untuk mengantisipasi terjadinya kecelakaan kebocoran tangki UST itu sendiri. Rendahnya kesadaran akan aspek lingkungan di Indonesia, baik secara individu, kelompok, maupun institusi, menjadi restriksi dari implementasi upaya pencegahan dini. Upaya penyadaran lingkungan ini bisa melalui pendidikan publik, hingga pemberian sanksi yang tegas apabila terjadi pelanggaran atas pencemaran lingkungan kepada SPBU terkait.

Hal ini mengacu pada sistem *existing* bahwa Indonesia telah meratifikasi *Civil Liability Convention for Oil Pollution Damage (CLC 1969)*, melalui Keppres No. 18 Tahun 1978. Tujuan dari CLC 1969 adalah untuk menetapkan suatu sistem yang seragam terkait kompensasi karena kebocoran tangki UST. Konvensi ini memungkinkan masyarakat yang menjadi korban dalam hal ini untuk menuntut kompensasi kepada pemilik SPBU, sehingga sering disebut bahwa konvensi ini menganut *chanelling of liability* (kanalisasi pertanggung-jawaban), yaitu pertanggung-jawaban dibebankan kepada pihak tertentu, dalam hal ini pemilik SPBU.

Konvensi ini pun mencoba untuk menetapkan suatu keseimbangan antara kepentingan para korban dan kepentingan pemilik SPBU yang telah menyebabkan kerugian. Karena itulah, maka di satu pihak, hak para korban untuk menuntut kompensasi terjamin dengan diberlakukannya *strict liability*, tapi di sisi lain, dengan adanya pengecualian-pengecualian tertentu, maka kepentingan para pemilik SPBU pun terlindungi. Melalui konvensi inilah *strict liability* masuk ke Indonesia, dan kemudian diadopsi dalam undang-undang lingkungan hidup Indonesia sejak tahun 1982.

3. Pendekatan Instansi oleh SPBU

Selain itu, dalam kaitannya dengan pencegahan dini, setiap SPBU juga harus mencanangkan program *Zero Spill Operation*, yaitu dengan menetapkan target khusus yang disepakati untuk mencapai *zero spill operation*. Untuk

mencapai target tersebut, perusahaan perlu memiliki aturan wajib dan rigid untuk mencegah terjadinya kebocoran, dan konsisten menerapkan aturan tersebut.

4. Pendekatan Lembaga Lingkungan

Selain itu mengetahui luasnya lingkup peristiwa kebocoran yang menyangkut multisektor, mulai dari pangan, sosial, habitat, pariwisata, kesehatan, dll., maka diperlukan keterlibatan berbagai instansi, koordinasi di antara instansi pemerintah, lembaga penelitian, lembaga pendidikan, swasta, dan masyarakat sekitar. Dalam pelaksanaannya, diperlukan keterlibatan *stakeholders* terkait yang berada di bawah manajemen pemerintah untuk bersama-sama melakukan penanggulangan yang terpadu dan komprehensif. Tinjauan ulang konsesi atau kegiatan SPBU juga perlu diperketat untuk mengafirmasi tuntutan hukum atas pihak yang bertanggung-jawab dalam keelakaan kebocoran. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam kasus ini adalah penyuluhan tentang pentingnya mencuci tangan dengan sabun sehabis melakukan interaksi dengan tanah dan kebiasaan mandi masyarakat, mengingat masyarakat sekitar SPBU memiliki kemungkinan bersentuhan dengan tanah dalam aktivitas hariannya.

5. Pendekatan Sosial Budaya

Perlu disadari pentingnya kepekaan sosial dari pemerintah dan instansi instansi pendidikan untuk dengan giat mensosialisasikan wawasan bahaya senyawa BTEX kepada masyarakat di sekitar SPBU, serta memberikan pengetahuan tentang upaya upaya pencegahan yang dapat dilakukan masyarakat sejak dini seperti pentingnya mencuci tangan dengan sabun setiap sehabis beraktivitas dengan tanah. Selain itu akan lebih baik juga dengan membudayakan upaya upaya preventif lainnya menjadi sebuah kebiasaan di masyarakat.

4.10. Komunikasi Risiko

Tahapan terakhir yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengkomunikasikan seluruh data dan hasil penelitian k yaitu ke-enam point potensi bahaya di lokasi penelitian kepada masyarakatserta menjelaskan secara rinci pendekatan-pendekatan yang dapat dilakukan oleh masyarakat guna meminimalisir potensi pencemaran yang terjadi.