

ANALISIS BENZENE, TOLUENE, ETHYLBENZENE, DAN XYLENE (BTEX) DALAM SAMPEL AIR TANAH DI SEKITAR SPBU X KOTA YOGYAKARTA

ANALYSIS BENZENE, TOLUENE, ETHYLBENZENE, AND XYLENE (BTEX) IN GROUNDWATER SAMPLE AROUND GAS STATION X IN YOGYAKARTA

Azkiyatul Bariroh¹, Any Juliani², Lutfia Isna Ardhayanti³

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

azkiyabariroh16@gmail.com¹, any.juliani@uii.ac.id², lutfia.isna@uii.ac.id³

ABSTRAK

Keberadaan SPBU dapat menjadi ancaman bagi pencemaran air tanah akibat kebocoran underground storage tank oleh senyawa hidrokarbon penyusun bahan bakar, diantaranya benzena, toluena, etilbenzena dan xilena (BTEX). BTEX menjadi senyawa yang keberadaannya sangat penting untuk diketahui karena resiko bahaya yang dapat ditimbulkan. Penentuan konsentrasi BTEX menggunakan metode HS-GC-MS yang telah dioptimasi.

Konsentrasi senyawa benzena, toluena, ethylbenzena, p-xilena, o-xilena dan m-xilena dalam sampel air tanah pada titik sampling 1 berturut turut adalah 9,368 ppb; 0,340 ppb; 1,014 ppb; 2,507 ppb; 25,631 ppb; 3,008 ppb. Pada titik sampling 2 berturut turut adalah tidak terdeteksi; tidak terdeteksi; 0,064 ppb; 1,125 ppb; 23,365 ppb; 7,397 ppb. Pada titik sampling 3 berturut turut adalah 11,509 ppb; 0,347 ppb; 0,688 ppb; 0,724 ppb; 24,033 ppb; 7,478 ppb. Pada titik sampling 4 berturut turut adalah tidak terdeteksi; 0,375 ppb; 0,688 ppb; 0,679 ppb; 23,541 ppb; 4,471 ppb. Pada titik sampling 5 berturut turut adalah tidak terdeteksi; 0,686 ppb; 0,008 ppb; 0,249 ppb; tidak terdeteksi; 2,845 ppb. Pada titik sampling 6 berturut turut adalah tidak terdeteksi; 0,686 ppb; 0,008 ppb; 0,249 ppb; tidak terdeteksi; 2,845 ppb.

Kata Kunci: SPBU, BTEX, Air Tanah, Headspace-GC-MS

ABSTRACT

Gas station can be a threat to groundwater contamination due to leaking of underground storage tank by hidrokarbon compounds such as benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes (BTEX). BTEX becomes a very important compound to learn because of the hazard risk that can be caused. The method used in this research is optimization of HS-GC-MS.

The concentrations of the benzene, toluene, ethylbenzene, p-xylene, o-xylene and m-xylene compounds in the groundwater samples at the sampling point 1 sequentially are 9,368 ppb; 0,340 ppb; 1,014 ppb; 2,507 ppb; 25,631 ppb; 3,008 ppb. At the sampling point 2 are not detected; not detected; 0,064 ppb; 1,125 ppb; 23,365 ppb; 7,397 ppb. At the sampling point 3 are 11,509 ppb; 0,347 ppb; 0,688 ppb; 0,724 ppb; 24,033 ppb; 7,478 ppb. At the sampling point 4 are not detected; 0,375 ppb; 0,688 ppb; 0,679 ppb; 23,541 ppb; 4,471 ppb. At the sampling point 5 are not detected; 0,686 ppb; 0,008 ppb; 0,249 ppb; not detected; 2,845 ppb. At the sampling point 6 are not detected; 0,686 ppb; 0,008 ppb; 0,249 ppb; not detected; and 2,845 ppb.

Keywords: Gas Station, BTEX, Groundwater, Headspace-GC-MS

1. Pendahuluan

Seiring dengan kebutuhan masyarakat akan bahan bakar minyak (BBM) untuk kendaraan bermotor, maka usaha Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) menjadi usaha yang meningkat pesat. Jumlah SPBU yang semakin meningkat, menambah resiko pencemaran air tanah oleh hidrokarbon yang berasal dari bahan bakar minyak. Pencemaran air tanah oleh hidrokarbon dapat disebabkan oleh kebocoran pada tangki penyimpanan BBM di SPBU. Penentuan kadar BTEX di lingkungan cukup sulit dilakukan karena keberadaannya yang sangat sedikit di alam dan sifatnya yang mudah menguap menyulitkan dalam sampling, ekstraksi, maupun pada saat proses penyimpanan dan pembawaan sampel dan pada saat analisis sampel. Sampai saat ini terdapat beberapa metode ekstraksi yang digunakan untuk mengetahui kandungan BTEX yang terdapat di alam khususnya dalam air tanah. Metode tersebut diantaranya adalah *liquid-liquid extraction*, *solid phase extraction*, *solid phase micro extraction*, *static headspace* maupun *purge and trap*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Hanifah (2016), terjadi pencemaran air tanah di SPBU X Kota Yogyakarta oleh hidrokarbon. Zat pencemar yang teridentifikasi berada di air tanah di sekitar SPBU X adalah golongan senyawa hidrokarbon aromatik yang jika dikonsumsi akan memiliki dampak terhadap kesehatan dalam jangka panjang. Pencemaran tanah oleh hidrokarbon yang teridentifikasi berasal dari jenis BBM Diesel. SPBU X memiliki riwayat kebocoran tangki pendam, sehingga kemungkinan senyawa hidrokarbon yang terdeteksi oleh GC MS merupakan sisa endapan kebocoran. Kondisi ini juga didukung oleh jenis tanah pada SPBU X yang merupakan tanah berbutir kasar dan pori-pori besar dengan diameter 0,875 – 100 mm sehingga mudah dilewati oleh bahan pencemar.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi BTEX pada sampel air tanah di sekitar SPBU X menggunakan metode HS-GC-MS yang telah dioptimasi. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui adanya kontaminasi BTEX pada sumur warga di sekitar SPBU X kota Yogyakarta.

2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di SPBU X yang telah dinyatakan tercemar berdasarkan studi literatur yang didapatkan. Titik pengambilan sampel air tanah terbagi menjadi 6 titik di sumur warga sekitar SPBU X dengan pembagian zonasi 3 titik di zona terdampak langsung kebocoran *underground storage* SPBU X tahun 1999 (ring 1) dan 3 zona di sekitar yang tidak terdampak langsung tetapi masih dalam 1 arah aliran air (ring 2) (Muryani, 2012)



Gambar 1 Lokasi Pengambilan Sampel Air tanah

3. Metode Penelitian

Headspace-GC-MS digunakan untuk menentukan BTEX dalam sampel air tanah. Tahapan metode yang dilakukan adalah penentuan kondisi optimum HS-GC-MS, uji linearitas dan LOD LOQ serta analisis sampel air tanah. Penentuan kondisi optimum instrumen HS-GC-MS dilakukan dengan studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk mencari metode yang tepat yang dapat menganalisis BTEX menggunakan HS-GC-MS. Instrumen yang digunakan adalah GC Agilent 7820, MS Agilent 5977B MSD dan HS Agilent 7697 A. Kolom yang digunakan adalah HP 5-MS yang memiliki spesialisasi untuk mendeteksi BTEX dan senyawa semivolatile yang lain. Kondisi optimum kemudian ditentukan dengan melakukan *trial and error* dengan menggunakan metode yang didapatkan dari studi literatur hingga menemukan metode tepat. Optimasi metode HS-GC-MS dilakukan dengan menguji larutan standar BTEX dalam konsentrasi 2 ppm yang dilarutkan dalam methanol dengan grade HPLC dari LiChrosolv. Uji linearitas ditentukan dengan menguji larutan standar BTEX dalam konsentrasi 50 ppb hingga 1000 ppb. Linearitas serta LOD dan LOQ kemudian ditentukan menggunakan perhitungan matematis.

Linearitas dihitung dengan regresi linier $y = bx + a$ kemudian diperoleh koefisien korelasi (R) dan koefisien determinasi (R^2)

$$R = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}}$$

$$R^2 = R \times R$$

Nilai LOD dan LOQ dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$LOD = \frac{3 Sa}{b}$$

$$LOQ = \frac{10 Sa}{b}$$

Dengan : Sa adalah Standar Deviasi.

 b adalah slope.

Pengambilan sampel air tanah mengacu pada SNI 6989.58:2008 tentang metode pengambilan contoh air tanah. Sampel air tanah yang telah diambil kemudian diuji menggunakan metode yang telah ditentukan menggunakan instrumen HS-GC-MS. Pengujian sampel air tanah dengan HS-GC-MS dilakukan dengan mengisi *vial headspace* menggunakan 10 mL sampel air tanah dan ditutup dengan rapat sehingga *vial* dalam kondisi vakum. Sampel air tanah dalam *vial* kemudian diuji dengan HS-GC-MS. Selain melakukan pengujian pada sampel air tanah, dilakukan pula pengujian pada sampel blank menggunakan 10 mL aquades dengan perlakuan yang sama dengan sampel air tanah.

4. Hasil dan Pembahasan

Optimasi instrumen HS-GC-MS menghasilkan kromatogram yang menampilkan puncak-puncak dan senyawa yang kemungkinan ada di puncak tersebut berdasarkan waktu retensi (RT) dan massanya (m/z). Waktu retensi adalah waktu yang dibutuhkan untuk suatu senyawa melintasi kolom. Waktu retensi BTEX ditentukan berdasarkan waktu munculnya puncak BTEX pada kromatogram. Pada saat optimasi, detektor (MS) menggunakan *scan mode*. *Scan mode* digunakan untuk mendeteksi seluruh senyawa yang ada di dalam sampel. Senyawa yang terdapat dalam sampel kemudian diseleksi untuk memperoleh senyawa BTEX. Setelah diperoleh, waktu retensi dan m/z BTEX dicatat untuk kemudian digunakan dalam uji selanjutnya dengan detektor dalam *SIM mode*. *SIM mode* memungkinkan spektrometer massa mengukur massa (m/z) yang ditentukan. Berikut m/z dan waktu retensi dari BTEX yang ditemukan dalam *scan mode* dan dijadikan acuan untuk *SIM mode*.

Tabel 1 Waktu Retensi dan m/z BTEX

Nama Senyawa	m/z (massa)	Waktu Retensi (menit)	Jenis Kolom
Benzena	78	2,601	HP-5 MS
Toluena	91	4,423	HP-5 MS
Etilbenzena	106,1	6,598	HP-5 MS
p-xilena	106,1	6,790	HP-5 MS
o-xilena	106,1	7,333	HP-5 MS
m-xilena	106,1	7,499	HP-5 MS

➤ **Uji Linearitas serta LOD dan LOQ**

Setelah didapatkan kondisi optimum untuk analisa BTEX di HS-GC-MS, maka dilakukan uji linearitas serta LOD dan LOQ. Linearitas diperlukan untuk mendapatkan model yang akan digunakan untuk analisis sampel air tanah. Linearitas juga diperlukan untuk mengetahui bahwa model yang digunakan untuk analisis sampel BTEX dapat digunakan dan dapat dipercaya. LOD dan LOQ diperlukan untuk mengetahui batas deteksi dari metode dalam menentukan konsentrasi BTEX. Sehingga dapat dinyatakan apakah senyawa BTEX tersebut terdeteksi dalam sampel atau tidak. Uji linearitas serta LOD dan LOQ didapatkan dengan menganalisis data yang didapatkan dari uji larutan standar BTEX dengan rentang linier 50 ppb hingga 1000 ppb dengan *software Microsoft Excel*. Tabel 2 memperlihatkan hasil dari linearitas serta LOD dan LOQ dari senyawa BTEX.

Tabel 2 Linearitas serta LOD dan LOQ BTEX

Nama Senyawa	Persamaan Regresi Linier	Rentang Linear (ppb)	Limit of Detection (ppb)	Limit of Quantification (ppb)	R² (Linearitas)
Benzena	$y = 267,62x + 83,449$	100-1000	4,530	15,10	0,9987
Toluena	$y = 421,09x - 12939$	50-1000	2,800	9,33	0,9975
Etilbenzena	$y = 514,88x - 16569$	50-1000	2,290	7,63	0,9981
p-Xilena	$y = 288,8x - 9315,1$	50-1000	4,083	13,61	0,9982
o-Xilena	$y = 176,55x - 4036,1$	50-1000	6,679	22,26	0,9991
m-Xilena	$y = 12,302x - 195,98$	50-500	49,152	163,840	0,9967

Hasil dari uji linearitas BTEX menunjukkan linearitas yang mendekati 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang linier antar response (area) yang terdapat di kromatogram dengan konsentrasi larutan standar BTEX yang terukur. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa LOD dan LOQ senyawa BTEX berada pada 2,29 ppb hingga 49,152 ppb (LOD) dan 7,63 ppb hingga 163,840 ppb (LOQ). Sebagai contoh senyawa benzena memiliki LOD 4,530 ppb maka instrumen sudah tidak dapat mendeteksi keberadaan benzena yang memiliki konsentrasi lebih rendah dalam sampel. Pada konsentrasi lebih rendah dari 15,10 ppb benzena tidak dapat ditentukan (secara kuantitatif) sesuai dengan metode yang digunakan.

➤ Analisis BTEX dalam Sampel Air Tanah

Analisis sampel air tanah dilakukan setelah metode terkonfirmasi sehingga dapat digunakan. Analisis air tanah dimulai dengan pengambilan sampel air tanah, selanjutnya dilakukan analisis pada sampel air tanah yang telah dikumpulkan untuk mengetahui ada tidaknya kandungan BTEX dan mengetahui besar konsentrasi BTEX dalam sampel air tanah di sekitar SPBU X Kota Yogyakarta. Sampel yang telah diambil kemudian dianalisis di laboratorium untuk mengetahui konsentrasi BTEX dalam sampel air. Analisis menggunakan HS-GC-MS dengan metode yang telah dioptimasi. Detektor dipasang dalam *SIM mode* yang hanya akan mendeteksi BTEX dalam sampel air tanah, sehingga puncak hanya akan muncul pada waktu retensi yang ditentukan.

Hasil uji HS-GC-MS pada sampel air tanah ditampilkan dalam kromatogram dan didapatkan response (area) sesuai dengan waktu retensi yang digunakan dalam *SIM mode*. Response (area) tersebut digunakan untuk menentukan konsentrasi BTEX yang ada dalam sampel air tanah. Response (area) yang didapatkan dari kromatogram kemudian diolah menggunakan persamaan linier yang telah didapatkan pada uji linearitas untuk mendapatkan konsentrasi BTEX dalam sampel air tanah. Response yang didapatkan dari kromatogram dimasukkan dalam y pada persamaan linier $y = bx + a$. Konsentrasi BTEX kemudian akan dicari sebagai x . Konsentrasi BTEX yang didapatkan dari hasil perhitungan tersebut kemudian dikurangi konsentrasi dari sampel blank dan didapatkan konsentrasi BTEX dalam air tanah. Perhitungan menggunakan *software* komputer untuk memudahkan dalam penentuan konsentrasi BTEX. Berikut hasil perhitungan konsentrasi BTEX dalam sampel air tanah menurut persamaan regresi linier.

Tabel 3 Konsentrasi BTEX dalam Sampel Air Tanah

Titik Sampling	Konsentrasi (ppb)					
	Benzena	Toluena	Etilbenzena	p-xylene	o-xylene	m-xylene
Titik 1	9,368	0,340	1,014	2,507	25,631	3,008
Titik 2	ND	ND	0,064	1,125	23,365	7,397
Titik 3	11,509	0,347	0,688	0,724	24,033	7,478
Titik 4	ND	0,375	0,688	0,679	23,541	4,471
Titik 5	ND	0,686	0,008	0,249	ND	2,845
Titik 6	ND	0,686	0,008	0,249	ND	2,845

Tabel 3 menunjukkan konsentrasi BTEX berdasarkan response dari kromatogram. Benzena memiliki konsentrasi yang cenderung tidak terdeteksi jika dibandingkan dengan senyawa BTEX lain, kecuali pada titik sampling 1 dan 3 yang memiliki konsentrasi benzena cenderung tinggi. Perbedaan response yang besar untuk benzena menyebabkan konsentrasi benzena yang didapatkan juga berbeda. Sedangkan untuk senyawa yang lain, perbedaan response tidak terlalu besar sehingga konsentrasi sampel antara titik 1 dengan titik lainnya tidak jauh berbeda.

Jika dibandingkan antara LOD (batas deteksi) dengan konsentrasi BTEX pada sampel air tanah maka didapatkan hasil yang bervariasi. Pada beberapa titik, beberapa senyawa berada di atas LOD, sementara lainnya berada di bawah batas deteksi. Berikut tabel perbandingan antara LOD senyawa BTEX dengan konsentrasi BTEX dalam sampel air tanah yang telah dianalisis.

Tabel 4 Perbandingan LOD, LOQ dengan Konsentrasi Sampel

	LOD	LOQ	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6
B (ppb)	4,53	15,1	9,368	ND	11,509	ND	ND	ND
T (ppb)	2,8	9,33	0,340	ND	0,347	0,375	0,686	0,686
E (ppb)	2,29	7,63	1,014	0,064	0,688	0,688	0,008	0,008
p-X (ppb)	4,083	13,61	2,507	1,125	0,724	0,679	0,249	0,249
o-X (ppb)	6,679	22,26	25,631	23,365	24,033	23,541	ND	ND
m-X (ppb)	79,989	266,63	3,008	7,397	7,478	4,471	2,845	2,845

Tabel 4 menunjukkan perbandingan antara batas deteksi (LOD) BTEX menggunakan metode HS-GC-MS dengan konsentrasi BTEX pada sampel air tanah. Konsentrasi toluena, etilbenzena, p-xilena dan m-xilena dalam sampel air tanah di seluruh titik sampling berada dibawah batas deteksi (LOD). Sementara, konsentrasi o-xilena berada di atas LOD kecuali pada titik

sampling 5 dan 6. Pada titik sampling 5 dan 6 tidak didapatkan response o-xilena pada kromatogram, sehingga disimpulkan bahwa di titik 5 dan 6 o-xilena tidak terdeteksi. Konsentrasi o-xilena yang lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa BTEX lain disebabkan karena pada sampel blanko, senyawa o-xilena memiliki response 0, sehingga setelah dilakukan perhitungan senyawa o-xilena memiliki konsentrasi yang lebih tinggi. Batas deteksi (LOD) yang digunakan adalah batas deteksi alat sesuai dengan metode yang digunakan berdasarkan rentang linear yang telah diuji sebelumnya. Jika konsentrasi BTEX berada di atas batas deteksi, maka senyawa BTEX masih dapat dideteksi oleh instrumen HS-GC-MS dan metode yang digunakan. Jika konsentrasi berada dibawah LOD maka dapat dinyatakan bahwa sampel tidak dapat terdeteksi oleh metode yang digunakan.

Benzena yang terdapat dalam sampel air tanah memiliki konsentrasi yang paling kecil jika dibandingkan dengan senyawa BTEX lainnya karena hanya di titik 1 dan titik 3 benzena memiliki konsentrasi yang besar. Hal ini dapat terjadi karena benzena lebih mudah larut dan mudah menguap daripada senyawa BTEX yang lain. Senyawa BTEX dapat hilang dari air tanah akibat penguapan, disolusi, dan biodegradasi. Urutan hilangnya senyawa BTEX dimulai dari benzena kemudian diikuti oleh toluena, etilbenzena dan xilena (Weiner, 2012). Selain itu, benzena memiliki presentase yang lebih kecil dibandingkan dengan senyawa BTEX lainnya dalam komponen penyusun bahan bakar yakni sekitar 1% hingga 5% dari keseluruhan bahan penyusun bahan bakar (Weiner, 2012).

Faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan BTEX dalam air tanah antara lain adalah faktor fisika yakni adveksi (proses dalam air tanah yang menyebabkan perpindahan polutan mengikuti pola aliran air tanah), dispersi (proses pencampuran zat terlarut dalam air tanah), volatilisasi (volatilisasi terjadi dalam bentuk proses transfer massa, berkompetisi dengan proses sorpsi dan difusi, pengupan kontaminan dari air tanah ke udara), dan sorpsi (pergerakan polutan BTEX dalam tanah maupun air tanah). Selain faktor fisik, terdapat pula faktor kimia yakni berkaitan dengan degradasi BTEX secara aerobik oleh oksigen. Faktor biologi yang mempengaruhi keberadaan BTEX dalam air tanah yakni kemampuan biodegradasi BTEX di air tanah (Azizah, 2014).

Muryani (2012) menyatakan bahwa kedalaman muka air tanah merupakan faktor lingkungan fisik yang paling menentukan potensi pencemaran benzena dalam air tanah. Hal ini mengindikasikan bahwa kedalaman muka air tanah yang semakin dangkal, dan semakin dekat jarak vertikal dasar tangki pendam dengan muka air tanah di sekitar SPBU menyebabkan semakin cepat penyebaran benzena dalam air tanah.

Jenis tanah yang berada di sekitar lokasi penelitian merupakan tanah berpasir. Tanah berpasir memiliki kemampuan adsorpsi benzena yang sangat rendah. Benzena memiliki koefisien

adsorpsi yang tinggi yang menyebabkan mobilitasnya dalam tanah menjadi besar sehingga tidak mudah terikat dalam tanah. Keberadaan benzena yang tidak terdeteksi dalam tanah sesuai dengan konsentrasi benzena yang lebih rendah dibandingkan dengan senyawa BTEX yang lain dalam air tanah. Perbandingan antara kedalaman tanah dan kadar BTEX menunjukkan bahwa semakin dalam tanah, maka konsentrasi BTEX yang diperoleh semakin menurun.

Keberadaan BTEX dalam sampel air tanah yang diambil relatif kecil dapat disebabkan karena kebocoran *underground storage tank (UST)* terjadi pada tahun 1999 sehingga pembersihan telah dilakukan terhadap sumur-sumur yang terkena dampak kebocoran. Sumur-sumur yang digunakan masyarakat di lokasi sampling merupakan sumur baru yang dibangun setelah kasus kebocoran *UST* terjadi, hal ini menjadi salah satu penyebab konsentrasi BTEX dalam sampel air tanah relatif kecil. Sedangkan sumur-sumur lama yang terkontaminasi oleh bahan bakar akibat kebocoran *UST* telah ditutup. Selain itu, sifat senyawa BTEX yang mudah menguap sehingga hanya tersisa sedikit yang mencemari air tanah.

➤ **Kontaminasi Air Tanah oleh BTEX di Sekitar SPBU X**

BTEX termasuk senyawa yang jarang ditemukan pada air tanah. Bila ditemukan keberadaan BTEX dalam air tanah, maka konsentrasi BTEX cenderung kecil. Leusch (2012) mengumpulkan data mengenai keberadaan BTEX dalam air permukaan dan air tanah dan mengkategorikannya sebagai air permukaan dan air tanah yang terkontaminasi dan tidak terkontaminasi oleh BTEX. Konsentrasi BTEX yang ditemukan dalam air tanah dan air permukaan ditampilkan pada tabel 4.7 (satuan konsentrasi dalam ppb).

Tabel 5 Konsentrasi BTEX dalam air (Leusch, 2010)

Kontaminan	Air Permukaan	Air Permukaan yang terkontaminasi	Air Tanah	Air Tanah yang terkontaminasi
Benzena	<0,1-0,2	<i>Up to 100</i>	<0,1-1,8	<i>Up to 330</i>
Toluena	<1-15	NA	<1-100	<i>Up to 3500</i>
Etilbenzena	<0,1-1,8	<i>Up to 15</i>	<0,1-1,1	<i>Up to 2000</i>
Total Xilena	<0,1-1,2	<i>Up to 32</i>	<0,1-0,5	<i>Up to 1340</i>

Sampel air tanah di lokasi penelitian jika dibandingkan dengan tabel 5 maka terdapat beberapa titik sampling yang dapat dinyatakan tercemar berdasarkan perbandingan konsentrasi BTEX. Pada titik 1 dan 3 konsentrasi benzena termasuk dalam kategori air tanah yang

terkontaminasi. Sementara untuk toluena dan etilbenzena di semua titik sampling masuk dalam kategori air tanah yang tidak terkontaminasi. Total xilena memiliki konsentrasi yang lebih besar dari kategori air tanah yang tidak terkontaminasi, sehingga masuk dalam kategori air tanah yang terkontaminasi kecuali p-xilena dan o-xilena pada titik sampling 5 dan 6 yang memiliki konsentrasi lebih rendah dari kategori air tanah yang terkontaminasi xilena (<0,5 ppb).

Keberadaan BTEX dalam air tanah di lokasi sampling dapat menyebabkan dampak-dampak yang tidak diinginkan baik untuk lingkungan maupun masyarakat. Paparan BTEX dapat terjadi melalui oral (konsumsi) maupun melalui kontak kulit dengan air yang tercemar BTEX. Benzena merupakan senyawa yang paling berbahaya dari senyawa BTEX lain karena dapat menyebabkan kanker. Sehingga keberadaannya pada lingkungan sangat diperhatikan. Terdapat beberapa regulasi yang mengatur mengenai konsentrasi BTEX dalam air minum baik dari dalam negeri maupun luar negeri. Perbandingan konsentrasi sampel air tanah dengan regulasi yang mengatur BTEX dalam air minum ditampilkan dalam tabel 6 (satuan konsentrasi dalam ppb).

Tabel 6 Baku Mutu BTEX dalam Air Minum

	NPD WR, USEP A 2009^a	DWG WH O 2008^b	PER MEN KES 492, 2010^c	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6
B	5	10	10	9,368	ND	11,509	ND	ND	ND
T	1000	700	700	0,340	ND	0,347	0,375	0,686	0,686
E	700	300	500	1,014	0,064	0,688	0,688	0,008	0,008
p-X	10000	500	300	2,507	1,125	0,724	0,679	0,249	0,249
o-X				25,631	23,365	24,033	23,541	ND	ND
m-X				3,008	7,397	7,478	4,471	2,845	2,845

(^aNational Primary Drinking Water Regulation USEPA 2009, ^bDrinking Water Guidelines WHO 2008, ^cPeraturan Menteri Kesehatan No 492 Tahun 2010)

Tabel 6 menunjukkan peraturan yang mengatur baku mutu BTEX pada air minum. Jika dibandingkan dengan hasil analisis pada sampel air tanah yang diambil di lokasi sampling, maka senyawa toluena, etilbenzena dan xilena berada di bawah baku mutu yang dipersyaratkan. Sementara untuk benzena, pada titik sampling 3 berada di atas baku mutu air minum yakni 11,509 ppb. Sehingga untuk titik 3 air sumur tidak diperbolehkan untuk dikonsumsi langsung.

Air tanah yang masuk dalam kategori air tanah terkontaminasi BTEX akan menimbulkan dampak bagi masyarakat sekitar lokasi penelitian. Diantara dampak tersebut adalah dampak kesehatan, ekonomi, dan sosial. Dampak kesehatan dapat ditimbulkan akibat penggunaan air tanah yang terkontaminasi sehingga mempengaruhi kesehatan warga sekitar. Seperti diketahui bahwa paparan benzena dapat menyebabkan kanker dalam jangka waktu yang lama. Dampak sosial dapat terjadi jika berita mengenai air tanah yang terkontaminasi menyebar ke lingkungan lain, sehingga warga dari luar wilayah yang terkontaminasi BTEX enggan untuk berada di sekitar lokasi. Dampak ekonomi yang muncul dapat berupa hilangnya lapangan pekerjaan warga (yang sebagian besar merupakan pemilik rumah kos) akibat dari dampak sosial yang terjadi. Ketiga dampak tersebut telah dirasakan oleh warga sekitar ketika kasus kebocoran *underground storage tank* pada tahun 1999.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Metode analisis HS-GC-MS yang dilakukan mampu menganalisis BTEX pada sampel air tanah secara optimum yang ditunjukkan dengan nilai linearitas untuk senyawa benzena, toluena, etilbenzena, p-xilena, o-xilena dan m-xilena yang mendekati 1. LOD dan LOQ untuk senyawa benzena, toluena, etilbenzena, p-xilena, o-xilena dan m-xilena berturut turut antara 2,8 ppb hingga 22,26 ppb (LOD) dan 7,63 ppb hingga 163,84 ppb. Persamaan statistik (regresi linear) yang diperoleh dari linearitas dapat digunakan untuk analisis sampel air tanah.
2. Konsentrasi senyawa benzena, toluena, etilbenzena, p-xilena, o-xilena dan m-xilena dalam sampel air tanah pada titik sampling 1 berturut turut adalah 9,368 ppb; 0,340 ppb; 1,014 ppb; 2,507 ppb; 25,631 ppb; 3,008 ppb. Pada titik sampling 2 berturut turut adalah 0 ppb; 0 ppb; 0,064 ppb; 1,125 ppb; 23,365 ppb; 7,397 ppb. Pada titik sampling 3 berturut turut adalah 11,509 ppb; 0,347 ppb; 0,688 ppb; 0,724 ppb; 24,033 ppb; 7,478 ppb. Pada titik sampling 4 berturut turut adalah 0 ppb; 0,375 ppb; 0,688 ppb; 0,679 ppb; 23,541 ppb; 4,471 ppb. Pada titik sampling 5 berturut turut adalah 0 ppb; 0,686 ppb; 0,008 ppb; 0,249 ppb; tidak terdeteksi; 2,845 ppb. Pada titik sampling 6 berturut turut adalah 0 ppb; 0,686 ppb; 0,008 ppb; 0,249 ppb; tidak terdeteksi; 2,845 ppb.
3. Air tanah di titik sampling 1 dan 3 termasuk kategori terkontaminasi benzena. Air tanah pada semua titik sampling termasuk dalam kategori tidak terkontaminasi toluena dan etilbenzena. Sementara untuk xilena pada semua titik sampling terkontaminasi xilena kecuali pada titik sampling 5 dan 6 tidak terkontaminasi p-xilena dan o-xilena.

6. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa saran :

1. Perlu dilakukan ekstraksi menggunakan *Solid Phase Extraction* untuk pemekatan sampel sehingga konsentrasi yang didapatkan dapat lebih mudah dianalisis dan dapat mendeteksi BTEX dengan konsentrasi yang lebih rendah.
2. Perlu dilakukan validasi metode secara lengkap agar hasil analisis terkonfirmasi dan dapat dipertanggungjawabkan.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai potensi bahaya dan identifikasi dampak (*risk assessment*) yang disebabkan oleh pencemaran BTEX pada lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- ACEE. 1999. **Final Light Nonaqueous-Phase Liquid Weathering at Various Fuel Release Sites**. Texas : Air Force Center for Environmental Excellence Technology Transfer Division Brooks Air Force Base.
- Amzad Hossain M, Kabir M J and Salehuddin S M. 2010. **Determination of Toxic Toluene, Xylene, and Cumene in Different Lake Waters**. Bangladesh : *International Journal of Environmental Resources* Vol. 4 (2). - pp. 4(2): 341-346.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2007. **Toxicological Profile for Benzene**. US. Department of Health and Human Services Public Health Service.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2000. **Toxicological Profile for Toluene**. US. Department of Health and Human Services Public Health Service.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2010. **Toxicological Profile for Ethylbenzene**. US. Department of Health and Human Services Public Health Service.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2007. **Toxicological Profile for Xylene**. US. Department of Health and Human Services Public Health Service
- Azizah, Shofiati. 2014. **Pemodelan Potensi Pencemaran dan Degradaasi BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene) dalam air tanah (Studi Kasus SPBU 44.552.10)**. Tesis Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Baltrenas, P. Edita B. Vaida Sereviciene and Paulo Pereira. 2011. **Atmospheric BTEX Concentrations in the Vicinity of the Crude Oil refinery of the Baltic Region** . *Environmental Monitoring and Assessment Journal*, - Vol. 182.
- Cornelis, R. Crews, H. Caruso, J and Heumann, K. 2003. **Handbook of Elemental Speciation : Techniques and Methodology**. USA : John Wiley & Sons Ltd.
- Dunika, Ni Made Ayu, Parwata I Made Oka and Pathasutema I.A Manik. 2015. **Analisa Kadar Metamfetamina pada Sampel Darah dengan Metode GC-MS** . *Jurnal Chemistry Laboratory LPPM STIK Wira Medika*, - Vol. 2.
- Filho, Iraja N. Nathalia Vieceli. Eduardo Cardoso and Eduardo Lovatel. 2013. **Analisis of BTEX in Experimental Columns Containing Neat Gasoline and Gasoline-Ethanol** . *Journal of The Brazilian Chemical Society*, - Vol. 24 No 3 .
- Hanifah, Namira Audrey. 2016. **Analisis Pencemaran Air Tanah oleh Bahan Bakar Minyak (BBM) Diesel dari SPBU di Kawasan Perkotaan Yogyakarta**. Skripsi Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

- Harmayani, Kadek Diana and 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.
- Kodoatie, Robert. J and Sjarief Roestam. 2005. **Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu**. Yogyakarta : Andi.
- Leuuch, Frederic. Michael Bartkow. 2010. **A Short Primer on Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes (BTEX) in the Environment and in the Hydraulic Fracturing Fluids**. *Smart Water Research Center Griffith University*.
- Muryani, Eni. 2012. **Zonasi Potensi Pencemaran Bahan Bakar Minyak terhadap Air Tanah Bebas (Studi Kasus SPBU 44.552.10 Yogyakarta)**. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* ISSN:2085-1227, 2012. - Vol. 4
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang **Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air**
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang **Persyaratan Kualitas Air Minum**.
- Pijuan, M.Roldan, M.C Alcudia-Leon, R. Lucena, S. Cardenas, M. Valcarel. 2012. **Stir Frit Microextraction: An Approach for the Determination of Volatile Compounds in Water by Headspace-Gas Chromatography/Mass Spectrometry**. *Journal Chromatography A*- Vol 1251 (2012) 10-15
- Purnama, Setyawan. 2010. **Hidrologi Air Tanah**. Yogyakarta : Kanisius.
- Ramvalho, Adriana M Zanbotto. Hercules L de Aquino Sobrinho. Raoni B dos Anjos. Tereza N de Castro Dantas and Djalma R da Silva. 2014. **Study of Contamination by Benzene Due Diesel and Gasoline Leaks at a Gas Station in Natal/Brazil**. *International Journal of Engineering & Technology* –Vol.14 No.02
- RESTEK. 2000. **A Technical Guide for Static Headspace Analysis Using GC**. USA : Restek Corporation.
- Riyanto. 2014. **Validasi dan Verifikasi Metode Uji**. Yogyakarta : Deepublish
- Rohman, Abdul and Gandjar Ibnu Gholib. 2007. **Metode Kromatografi untuk Analisis Makanan**. Yogyakarta : Pustaka Pelajar
- Serrano, 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.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.58:2008. Air dan Air Limbah Bagian 58 : **Metoda Pengambilan Contoh Air Tanah**. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional Indonesia
- Suripin. 2014. **Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air**. Yogyakarta : Andi
- Todd, D. K. 1980. **Groundwater Hydrology**. USA : John Wiley and Sons Ltd,
- TOSC. 2012. **BTEX Contamination: A Publication of The Hazardous Substance Research Center Technical Outreach Service For Communities Program**. Engineering Research : Michigan University.
- USEPA. 2009. **National Primary Drinking Water Regulation**. US Environmental Protection Agency, Office of Water, USA.
- Watson, D.G. 2010. **Analisis Farmasi : Buku Ajar untuk Mahasiswa Farmasi dan Praktisi Kimia**. Jakarta : EGC.
- Weiner, Eugene. R. 2012. **Applications of Environmental Aquatic Chemistry : A Partical Guide, Third Edition**. CRC Press, Taylor and Francis Group
- WHO . 2008. **Guidelines for drinking water quality. Third Edition incorporating the first and second addenda**. World Health Organization, Geneva, Switzerland