

Identifikasi Senyawa BTEX pada Asap Kendaraan Bermotor Roda Dua

YUSUF EKA MAULANA¹, TRISNA YULIANA², AINI ASPIATI ROHMAH²

1. Laboratorium Terpadu, Politeknik Kesehatan Bandung
Jl. Babakan Loa No. 10A Kota Cimahi, 40216
2. Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Informatika Universitas Jenderal Achmad Yani
Jl. Terusan Jenderal Sudirman Kota Cimahi 40531
*Email: yusuf.eka69@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan kendaraan bermotor roda dua di Indonesia semakin berkembang pesat. Semakin tinggi tingkat penggunaan transportasi yang beroperasi disuatu daerah, maka akan semakin tinggi pula potensi pencemaran udara di daerah tersebut. Jika pembakaran pada kendaraan bermotor tidak sempurna maka dapat dihasilkan senyawa yang berbahaya yaitu benzene (C₆H₆), toluene (C₇H₈), ethylbenzene (C₈H₉), dan xylene (C₈H₁₀) atau biasa disingkat BTEX. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi senyawa BTEX dan senyawa hidrokarbon lainnya dalam asap kendaraan bermotor dengan menggunakan kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS). Hasil identifikasi menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat antara standard dengan hasil pengukuran yaitu dengan R² di atas 0,99. Identifikasi menunjukkan senyawa BTEX yang terbentuk adalah Benzene, Toluene, Etil Benzene, Xylene.

Kata kunci: kendaraan bermotor, hidro karbon, BTEX, GC-MS.

ABSTRACT

The use of two wheels motorized vehicles or motorcycles in Indonesia is growing rapidly. It has been known that the greater the number of two wheels motorized vehicles the higher the potential for air pollution. If the combustion occur incomplete, hazardous compounds can be generated, namely benzene (C₆H₆), toluene (C₇H₈), ethylbenzene (C₈H₉), and xylene (C₈H₁₀) or commonly abbreviated BTEX. The purpose of this study was to identify BTEX compounds and other hydrocarbon compounds in motor vehicle fumes using gas chromatography-mass spectrometers. The identification results indicate a very strong relationship between the standard and the measurement results, with R² above 0.99. Identification shows that BTEX compounds formed are Benzene, Toluene, Ethyl Benzene, Xylene.

Keywords: motorcycles, hidro karbon, BTEX, GC-MS.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan penggunaan transportasi berbasis kendaraan bermotor di Indonesia kini semakin berkembang pesat, hal ini terjadi akibat dari jumlah penduduk dan perkembangan masyarakat yang bertambah sehingga menyebabkan kebutuhan dalam sektor teknologi transportasi kian meningkat. Penggunaan transportasi ini digunakan sebagai mobilisasi untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari dengan waktu yang efisien. Akan tetapi perkembangan penggunaan transportasi memberikan banyak dampak bagi lingkungan dan juga kehidupan makhluk hidup. Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia, jumlah sepeda motor pada tahun 2013 yaitu sekitar 85 juta (BPS,2015).

Semakin tinggi tingkat penggunaan transportasi yang beroperasi disuatu daerah, maka akan semakin tinggi pula potensi pencemaran udara di daerah tersebut. Hal ini disebabkan oleh gas buang kendaraan yang diemisikan ke udara ambien. Pada gas buang tersebut seringkali ditemui senyawa-senyawa yang sama dengan senyawa penyusun bahan bakar. Hal ini diakibatkan terjadinya pembakaran yang tidak sempurna. Salah satu kelompok senyawa yang dihasilkan akibat pembakaran yang tidak sempurna adalah benzene (C₆H₆), toluene (C₇H₈), ethylbenzene (C₈H₁₀), dan xylene (C₈H₁₀) atau biasa disingkat BTEX (Wang dkk., 2013).

Senyawa BTEX merupakan kelompok senyawa hidrokarbon aromatik, Karena sifatnya yang toksik dan menimbulkan dampak negative bagi kesehatan manusia dan lingkungan, BTEX digolongkan sebagai salah satu Hazardous Air Pollutants group I oleh International Agency for Research on Cancer (IARC). Secara spesifik, BTEX telah terbukti bersifat karsinogenik, meningkatkan insidensi leukemia, dan iritan pada selapit lender. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk mengetahui keberadaan senyawa BTEX pada gas buang yang diemisikan oleh kendaraan bermotor. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi senyawa BTEX dan senyawa hidrokarbon lainnya dalam asap kendaraan bermotor dengan menggunakan kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS).

2. METODOLOGI

2.1 Standar dan Bahan Kimia

Standar merupakan campuran BTEX 200 mg/L grade certified refence material (Lot. Number XA16899V) merek supelco dari Sigma Aldrich, Pte. LTD, Singapura. Bahan Kimia yang digunakan yaitu N- Heksan grade liquid kromatografi (CAS number 110-54-3) dari Merck KGaA, Darmstadt, Jerman. Sorbent Tube SKC 226-01(Cat. Number 226-01), dari SKC Inc, Amerika.

2.2 Teknik Sampling

Teknik sampling mengacu pada National for Occupational Safety and Health (NIOSH) 1501 dengan metode aktif sampling menggunakan sorbent tubes (SKC 226-01). Kendaraan yang digunakan adalah sepeda motor Tahun Produksi 1990 dengan system pembakaran Karburator dengan menggunakan bahan bakar Premium.

Sorbent tubes disambungkan pada selang karet yang terhubung pada pompa vakum, kemudian disimpan dibelakang knalpot motor. Laju alir pompa vakum disetting 0.2 l/menit. Proses sampling berjalan selama 25 menit dalam keadaan motor di nyalakan. Skema sampling seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Sampling Asap Kendaraan Bermotor

2.3 Preparasi Standar dan Sampel

Standar Campuran BTEX konsentrasi 2000 mg/l di encerkan dalam labu ukur menggunakan N-Heksan, menjadi konsentrasi standar kerja dengan rentang 0.4 mg/l sampai dengan 8 mg/l. Pindahkan dalam vial GC-MS untuk selanjutnya di analisis.

Untuk Sampel, sorbent tubes yang sudah digunakan pada proses sampling asap kendaraan, dimasukkan dalam vial ekstraktor ukuran 2 ml. Tambahkan N-Heksan kemudian sonikasi selama 5 menit pada suhu ruang. Setelah disonikasi, saring N-heksan dengan menggunakan syring filter PTFE dengan ukuran pori 0.22 μm . Hasil saringan ditampung dalam vial GC-MS untuk selanjutnya di injeksikan.

2.4 Kondisi Analisis GC-MS

Analisis dilakukan menggunakan kromatografi Gas-Spektrometer Massa (Agilent GC 7890A-MS 5975C), dengan mode ionisasi Elektron. Program Suhu oven disetting 40°C selama 2 menit kemudian dinaikan 5 °C/menit sampai dengan 70 °C dan ditahan 0 menit, kemudian dinaikan 20 °C/menit sampai dengan 280 °C ditahan 0 menit, dan dinaikan kembali 30 °C/menit sampai dengan 299 °C ditahan selama 3 min. Total waktu yang dibutuhkan untuk analisis 22.133 menit. Inlet di setting 250°C, mode Split (ratio 5:1), Volume 1 μL , laju 4.5 mL/menit, tekanan 5.9529 psi. Transfer Line 280°C. Detektor Spektrometer massa di setting dengan Solvent Delay 2.60 min, mode Scan massa 40-550, ion source 230oC, quadropole 150 oC. Kolom DB-5ms (

(5%-phenyl)-methylpolysiloxane) 30 m x 250 μ m x 0.25 μ m (J&W 122-5532). Fasa gerak Helium dengan tingkat kemurnian 99.999 %. Interpetasi data mengacu Library/Database Willey 09 & NIST 08.

2.5 Validasi Metode

Validasi metode analisis adalah suatu tindakan penilaian terhadap parameter tertentu, berdasarkan percobaan laboratorium, untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan untuk penggunaannya (Harmita, 2004). Metode yang divalidasi berdasarkan hasil uji dari selektifitas, linieritas, Batas Deteksi, Batas Kuantifikasi dan Presisi.

2.6 Selektifitas

Penentuan spesifitas metode dapat diperoleh dengan melakukan optimasi sehingga diperoleh senyawa BTEX yang dituju terpisah secara sempurna dari senyawa-senyawa lain (resolusi senyawa yang dituju ≥ 2) pada kolom gas kromatografi. Kemudian dilakukan Cara kedua untuk memperoleh spesifitas adalah dengan menggunakan detektor Spektrometer massa, untuk medeteksi keberadaan BTEX dan senya lainnya berdasarkan adanya fragmentasi massa ion-ion senyawa m/z dari masing-masing senyawa. Yang kemudian dibanding dengan database dari NIST (National Institute Of study and Technology), yang menghasilkan prediksi-prediksi senyawa pada sampel.

2.6.1 Linieritas

Untuk Keperluan Kurva kalibrasi, larutan induk standar Campuran BTEX 2000 mg/l di encerkan menjadi 7 rentang konsentrasi dan di injeksikan sebanyak 3 kali pengulangan untuk masing-masing konsentrasi. Nilai Linieritas ditunjukkan dengan nilai r^2 minimal 0.998, yang menunjukkan bahwa respon hasil uji proposional dengan konsentrasi standar yang dianalisis.

2.6.2 Batas Deteksi Dan Batas Kuantifikasi

Batas deteksi adalah konsentrasi analit terendah dalam sampel yang masih dapat dideteksi, meskipun tidak selalu dapat dikuantifikasi. Sedangkan batas kuantitasi adalah konsentrasi analit terendah dalam sampel yang dapat dikuantifikasi dengan cermat. Nilai BD dan BK dihitung berdasarkan standar devisasi residual (Sy/x) dari persamaan regresi dan analisis slope(b). Dimana BD adalah $3x(Sy/x)$ dibagi Slope, dan BK adalah $10x(Sy/x)$ dibagi Slope.

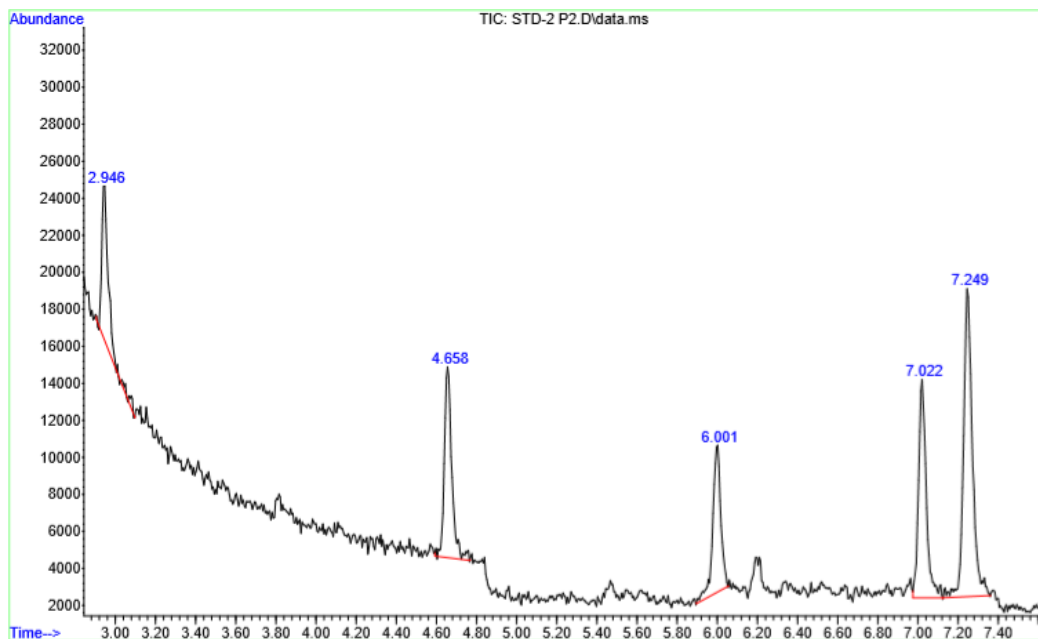
2.6.3 Presisi

Nilai Presisi dievaluasi berdasarkan hasil pengulangan injeksi sebanyak 6 kali pada konsentrasi standar yang sama ($n= 6$, intra day). Hasil di tunjukan dengan nilai persen simpangan baku relative (% SBR). Dimana hasil yang memenuhi syarat apabila nilai % SBR < 2 .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Optimasi Analisis Standar BTEX dan Sampel

Berdasarkan hasil analisis GC-MS seperti yang terlihat pada gambar 2 menunjukkan pemisahan-pemisahan yang baik untuk senyawa BTEX. Selain itu hasil interpretasi Spektrometri massa standar senyawa BTEX menunjukkan adanya intensitas puncak yang tinggi pada waktu retensi 2,932 menit, dimana pada waktu retensi ini memberikan ion molekul pada $m/z = 78$ dan base peak pada $m/z = 78$ yang berasal dari fragmentasi benzene, secara keseluruhan fragmen ion lainnya terdiri dari m/z 78, 52, 51.

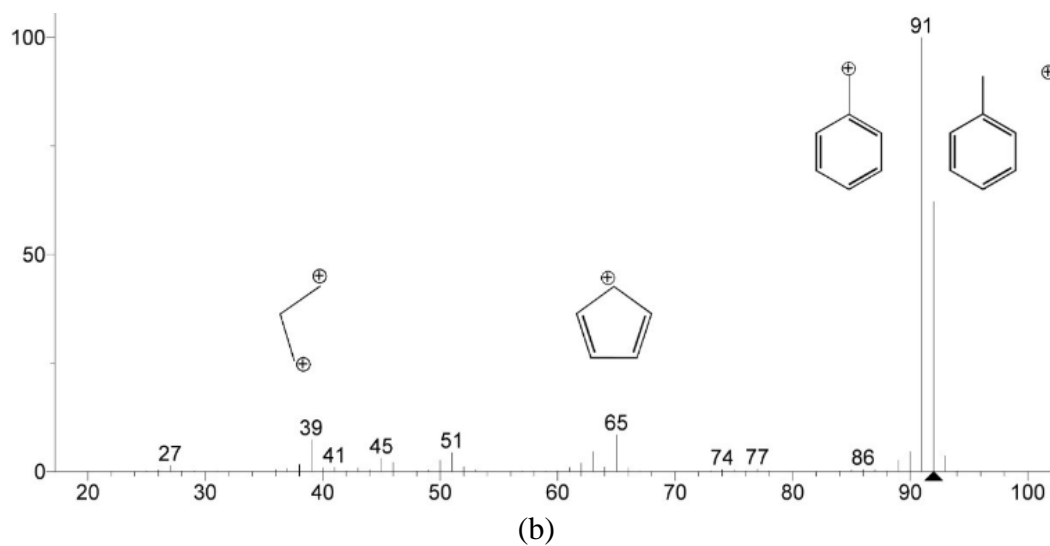
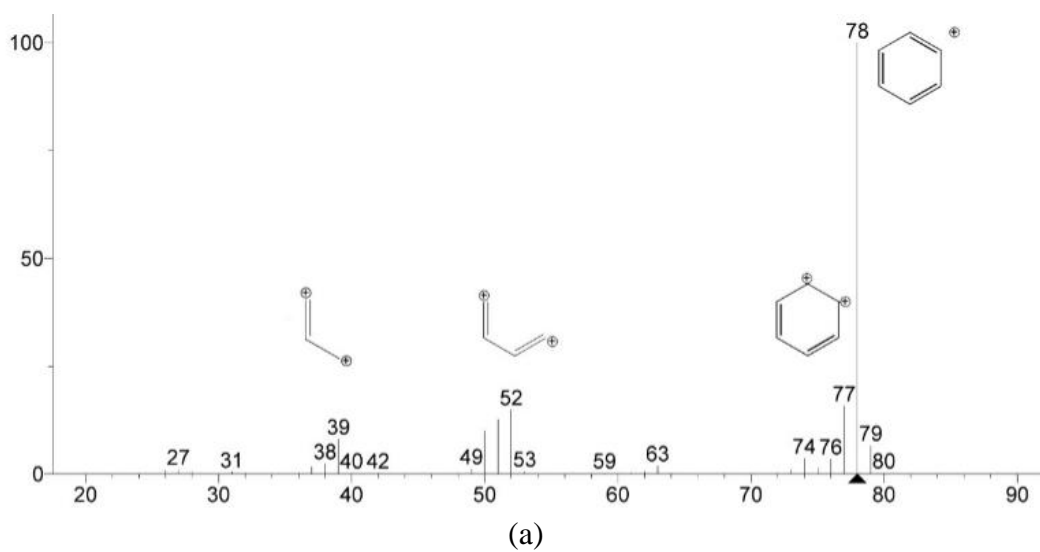


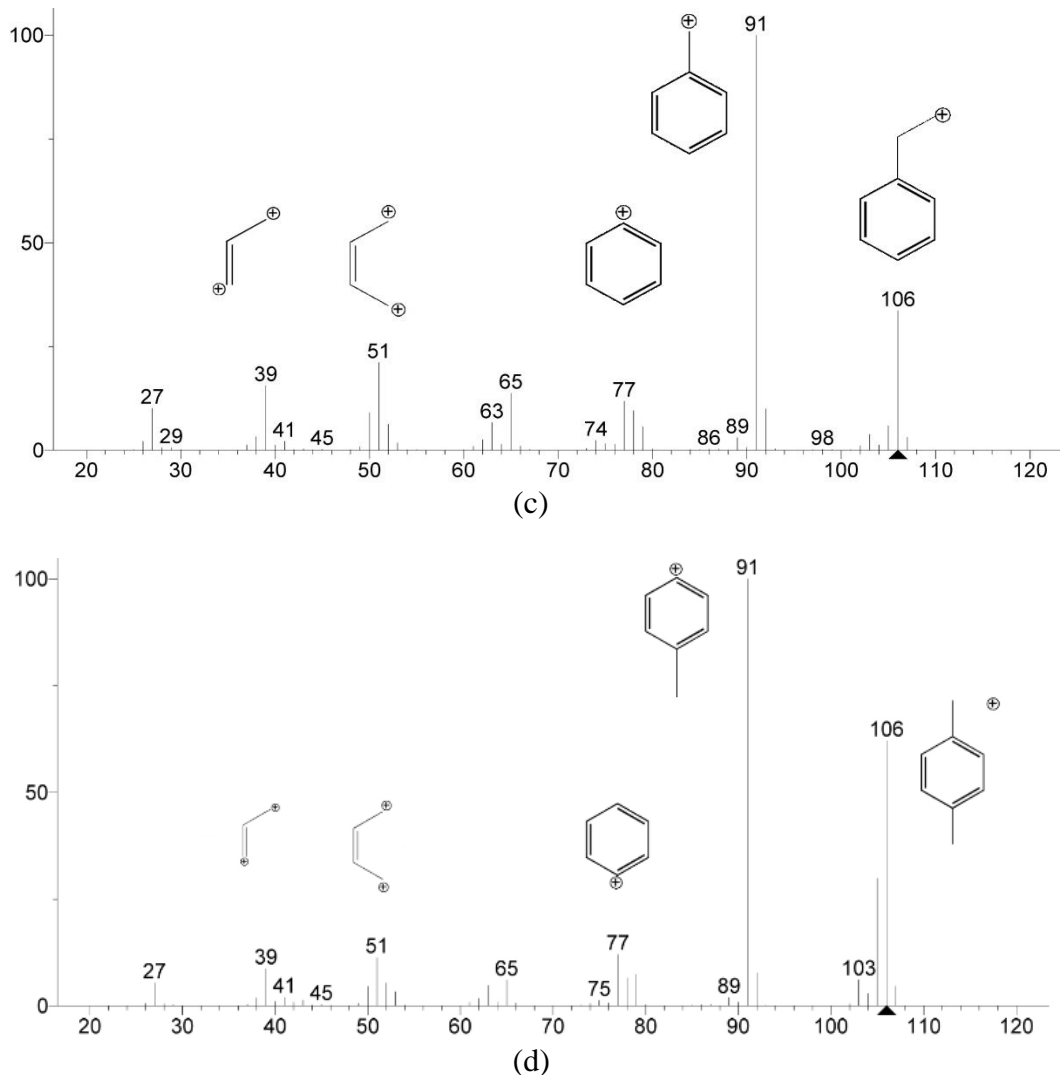
Gambar 2. Kromatogram Standar BTEX

Pada waktu retensi 4,672 menit, memberikan ion molekul pada $m/z = 92$ dan base peak pada $m/z = 92$ adalah berasal dari fragmentasi senyawa Toluene yang terdiri dari ion-ion m/z 91, 92, 39. Pada waktu retensi 7,066 menit memberikan ion molekul pada $m/z = 106$ dan base peak pada $m/z = 106$ yang berasal dari fragmentasi etil benzene yang terdiri dari ion-ion m/z 91, 106, 51. Pada waktu retensi 7,325 menit memberikan ion molekul pada $m/z = 106$ dan base peak pada $m/z = 106$ yang berasal dari fragmentasi xylene yang secara keseluruhan fragmen lainnya terdiri dari ion-ion m/z 91, 106, 105. Kelimpahan fragmen tergantung pada keseimbangan antara kecepatan pembentukan dan dekomposisinya. Fragmen yang melimpah terbentuk dengan mudah dan memiliki tendensi yang rendah untuk terfragmentasi lebih lanjut, atau relatif stabil, seperti data lengkap yang ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 1. Analisis Standar BTEX

No.	Nama Senyawa	Waktu retensi (menit)	Berat Molekul	Rumus Kimia	Tiga Ion terbesar (m/z)
1.	Benzen	2.932	78	C ₆ H ₆	78, 77, 52
2.	Toluen	4.672	92	C ₇ H ₈	92, 65, 39
3.	Etil Benzen	7.066	106	C ₈ H ₁₀	106, 91, 51
4.	Xylen	7.325	106	C ₈ H ₁₀	106, 105, 91





Gambar 3. Fragmentasi dan intrepetasi spektrum massa benzene (a), Toluene (b), Etil Benzen (c), xylene (d)

3.2 Validasi Metode

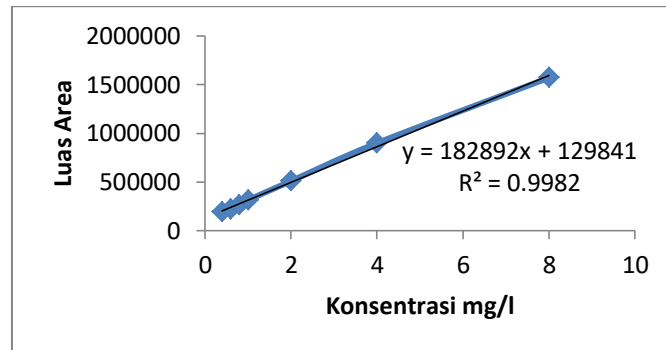
3.2.1 Selektifitas

Selektifitas di cek menggunakan dasar metode pemisahan di kolom gas kromatogrfi dan deteksi Spektrometer massa. Kromatogram pada hasil GC menunjukkan pemisahan yang baik untuk senyawa BTEX seperti yang terlihat pada gambar 1 dan 2. Sementara Detektor Spektrometer massa mampu memfragmetasi kan senyawa BTEX dengan sensitive berdasar ion-ion yang terbaca dalam satuan m/z seperti pada gambar 3.

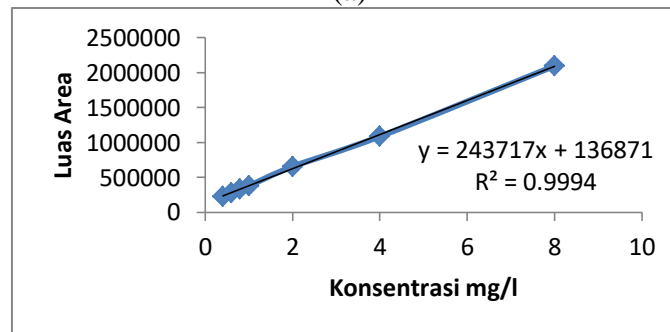
3.2.2 Linieritas

Linieritas yang ditentukan adalah dengan melakukan analisis standar dengan menggunakan 7 rentang standar dengan konsentrasi berbeda. Didapatkan nilai koefisien korelasi (r^2) dari masing-masing standar, yaitu r^2 Benzen sebesar 0,9982, r^2 Toluene sebesar 0,9994, r^2 Etil

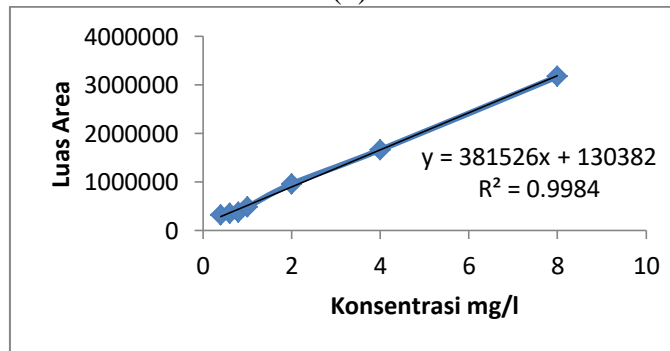
Benzen sebesar 0,9984 dan r2 Xylen sebesar 0.9988. Hasil ini menunjukkan bahwa hasil uji proposional dengan konsentrasi standar yang dianalisis, seperti terlihat pada Gambar 4. dan Tabel 2. Dimana nilai r2 yang dipersyaratkan dalam validasi metode yaitu minimal 0.998



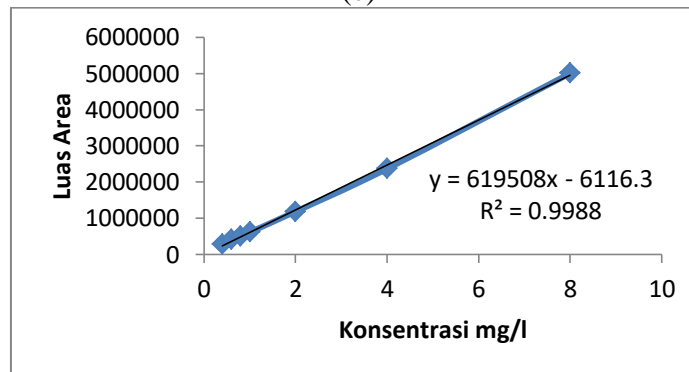
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4. Kurva Kalibrasi Benzen (a), Toluene (b), Etil Benzen (c), Xylen (d)

3.2.3 Batas Deteksi (BD) dan Batas Kuantifikasi (BK)

Tabel 2. Menunjukkan nilai batas deteksi (BD) dan batas kuantifikasi (BK) yang dihitung secara matematis melalui persamaan garis regresi linier dari kurva kalibrasi. Untuk mendapat nilai BD dihitung berdasarkan nilai simpangan baku residual (Sy/x) dikalikan 3 kemudian dibagi nilai slope (b). Sementara nilai BK dihitung berdasarkan nilai simpangan baku residual (Sy/x) dikalikan 10 kemudian dibagi nilai slope (b).

Tabel 2. Nilai Linieritas, Batas deteksi, Batas Kuantifikasi dan Presisi Standar BTEX

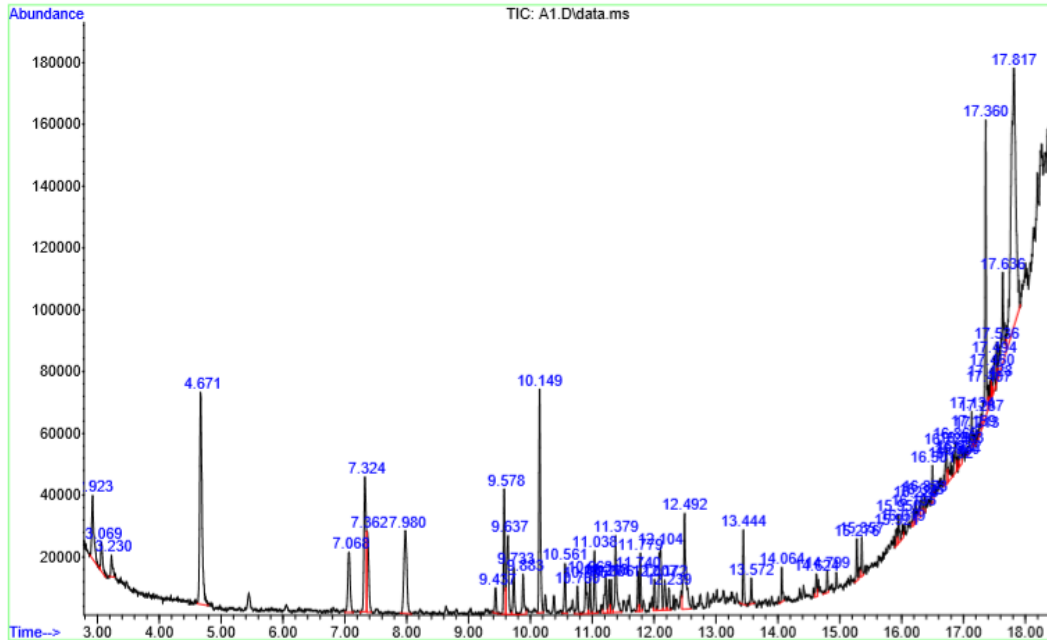
Nama Standar	Nilai r^2	Batas Deteksi (mg/l)	Batas Kuantifikasi (mg/l)	Presisi (%SBR)
Benzen	0.9982	0.0147	0.0490	1.1790
Toluene	0.9994	0.0112	0.0374	1.3816
Etil Benzen	0.9984	0.0070	0.0235	1.0943
Xylen	0.9988	0.0100	0.0332	1.0338

3.2.4 Presisi

Tabel 2 di atas menunjukkan hasil presisi dari hasil pengukuran. Nilai presisi di dapatkan dengan cara menginjeksi standar pada konsentrasi yang sama sebanyak 6 kali. Didapatkan % SBR dari masing-masing standar, yaitu Benzen sebesar 1.1790, toluene sebesar 1.3816, Etil Benzen sebesar 1.0943 dan Xylen sebesar 1.0338. Nilai % SBR dibawah 2, menunjukkan hasil uji yang presisi.

3.3 Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Sampel

Kandungan BTEX pada emisi gas buang kendaraan pada umumnya berasal dari komponen bahan bakar yang tidak terbakar dengan sempurna. Selain itu BTEX merupakan komponen alamiah pada bahan bakar, BTEX juga terkandung pada zat tambahan bahan bakar. Hal ini ditunjukkan dengan hasil GC-MS pada sampel asap sepeda motor yang terlihat pada tabel 2. Selain itu, pada Tabel 3 menunjukkan kadar BTEX dalam asap kendaraan sepeda motor dalam satuan mg/l.



(b)

Gambar 5. Kromatogram Sampel Asap Sepede Motor

Selain senyawa BTEX yang dapat dikuantifikasi pada penelitian ini, yang lebih mengkhawatirkan yaitu terdapat data seperti pada Gambar 5 dan Tabel 3 yang menunjukkan banyak senyawa hidrokarbon bersifat karsinogenik lainnya yang dihasilkan asap kendaraan bermotor.

Tabel 3. Prediksi Senyawa Hasil Adsorpsi

No.	Nama Senyawa	Waktu retensi (menit)	Berat Molekul	Rumus Molekul	Tiga Ion terbesar (m/z)
1	Benzene	2.932	78	C ₆ H ₆	78, 77, 52
2	Toluene	4.672	92	C ₇ H ₈	92, 65, 39
3	Etil Benzene	7.066	106	C ₈ H ₁₀	106, 91, 51
4	m-Xylene	7.325	106	C ₈ H ₁₀	106, 105, 91
5	p-Xylene	7.365	106	C ₈ H ₁₀	106, 105, 91
6	Styrene	7.890	104	C ₈ H ₈	104, 103, 78
7	Propil benzen	9.436	120	C ₉ H ₁₂	91, 120, 92

No.	Nama Senyawa	Waktu retensi (menit)	Berat Molekul	Rumus Molekul	Tiga Ion terbesar (m/z)
8	m-Ethyltoluene	9.580	120	C ₉ H ₁₂	105, 120, 91
9	p-Ethyltoluene	9.638	120	C ₉ H ₁₂	105, 120, 106
10	1,2,4-Trimethylbenzene	9.735	120	C ₉ H ₁₂	105, 120, 28
11	1,2,3-Trimethylbenzene	10.150	120	C ₉ H ₁₂	105, 120, 77
12	3-Phenyl-1-propene	10.760	118	C ₉ H ₁₀	117, 118, 71
13	1H-Indene	10.982	116	C ₉ H ₈	116,115,89
14	Benzene, 1-ethyl-2,3-dimethyl-	11.036	134	C ₁₀ H ₁₄	134,119,91
15	Benzaldehyde, 2-methyl-	11.220	120	C ₈ H ₈ O	91,119,120
16	Benzene, 4-ethyl-1,2-dimethyl-	11.381	166	C ₁₀ H ₁₄ O ₂	151,166,77
17	Azulene	12.492	128	C ₁₀ H ₈	128,127,42
18	Naphthalene, 2-methyl-	13.447	142	C ₁₁ H ₁₀	142,141,115
19	Tetradecane	14.062	198	C ₁₄ H ₃₀	57,43,71
20	Phenol, 2,4-bis(1,1-dimethylethyl)	14.799	206	C ₁₄ H ₂₂ O	191,57,41
21	Diethyltoluamide	15.277	191	C ₁₂ H ₁₇ NO	119,91,190
22	Hexadecane	15.357	226	C ₁₆ H ₃₄	57,43,71
23	Benzaldehyde	15.921	106	C ₇ H ₆ O	77,106,105
24	Eicosane	15.950	282	C ₂₀ H ₄₂	57,71,83
25	Cyclopentane, 1-pentyl-2-propyl-	16.324	182	C ₁₃ H ₂₆	69,55,83
26	1,2-Dimethylaziridine	16.356	71	C ₄ H ₉ N	56,42,71
27	Cyclopentane	16.376	70	C ₅ H ₁₀	42,45,70

No.	Nama Senyawa	Waktu retensi (menit)	Berat Molekul	Rumus Molekul	Tiga Ion terbesar (m/z)
28	1,2-Benzene dicarboxylic acid, dibutyl ester	17.359	216	C ₁₁ H ₂₀ O ₄	149,150,41

Seperti terlihat pada Tabel 4 di bawah ini, konsentrasi BTEX hasil adsorpsi yang tertinggi adalah Toluene sebesar 10.14 mg/L. Sedangkan konsentrasi Benzene dan Xylene secara berturut – turut sebesar 3,11 mg/L dan 2,57 mg/L. Sedangkan Etil Benzen merupakan senyawa dengan konsentrasi terkecil, sebesar 1,51 mg/L.

Tabel 4. Konsentrasi BTEX Hasil Adsorpsi

No.	Parameter	Konsentrasi mg/l ± SD
1	Benzene	3,11±1.07
2	Toluene	10.14±2.82
3	Etil Benzen	1.51±0.49
4	Xylen	2.57±0.84

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapatkan informasi bahwa analisis standar Benzen, Toluene, Etil Benzen, Xylen (BTEX) dan sampel memiliki spesifitas metode yang baik dilihat dari pemisahan senyawa BTEX serta senyawa hidrokarbon lainnya, serta hasil fragmentasi massa BTEX dan senyawa hidrokarbon lainnya memberikan intrepetasi yang spesifik seperti pada database NIST. Hasil validasi metode lainnya menunjukkan analisis memilki koefisien korelasi yang memenuhi syarat yaitu diatas 0.998, keterulangan yang memenuhi syarat yaitu % SBR< 2dan nilai batas deteksi dan batas kuantikasi yang sensitif rentang antara 0.01 mg/l sampai dengan 0.05 mg/l.

Hasil identifikasi GC-MS menunjukkan bahwa asap kendaraan sepeda motor memiliki senyawa karsinogenik seperti BTEX, dengan kadar benzene 3.11 mg/l, toluene 10.14 mg/l, etil benzene 1.51 mg/l dan xylen 2.57 mg.l. Selain BTEX, senyawa hidorkarbon karsinogenik lainnya pun dapat terindetifikasi.

DAFTAR RUJUKAN

- Azari, M.R., Nejad, M.R.M., & Motesadi, S. (2008). A New Sampler and Analysis Method for BTEX in Ambient Air. *Tanaffos* (2008) 7(3), 47-52
- Baimatova, N., Kenessov, B., Koziel, J.A., Carlsen, L., Bektassov, M., & Demyanenko, O.P. (2016). Simple and Accurate Quantification of BTEX in Ambient Air by SPME and GC-MS. *Talanta*. Doi: 10.1016/j.talanta.2016.03.050
- Badan Pusat Statistik (BPS) Republik Indonesia. (2015). Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 1987-2013. Di unduh 23 Juli 2015, dari <http://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1413>
- Gross, J.H. (2017). *Mass Spectrometry: A Text Book Third Edition*. Springer International Publishing. Doi: 10.1007/978-3-319-54398-7_6
- Harmita, H. (2012). Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Pharmaceutical Sciences And Research (PSR)*, 1(3), 117-135. doi:10.7454/psr.v1i3.3375
- International Conference Harmonization. (2005). *Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology Q2(R1)*. ICH Expert Working Group.
- Kerbachi, R., Boughedaoui, M., Bounoua, L., & Keddami, M. 2006. Ambient air pollution by aromatic hydrocarbons in Algiers. *Atmospheric Environment* 40 (21): 3995-4003. Doi : 10.1016/j.atmosenv.2006.02.033
- NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. (2003). *Hydrocarbons, Aromatic: Method 1501, Issue 3*
- Rohman, A. 2014. *Validasi dan Penjaminan Mutu Metode Analisis Kimia*. Yogyakarta: UGM Press. No ISBN 978-979-420-854-0
- Supratman, Unang. (2010). *Elusidasi Struktur Senyawa Organik: Metode Spektrokopi untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Bandung: Widya Padjadjaran.
- Tumbiolo, S., Gal, J.F., Maria, P.C., & Zerbinati, O. (2004). Determination of Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylenes in Air by Solid Phase Micro-Extraction/Gas Chromatography/Mass Spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 380(5-6):824-30. Doi: 10.1007/s00216-004-2837-1
- Wang, J., Jin, L., Gao, J., Shi, J., Zhao, Y., Liu, S., & Wu, C.Y. (2013). Investigation of Speciated VOC in Gasoline Vehicular Exhaust Under ECE And EUDC Test Cycles. *Science of the Total Environment*, 445-446, 110-116. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2012.12.044
- Yudison, A.P., Reksowardojo, I.K., & Sulaeman, A. (2017). Motorcycle Emission Profiles in Bandung City, Indonesia. *JSAE/SAE Small Engine Technologies Conference & Exhibition*
- Yudison, A.P., Driejana, Sulaeman, A, & Reksowardojo, I.K.. (2015). Analisis Kandungan BTEX pada Emisi Gas Buang Sepeda Motor. *Seminar Nasional Teknologi Lingkungan XII – 3 September 2015*.