

Identifikasi Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) dalam Emisi Kendaraan Bermotor dengan Menggunakan *Whatman Filter Paper PM 2.5*

Achmad V. Virosa, Mohammad F. Rahman*, Arinto Y. P. Wardoyo

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya Jl. Veteran Malang 65145

*Alamat korespondensi, Tel : +62-341-575838, Fax : +62-341-575835

Email: m_farid@ub.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) dalam *Particulate Matter 2.5 μm* (PM 2.5) yang diemisikan oleh beberapa sepeda motor. Emisi ditangkap dengan menggunakan *Whatman Filter Paper PM 2.5*. Senyawa PAH diisolasi dengan menggunakan metode ekstraksi soxhlet.. Analisis dilakukan dengan menggunakan instrumen *Gas Chromatography Mass Spectrophotometer* (GC/MS). Setelah dilakukan analisis dengan instrumen GC/MS terdapat beberapa senyawa PAH yang terdeteksi. Dari beberapa senyawa yang terdeteksi terdapat 4 senyawa PAH yang memiliki konsentrasi yang cukup tinggi, antara lain *1-naphthalen-2yl-ethanone*, *c-(3-vinyl-naphthalen-2-yl)-methylamine*, *3-methyl-1,2,3,4-tetrahydro-anthracen-2-ylamine*, dan *9-vinyl-naphthacene-2-carbonitrile*.

Kata Kunci : PAH, soxhlet, sepeda motor

ABSTRACT

This study was aimed to identify Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in *Particulate Matter 2.5 μm* (PM 2.5) emitted by several motorcycles. The emissions were captured by PM 2.5 *Whatman Filter Paper*. PAH contents were isolated using a soxhlet extraction method. The samples were identified by *Gas Chromatography Mass Spectrophotometry* (GC/MS). The result showed that several PAH compounds were identified. Four of them were obtained in a large amounts such as *1-naphthalen-2yl-ethanone*, *c-(3-vinyl-naphthalen-2-yl)-methylamine*, *3-methyl-1,2,3,4-tetrahydro-anthracen-2-ylamine*, and *9-vinyl-naphthacene-2-carbonitrile*.

Keywords: PAH, soxhlet, motorcycle

PENDAHULUAN

Telah dilaporkan bahwa konsumsi energi di dunia terus meningkat dan dapat mencapai peningkatan hingga 56% pada tahun 2040 [13]. Sektor transportasi adalah sektor pengguna energi dengan pertumbuhan paling pesat [14]. Setiap kendaraan bermotor baik yang menggunakan bahan bakar petroleum maupun bahan bakar lain akan menghasilkan emisi yang merupakan hasil pembakaran dari mesin tersebut. Kandungan emisi dari kendaraan bermotor yang telah diteliti yang antara lain karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NOx),

Particulate Matter (PM), hidrokarbon (HC), dan juga polutan yang tidak umum seperti *semivolatile organic compound* dan Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) [12].

PAH adalah senyawa organik yang cenderung stabil yang terdiri dari dua hingga enam cincin aromatik [7]. PAH dapat terbentuk melalui proses *pyrolysis* [8]. PAH yang terbentuk dapat teradsorb secara kuat di dalam partikel-partikel karbon dan juga terdapat dalam bentuk gas. Kestabilannya di alam membuat PAH bisa tersebar secara meluas tanpa ada pengurangan konsentrasi [9].

Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) adalah suatu polutan yang berbahaya bagi kesehatan [1]. Proses pembakaran yang kurang sempurna terhadap senyawa organik dapat menghasilkan senyawa PAH [2]. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk melakukan kontrol dan peraturan terkait dengan PAH [1]. Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) menjadi prioritas *European Union* (EU) dan *Environmental Protection Agency* (EPA) karena bersifat mutagenik, karsinogenik, dan tetragenik [3,4]. Penelitian yang telah dilakukan oleh Gamboa [5] menunjukkan bahwa komponen senyawa PAH dapat menyebabkan kerusakan pada sel limfosit manusia. Sebanyak 17 PAH telah diidentifikasi sebagai penyebab terjadinya gangguan kesehatan pada manusia [6].

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kandungan Polisiklik Aromatik Hidrokarbon yang dihasilkan kendaraan bermotor, terutama pada sepeda motor yang pertumbuhannya di Indonesia sangat pesat

METODA PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain seperangkat Soxhlet ekstraktor, kromatografi kolom, peralatan gelas, penangas air, *thermometer*, *glass wool*, *pipette fillers*, *Whatman Filter Paper PM 2.5*, seperangkat alat penangkap partikulat, *Gas Chromatography Mass Spectrophotometer* (GC/MS) dengan jenis kolom DB-5ms, diklorometana (DCM) p.a, n-heksana p.a, metanol p.a, silika gel p.a, gas nitrogen ($N_{2(g)}$), aseton p.a, dan aquades.

Prosedur

Isolasi Komponen PAH dari Emisi Sepeda Motor

Penangkapan partikulat beserta komponen PAH dilakukan dengan menjebak gas buang kendaraan bermotor dalam suatu saluran lalu diumpankan pada *Whatman Filter Paper PM 2.5*. Proses ini dilakukan selama 0,5 jam pada 2 *Whatman Filter Paper PM 2.5* di tempat

yang diasumsikan bebas dari polusi udara. *Whatman Filter Paper PM 2.5* yang mengandung PAH dari emisi sepeda motor diekstraksi dengan metode soxhlet selama 10 jam dengan menggunakan pelarut diklorometana. Prosedur ini dilakukan pada masing-masing 5 sepeda motor yang antara lain Hayate, Mio Soul, Satria, Vega ZR, dan Beat.

Pembersihan Ekstrak dengan Kromatografi Kolom

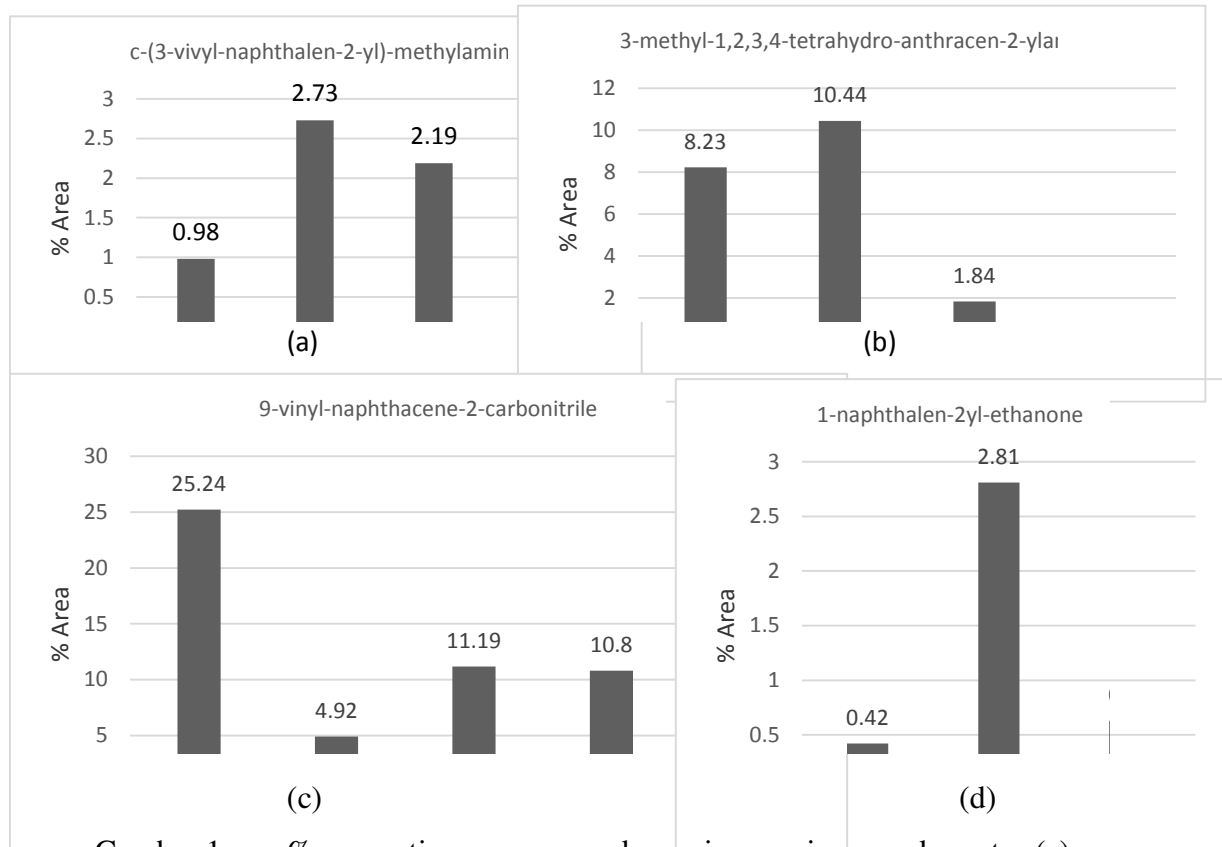
Sebelum dibersihkan dengan kromatografi kolom, terlebih dahulu ekstrak dipekatkan dengan gas N₂. Pemekatan dilakukan dengan cara dialiri gas N₂ hingga volume ekstrak menjadi 10 mL. Setelah itu ekstrak dipindahkan ke dalam botol vial dan dialiri kembali dengan gas N₂ hingga volumenya tinggal 2 mL. Ekstrak hasil pemekatan dengan gas N₂ dimurnikan dengan cara kromatografi kolom. Sebanyak 2 mL ekstrak dituangkan ke dalam kolom kromatografi. Elusi dilakukan dengan menambahkan 9 mL n-heksana diikuti dengan 25 mL 4:1 larutan diklorometana:n-heksana (v/v). Terakhir elusi dilakukan dengan menambahkan 25 mL 4:1 larutan diklorometana:metanol (v/v).

Eluat ditampung setiap 2 mL di dalam botol vial ukuran 5 mL. Setiap eluat di dalam botol vial dianalisis fraksi-fraksinya dengan cara Kromatografi Lapis Tipis (KLT). Setiap larutan di dalam botol vial yang memiliki nilai R_f sama digabung menjadi satu. Eluat di pekatan kembali dengan gas N₂ hingga keseluruhan pelarut menguap dan ditambahkan diklorometana sebanyak 0.5 mL. Sebelum dianalisis dengan instrumen GC/MS terlebih dahulu sampel dimasukkan ke dalam *freezer* minimal selama 24 jam pada temperatur 4°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

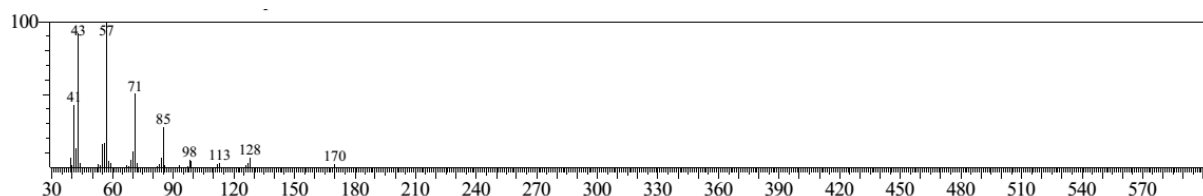
Hasil dari analisis dengan menggunakan instrumen GC/MS menghasilkan spektra *Total Ionic Chromatogram* (TIC) yang menunjukkan persen area masing-masing senyawa dan spektra MS berupa garis-garis dengan nilai m/z tertentu. Persen area masing-masing senyawa menunjukkan konsentrasi senyawa tersebut, sedangkan nilai m/z menunjukkan karakter dari senyawa yang terdeteksi tersebut sehingga senyawa yang terdeteksi dapat dikarakterisasi dengan metode pendekatan berupa fragmentasi. Dalam penelitian ini telah teridentifikasi sebanyak 4 macam senyawa yang tergolong ke dalam PAH, senyawa tersebut antara lain *1-naphthalen-2-yl-ethanone*, *c-(3-vinyl-naphthalen-2-yl)-methylaniline*, *3-methyl-1,2,3,4-tetrahydro-anthracen-2-ylamine*, dan *9-vinyl-naphthacene-2-carbonitrile*.

Berikut ini adalah diagram yang menunjukkan persen area masing-masing senyawa pada setiap sepeda motor



Gambar 1. % area setiap senyawa pada masing-masing sepeda motor (a) senyawa *c-(3-vinyl-naphthalen-2-yl)-methylamine*, (b) senyawa *3-methyl-1,2,3,4-tetrahydro-anthracen-2-ylamine*, (c) senyawa *9-vinyl-naphthacene-2-carbonitrile*, dan (d) senyawa *1-naphthalen-2-yl-ethanone*

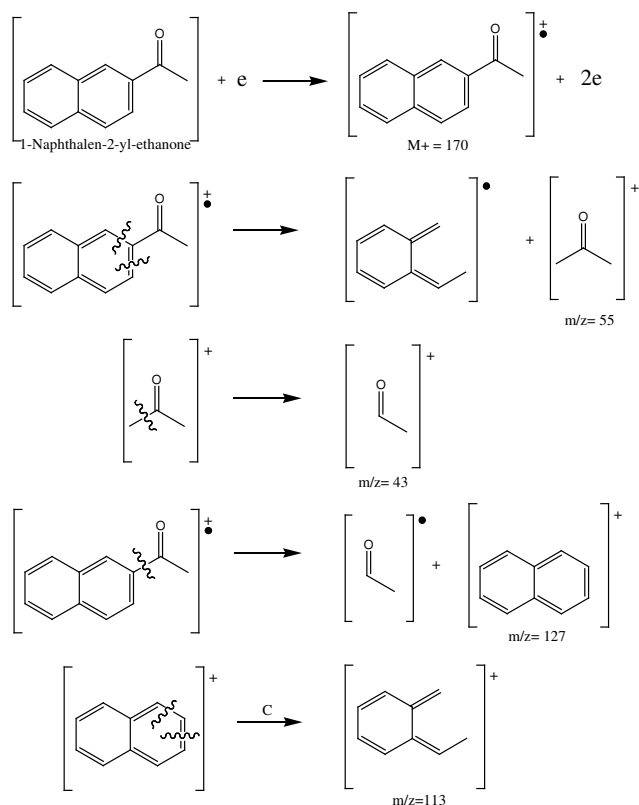
Identifikasi senyawa PAH yang terkandung dalam emisi sepeda motor dapat dilakukan dengan cara fragmentasi. Selanjutnya berat molekul hasil fragmentasi dibandingkan dengan nilai m/z pada spektra MS. Berikut ini adalah salah satu contoh spektra MS Hayate pada line 14 dengan waktu retensi 23.376 menit,



Gambar 2. Spektrum Massa dari Hayate pada line 14.

Spektra MS diatas menunjukkan bahwa senyawa yang terdeteksi memiliki nilai M^+ sebesar 170. Dari pola framentasi pada spektrum di atas dimungkinkan senyawa tersebut adalah *1-naphthalen-2-yl-ethanone* yang dibuktikan dengan munculnya serapan pada m/z 127, 113, 55, dan 43.

Pola fragmentasi yang disarankan adalah sebagai berikut,

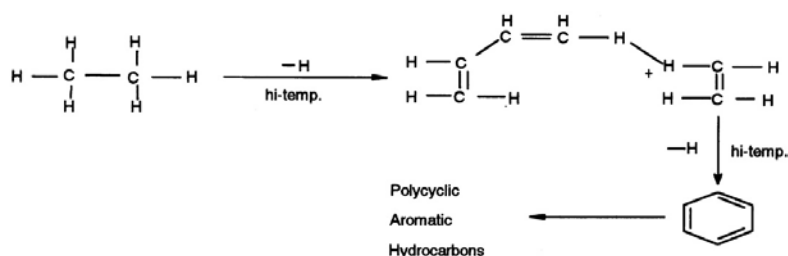


Gambar 3. Fragmentasi yang disarankan untuk senyawa *1-naphthalen-2-yl-ethanone*.

Konsentrasi PAH pada masing-masing sepeda motor berbeda-beda. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kondisi mesin masing-masing sepeda motor tersebut. Kondisi mesin sangat berpengaruh terhadap proses terbentuknya PAH. Semakin tinggi efisiensi mesin sepeda motor, maka proses pembakaran dalam mesin semakin sempurna, sehingga intensitas terbentuknya PAH sangat kecil. Efisiensi mesin sepeda motor akan berkurang seiring tingginya intensitas pemakaian dan bertambahnya umur mesin. Dengan semakin berkurangnya efisiensi mesin maka produk pembakaran berupa PAH akan semakin mudah terbentuk.

Senyawa PAH dapat terbentuk melalui pemutusan ikatan C-C dan C-H pada temperatur di atas 500°C dan menghasilkan molekul radikal. Molekul-molekul radikal ini

dapat membentuk cincin aromatis dengan cara dehidrogenasi dan rekombinasi pada temperatur tinggi [15].



Gambar 4. Proses terbentuknya PAH dari pembakaran senyawa organik

KESIMPULAN

Terdapat beberapa senyawa PAH dapat diidentifikasi oleh GC/MS dan 4 diantaranya memiliki konsentrasi cukup tinggi. Empat senyawa tersebut antara lain *1-naphthalen-2yl-ethanone*, *c-(3-vinyl-naphthalen-2-yl)-methylamine*, *3-methyl-1,2,3,4-tetrahydro-anthracen-2-ylamine*, dan *9-vinyl-naphthacene-2-carbonitrile*.

Perbedaan dan variasi kandungan PAH disebabkan oleh perbedaan kondisi masing-masing sepeda motor tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada Drs. Suratmo, M.Sc. selaku Kepala Lab. Kimia Organik, Jurusan Kimia, Universitas Brawijaya. Staff Lab. Kimia Organik, Jurusan Kimia, Universitas Brawijaya. Staff Laboratorium Kimia Organik, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

DAFTAR PUSTAKA

1. Directive No. 53/2002, 2002, *Law No. 110/1997 Food and Tobacco Products*, Ministry of Agriculture, Prague.
2. Wick, A. F., Nicholas W. H., Beshr F. S., Kathryn C. H., dan W. L. Daniels, 2011, *Remediation of PAH-Contaminated Soils and Sediments: A Literature Review*, Blacksburg, Department Of Crop and Soil, Environmental Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University.
3. Sverdrup, N. L.E., dan P.H. Krogh, 2006, *Soil Ecotoxicity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Relation to Soil Sorption, Lipophilicity, and Water Solubility*, Environ. Sci. Technol, vol. 36 hal. 2429–2435.

4. Qiao, M., Chunxia W., Shengbiao H., dan Zijian W., 2006, *Composition, Sources, and Potential Toxicological Significance of PAH in The Surface Sediments of The Meiliang Bay, China*. Environmental International, vol. 32, hal. 28–33.
5. Gamboa, R. T., Aldeco R. G., Alvarez H. B., dan Wegman P. O., 2008, *Genotoxicity in child populations exposed to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons PAH in the air from Tabasco, Mexico*. International Journal of Environmental Research and Public Health, vol.5, no.5, hal. 349-355.
6. South Australia Health, 2009, *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons PAH: Health Effect*, Adelaide, Government of Australia.
7. Pongpiachan, S., P. Hirunyatrakul, I. Kittikoon dan C. Khumsup, 2012, *Parameters Influencing on Sensitivities of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Measured by Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra*, Shanghai, Intech China.
8. Korenaga, T., Xiaoxing L., dan Zuyun H., 2001, *The Influence Of Moisture Content on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Emission During Rice Straw Burning*. Chemosphere-global Change Science, vol.3 hal. 117-122.
9. Cavegn, J., B. Haag, dan R. Hartmann, 2008, *Trace Analysis of PAH: Evaluation of Two Extraction Methods (EPA3541 and EPA3545) and Optimization of Subsequent Concentration*, Switzerland, BUCHI Labortechnik AG.
10. Li, Z., 2009, *Characterization of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Airborne Particles and Assessment of Human Exposure to PAH*, Georgia, Georgia Institute of Technology.
11. Agilent Technologies, Inc., 2012, *Agilent J&W GC Column Selection Guide speed Your Selection With This One-Stop Resource*, USA, Agilent Technologies Inc..
12. Westerholm, R., dan K. E. Egeback, 1994, *Exhaust emissions from light-and heavy-duty vehicles: chemical composition, impact of exhaust after treatment, and fuel parameters*, Sweden, Environmental health perspectives, vol. 102 hal. 13-23.
13. U.S. Energy Information Administration, 2013, *International Energy Outlook 2013*, Washington DC, Energy Information Administration (EIA).
14. Kojima, K. dan Lisa R., 2010, *Transport Energy Efficiency: Implementation of IEA Recommendations since 2009 and next steps*, France, International Energy Agency.
15. Wang, X., 1993. *Environmental Chemistry*, Nanjing, Nanjing University.