

ANALISIS KANDUNGAN p-XILENA PADA PERTAMAX DAN PERTAMAX PLUS DENGAN TEKNIK KROMATOGRAFI GAS (GC-PU 4600) MENGGUNAKAN STANDAR INTERNAL

Dian Farkhatus Solikha

Akamigas Balongan Indramayu
farkhatusdian@yahoo.com

Abstrak

Xilena dapat dijadikan parameter terhadap tinggi atau rendahnya nilai oktan suatu bahan bakar. Senyawa xilena memiliki tiga isomer yaitu o-xilena, m-xilena dan p-xilena. Namun yang digunakan pada penelitian ini adalah p-xilena karena paling stabil. Semakin tinggi kandungan xilena pada bahan bakar maka akan semakin tinggi nilai oktan bahan bakar tersebut. Pada penelitian ini bahan bakar yang akan diteliti adalah pertamax dan pertamax plus. Pengujian xilena pada bahan bakar dapat dilakukan dengan metode analisis instrumen kromatografi gas. Berdasarkan penelitian didapatkan hasil kromatogram pada sampel pertamax plus (terlampir) sama dengan hasil kromatogram larutan standar dengan peak sebanyak 4 buah, dengan kadar p-xilena dalam pertamax plus tersebut adalah 19,412 %. Hasil kromatogram pada pertamax menghasilkan 22 peak bila dilihat dari ketinggian peaknya, peak 5 ini mirip dengan peak p-xilena pada larutan standar xilena 5%. Hal tersebut terbukti dengan analisis kuantitatif bahwa kadar p-xilena dalam pertamax sebesar 1,667 %. Kandungan p-xilena pada pertamax plus lebih tinggi dibandingkan pertamax, maka nilai oktan pada pertamax plus lebih tinggi.

Kata Kunci : kromatografi gas, nilai oktan, p-xilena , pertamax, pertamax plus.

Pendahuluan

Penggunaan bahan bakar yang meningkat seiring dengan kemajuan industri kendaraan bermotor memicu inovasi dari industri migas menciptakan bahan bakar yang ramah. Ketika tuntutan akan inovasi bahan bakar yang ramah datang, salah satu perusahaan migas di Indonesia memproduksi pertamax plus. Pertamax plus hadir dengan berbagai keunggulan, diantaranya bebas timbal, dapat membersihkan timbunan deposit, dan memiliki nilai oktan yang tinggi dibandingkan pertamax, pertalite, dan premium. Nilai oktan yang tinggi menyebabkan pertamax plus bias menerima tekanan pada kompresi tinggi, sehingga tenaga mesin yang menggunakan pertamax plus lebih maksimal karena bahan bakar digunakan secara optimal. Salah satu zat yang

dapat dijadikan parameter tinggi atau rendahnya adalah xilena yang terkandung dalam bahan bakar, fokus pada penelitian ini adalah pertamax dan pertamax plus. Semakin tinggi kandungan xilena pada bahan bakar maka akan semakin tinggi nilai oktan bahan bakar tersebut. (Oxtoby dkk, 2003).

Pengujian xilena pada bahan bakar dapat dilakukan dengan metode analisis instrumen kromatografi gas. Kromatografi Gas adalah metode pemisahan komponen-komponen campuran dimana fasa gerakanya berupa gas dan fasa diamnya dapat berupa cair maupun padat.

Tabel 1
Macam Fasa Gerak, Fasa Diam serta Prinsip pemisahan

Fasa Gerak	Fasa Diam	Prinsip Pemisahan
Gas	Padat Misal: karbon, zeolit, dan silikan gel	Adsorpsi terhadap fasa diam
	Cair Cairan yang volatil yang melekat pada padatan pendukung yang inert berupa butiran halus .	Perbedaan partisi analit diantara fasa diam dengan fasa gerak

Sumber: (Hendayana, 1994)

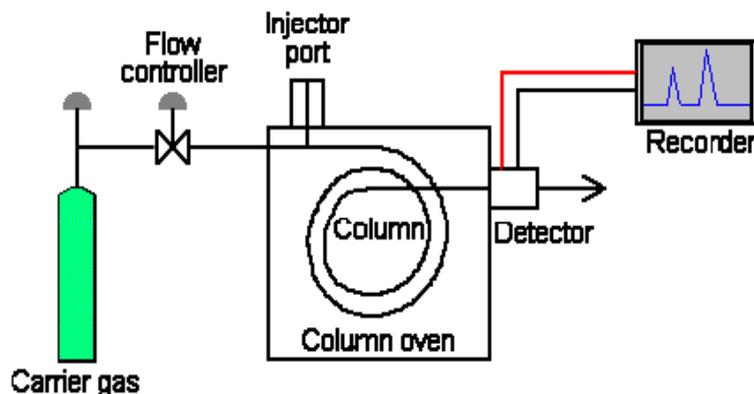
Di bawah ini adalah kriteria sampel yang dapat dianalisis menggunakan kromatografi gas, yaitu:

- mudah menguap
- memiliki kestabilan termal pada suhu pengoperasian.
- dapat diderivatisasi terlebih dahulu menjadi bahan yang mudah menguap

Sumber: (Hendayana, 2006)

Diagram kromatografi gas ditunjukkan sebagai berikut:

Gambar 1
Diagram Kromatografi Gas



Mekanisme kerja kromatografi gas dapat dijelaskan berikut. Gas dalam silinder baja bertekanan tinggi dialirkan melalui kolom yang berisi fasa diam. Cuplikan berupa campuran yang akan dipisahkan, biasanya dalam bentuk larutan, disuntikkan ke dalam aliran gas tersebut. Kemudian cuplikan dibawa oleh gas pembawa ke dalam kolom dan di dalam kolom terjadi proses pemisahan. Komponen-komponen campuran yang telah terpisahkan satu persatu meninggalkan kolom. Suatu detektor diletakkan di ujung kolom untuk mendeteksi jenis maupun jumlah tiap komponen campuran.

Hasil pendeteksian direkam dengan rekorder dan dinamakan kromatogram yang terdiri dari beberapa puncak. Jumlah puncak yang dihasilkan menyatakan jumlah komponen (senyawa) yang terdapat dalam campuran. Bila suatu kromatogram terdiri dari 4 puncak maka terdapat 4 komponen atau 4 senyawa dalam campuran tersebut. Sedangkan luas puncak bergantung pada kuantitas suatu komponen dalam campuran, karena puncak-puncak dalam kromatogram berupa segitiga maka luasnya dapat dihitung berdasarkan ketinggian lebar puncak tersebut.

Bila suatu detektor yang peka terhadap komponen-komponen tersebut ditempatkan di ujung kolom dan sinyalnya diplot sebagai fungsi waktu (atau volume fasa gerak yang ditambahkan). Sederet puncak-puncak simetri diperoleh yang disebut kromatogram. Posisi puncak pada sumbu waktu berharga untuk mengidentifikasi komponen cuplikan (petunjuk kualitatif). Sedangkan luas puncak atau tinggi puncak merupakan ukuran kuantitatif tiap komponen. Penentuan luas puncak dapat dilakukan dengan mengalikan tinggi puncak dengan lebarnya pada setengah tinggi. Pada puncak

yang ramping maka tinggi puncak berbanding lurus dengan konsentrasi. (Hendayana, 2006).

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui metode eksperimen dengan teknik kromatografi gas (GC-PU 4600) menggunakan standar internal. Prosedur kerja yang dilakukan pada penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1) Pembuatan kurva standar

Hal pertama yang dilakukan adalah membuat sederet larutan standar xilena dengan berbagai konsentrasi (5%;10%;15%;20%;25%;30%). Misal, untuk larutan standar xilena 5%. Larutan ini dibuat dengan 0,25 mL xilena yang dimasukkan ke dalam labu takar 5 mL. Kemudian ditambahkan dengan toluene sebanyak 0,15 mL. Larutan tersebut diencerkan dengan menambahkan n-heksana sampai tanda batas. Setelah itu, larutan standar xilena 5% siap untuk diinjeksikan pada kromatografi gas. Langkah kerja pembuatan larutan standar xilena di atas di ulangi untuk konsentrasi 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% dengan mengubah volume xilena yang dimasukkan sesuai dengan konsentrasi yang akan dibuat.

Larutan standar xilena diambil 0,2 μ L dengan *syringe* kemudian diinjeksikan pada kromatografi gas. Penginjeksian dilakukan ulang untuk masing-masing konsentrasi. Selanjutnya, dibuat kurva standar antara rasio luas atau tinggi puncak xilena terhadap toluene lawan % xilena berdasarkan data kromatogram yang telah diperoleh.

2) Penentuan kadar xilena dalam pertamax

Sampel telah disediakan. Selanjutnya, sampel tersebut diambil 0,2 μ L dengan *syringe* dan diinjeksikan pada kromatografi gas. Setelah kromatogram diperoleh, dihitung % xilena dengan menggunakan kurva standar.

3) Mengidentifikasi jenis komponen dalam pertamax plus

Pertamax diambil 0,2 μ L dengan *syringe* dan diinjeksikan pada kromatografi gas. Setelah kromatogram diperoleh, dianalisis tiap puncak yang dihasilkan, apakah terdapat komponen xilena dalam pertamax. Jika ada, ditentukan % xilena dalam pertamax.

(Tim Kimia Analitik Instrumen, 2009).

Hasil dan Pembahasan

Prinsip dasar kromatografi gas yakni perbedaan distribusi komponen-komponen campuran di antara dua fasa yaitu fasa gerak dan fasa diam. Sesuai dengan namanya, fasa gerak dalam kromatografi gas yaitu berupa gas. Gas tersebut disebut dengan gas pembawa. (Kupiec, 2004).

Kromatografi gas yang digunakan adalah merk PU 4600 *Gas Chromatography*. Jenis detektor yang digunakan yaitu FID (*Flame Ionization Detector*). Gas pembawa pada alat kromatografi gas tersebut yaitu gas N₂ dengan kadar 99,995% dan gas H₂. Gas N₂ merupakan *baseline* dari alat kromatografi gas. *Baseline* setiap alat kromatografi gas berbeda-beda. *Baseline* ini berfungsi sebagai batas bawah puncak agar tinggi atau puncak dapat terukur. Kedua gas tersebut memiliki kemurnian yang sangat tinggi sehingga disebut UHP (*Ultra High Pure*) dan bersifat *inert* terhadap zat yang akan dianalisis. Sedangkan gas H₂ digunakan sebagai pembakar. Selain kedua gas tersebut, terdapat juga gas O₂ yang berfungsi sebagai kompresor. Kompresor ini dihidupkan sebelum kromatografi dilakukan. Pada alat kromatografi gas dilengkapi pula dengan *bubble flow meter* yang berfungsi untuk mengukur laju alir gas. Alat ini berisi air sabun. Pada percobaan yang telah dilakukan, besarnya laju alir adalah 222,22 mL/menit.

Injector dilengkapi dengan septum untuk mengarahkan *syringe*. Septum ini harus diganti secara berkala karena dikhawatirkan kerusakan yang terjadi dapat mengganggu dalam pengukuran. Suhu *injector* pun harus diperhatikan. Suhu *injector* sebesar 250 °C. Suhu ini disesuaikan dengan titik didih zat-zat yang akan terukur dalam kromatografi gas. Oleh karena titik didih dari heksana, toluene dan p-xilena masing-masing adalah 68,7 °C, 110,626 °C dan 138,351 °C maka suhu *injector* harus diatas titik didih dari zat-zat tersebut. Hal ini dimaksudkan agar zat-zat tersebut dapat mencapai fasa gasnya (menguap) dengan cepat karena syarat dari zat yang akan dianalisa oleh kromatografi gas adalah mudah menguap. Adanya perbedaan titik didih diantara komponen-komponen inilah yang menjadi syarat dalam melakukan kromatografi gas. (Pazitna dkk, 2013).

Komponen lainnya dalam kromatografi gas yaitu kolom yang merupakan tempat pemisahan. Jenis kolom yang digunakan adalah kolom kapiler (*turbulen*) dengan panjang 30 m dan diameter 0,25 m. Kolom ini terbuat dari dimetilxiloxan. Kolom kapiler yang panjang ini dikarenakan bagian dalam dari kolom tidak terhalang oleh fasa

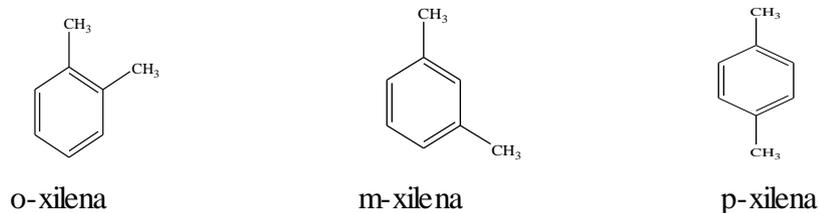
diam. Semakin panjang kolom maka pemisahan pun semakin efisien. Dengan kata lain, kolom kapiler akan memberikan resolusi yang tinggi terhadap pemisahan. Hal ini jelas berhubungan dengan waktu retensi dalam pemisahan. Penggunaan kolom yang panjang akan memberikan perbedaan yang besar antara waktu retensi komponen satu terhadap komponen lainnya. (Hendayana, 2006)

Kolom ditempatkan pada oven. Suhu oven yang digunakan secara terprogram. Hal ini dikarenakan perbedaan titik didih yang dekat antara zat-zat yang akan dianalisa. Melalui pengaturan suhu kolom maka dapat mengatur kecepatan pemisahan komponen yang masuk ke dalam kolom. Semakin tinggi temperatur maka semakin cepat proses keluarnya komponen yang ada di dalam kolom, begitu pula sebaliknya. Namun dengan waktu yang terlalu cepat, identifikasi komponen-komponen dalam sampel tidak akan dapat dilakukan karena peak-peak kromatogram yang dihasilkan akan mengalami tumpang tindih. Hal tersebut jelas mustahil untuk menentukan komponen apa saja yang terdapat pada suatu sampel. Jadi, penggunaan temperatur terprogram bertujuan agar dalam waktu yang relatif singkat, identifikasi komponen-komponen dalam sampel dapat dilakukan.

Pada percobaan ini sistem pemasukan cuplikan yang digunakan adalah split karena volume cuplikan yang akan dimasukkan hanya sedikit yaitu $0,2\mu\text{L}$. Bila menggunakan sistem pemasukan cuplikan secara splitless, maka pengotor-pengotor yang ada akan ikut terukur.

Larutan yang di uji pada percobaan adalah larutan standar xilena dengan enam konsentrasi yang berbeda, sampel pertamax dan pertamax plus. Sesuai dengan judul dari penelitian ini bahwa dalam menentukan kadar xilena dalam sampel menggunakan standar internal. Standar internal mengartikan bahwa larutan standar dicampur langsung dengan sampelnya. Senyawa yang bertindak sebagai standar internal disini adalah senyawa toluene. Standar internal digunakan untuk membandingkan konsentrasi senyawa yang akan dianalisis (xilena) secara langsung dengan larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Volume senyawa pembanding (standar internal) ini konstan saat ditambahkan pada larutan standard dan sampel. Alasan dipilih toluene karena senyawa toluene memiliki struktur molekul yang mirip dengan stuktur molekul xilena. Adanya kemiripan struktur maka kelarutan diantara keduanya pun mudah (*like dissolve like*). (Yayan, 2005)

Senyawa xilena memiliki tiga isomer yaitu o-xilena, m-xilena dan p-xilena. Namun yang digunakan pada penelitian ini adalah p-xilena karena paling stabil. (Fessenden dan Fessenden,1982) Kestabilan ketiga isomer tersebut dapat dilihat dari strukturnya masing-masing.



Posisi gugus metil (-CH₃) pada senyawa p-xilena berjauhan sehingga tolak menolak yang terjadi sangat kecil. Berbeda halnya pada struktur o-xilena atau m-xilena gaya tolak menolak yang terjadi jauh lebih besar dari p-xilena. Hal ini dikarenakan posisi kedua gugus metil yang berdekatan. Oleh karena itu senyawa p-xilena yang paling stabil secara kimia. Kestabilan p-xilena > m-xilena > o-xilena. Senyawa yang stabil merupakan salah satu syarat untuk zat yang akan dianalisis dengan kromatografi gas.

Adapun pelarut yang digunakan adalah heksana. Heksana merupakan senyawa nonpolar dan merupakan pelarut organik yang baik. Dikatakan baik karena heksana memiliki titik didih rendah (mudah menguap), tidak berbahaya, tidak beracun, tidak mudah meledak atau terbakar dan murah. Satu hal yang penting juga yaitu heksana bersifat inert (tidak bereaksi dengan *solute*).

Mekanisme pemisahan yang terjadi di dalam kolom dapat dijelaskan sebagai berikut. Gas (fasa gerak) dialirkan dari silinder baja bertekanan tinggi ke dalam kolom. Gas tersebut dibiarkan mengalir di sepanjang atau memenuhi kolom. Hal ini dimaksudkan agar kolom jenuh akan gas N₂ (fasa gerak). Saat sampel yang berupa larutan di masukan ke dalam injector, sampel tersebut mengalami pemisahan di dalam kolom. Campuran ini terdiri dari tiga komponen yaitu heksana, toluena dan xilena yang ketiganya memiliki sifat mudah terbakar. Pemisahan yang terjadi dikarenakan adanya perbedaan titik didih dari komponen-komponen tersebut. Komponen-komponen campuran dalam sampel akan terpisah sesuai dengan titik didih yang dimiliki. Komponen yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu sehingga akan keluar sebagai peak pertama pada kromatogram. Pada penelitian ini yang

akan menguap atau keluar sebagai peak terlebih dahulu yaitu komponen heksana karena memiliki titik didih yang paling rendah ($68,7^{\circ}\text{C}$). Komponen-komponen lainnya yang belum menguap akan tertahan dahulu pada fasa diam. Bila telah mencapai titik didihnya, komponen-komponen tersebut akan menguap seiring dengan naiknya suhu dan akan terbawa oleh gas (fasa gerak). Komponen tersebut akan keluar juga sebagai peak pada kromatogram.

Solut-solut yang telah keluar dari kolom mengalami pirolisis pada temperatur nyala H_2 -udara di detektor sehingga membentuk ion *intermediate*, yang memungkinkan terjadinya mekanisme aliran listrik melalui nyala. Suhu detektor diatur sebesar 275°C . Hal ini dimaksudkan untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang ada. Detektor yang digunakan adalah jenis FID (*Flame Ionization Detector*) karena gas pembawa yang digunakan adalah N_2 . Hasil pendeteksian ini akan direkam oleh rekorder. Selanjutnya melalui *interface*, hasil rekaman di konversi ke dalam bentuk peak-peak kromatogram.

Kromatogram yang dihasilkan dapat dianalisis secara kualitatif ataupun kuantitatif. Adapun analisis kuantitatif dilakukan dengan metode standar adisi. Metode ini dilakukan dengan cara memplotkan rasio luas puncak atau tinggi puncak xilena dengan toluena terhadap konsentrasi larutan standar (%xilena.).

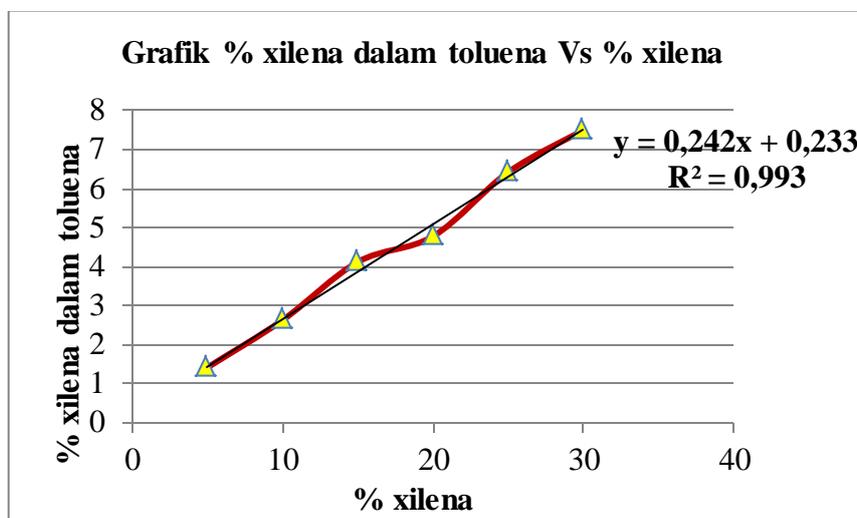
Tabel 2
% xilena dalam toluena per %xilena pada larutan standarisasi

% xilena	% toluena	Luas area xilena	Luas area toluena	%xilena dalam toluene per %xilena
5%	3%	202,589	143,079	1,41592407
10%	3%	241,601	91,765	2,6328222972
15%	3%	367,050	89,059	4,121425123
20%	3%	500,580	104,719	4,780221354
25%	3%	625,853	97,413	6,424737971
30%	3%	629,130	83,876	7,500715342

Tabel 3
% xilena dalam toluena per %xilena pada larutan sampel

Larutan sampel	Luas area xilena	Luas area toluena	%xilena dalam toluene per %xilena
Pertamax Plus	406,849	82,514	4,930666311
Pertamax	199,331	313,211	0,636411237

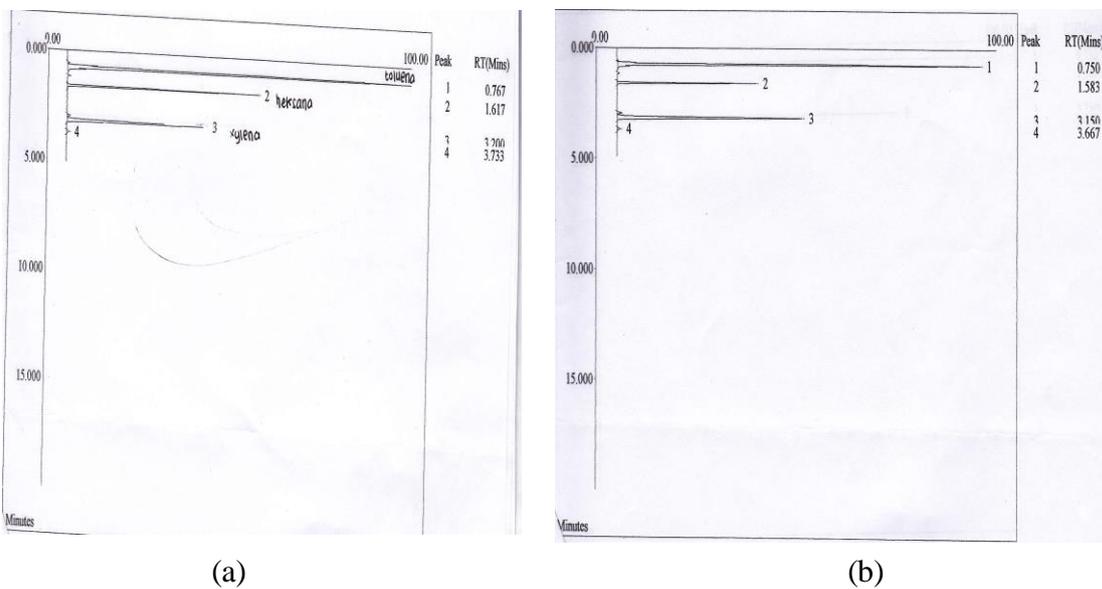
Gambar 2
% xilena dalam toluena vs %xilena



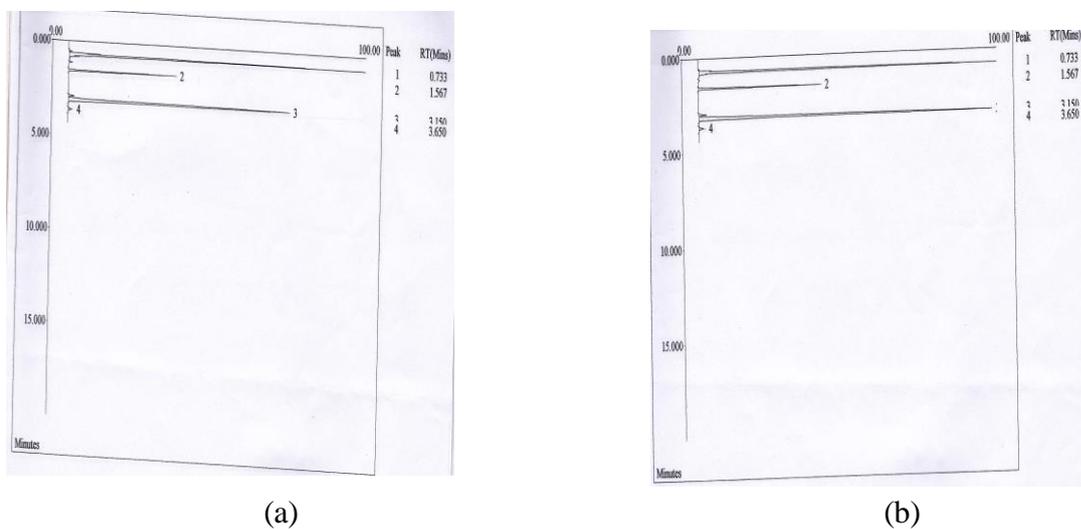
Berdasarkan kurva tersebut diperoleh suatu persamaan garis yaitu $y = 0,242x + 0,233$, sehingga diperoleh kadar xilena dalam Pertamina Plus sebesar 19,412 % dan dalam Pertamina sebesar 1,667%.

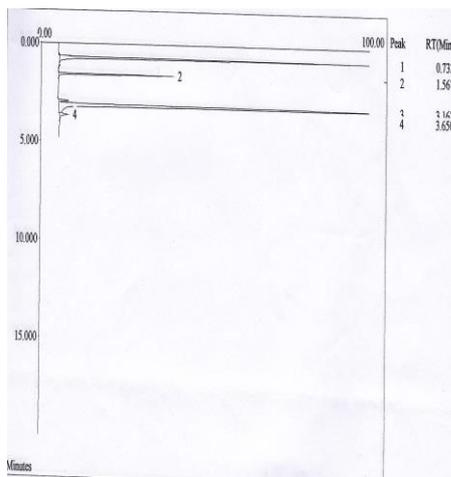
Pada analisis kualitatif, yang dapat dilakukan adalah dengan membandingkan waktu retensi larutan standar dengan waktu retensi sampel Pertamina Plus dan Pertamina. Berikut ini adalah hasil kromatogram untuk larutan standar 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30%.

Gambar 3
Kromatogram larutan standar 5% (a) dan larutan standar 10% (b)

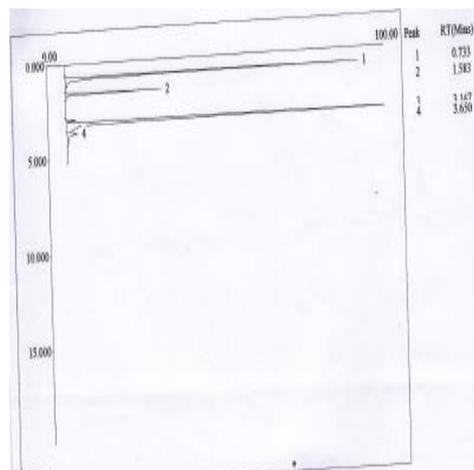


Gambar 4
Kromatogram larutan standar 15% (a), larutan standar 20% (b), larutan standar 25% (c) dan larutan standar 30% (d)





(c)

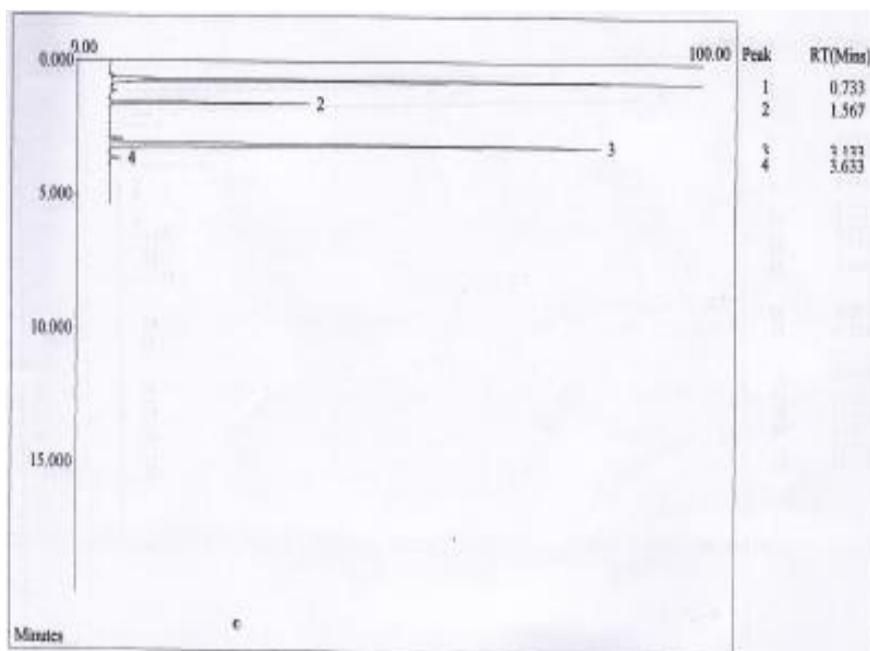


(d)

Berdasarkan kromatogram larutan standar jelas terlihat bahwa terdapat tiga peak yang tajam dan satu peak dengan intensitas kecil. Hal ini menunjukkan bahwa dalam larutan standar terdapat tiga komponen dan peak nomor 4 yang merupakan pengotor. Peak nomor 1 merupakan komponen senyawa heksana karena heksana memiliki titik didih paling rendah sehingga menguap dan keluar dari kolom terlebih dahulu. Selanjutnya, peak nomor 2 merupakan komponen senyawa toluene karena memiliki titik didih lebih besar dari heksana. Peak nomor 3 merupakan komponen senyawa p-xilena karena memiliki titik didih tertinggi diantara 2 komponen lainnya. Secara teoritis, kromatogram menghasilkan tiga peak karena campuran mengandung tiga komponen. Namun berdasarkan kromatogram dari percobaan yang telah dilakukan, diperoleh empat peak. Oleh karena itu, dapat diasumsikan bahwa peak nomor 4 merupakan pengotor yang dikarenakan adanya kesalahan dalam penginjeksian maupun dalam pembuatan larutan standar.

Hasil kromatogram pada sampel Pertamina Plus sama dengan hasil kromatogram larutan standar dengan peak sebanyak 4 buah. Berikut ini adalah hasil kromatogram untuk sampel Pertamina Plus.

Gambar 5
Kromatogram sampel pertamax plus



Untuk mengetahui apakah terdapat atau tidaknya xilena dalam sampel tersebut, dapat dilakukan dengan membandingkan waktu retensi xilena pada sampel pertamax plus dengan waktu retensi xilena pada larutan standar.

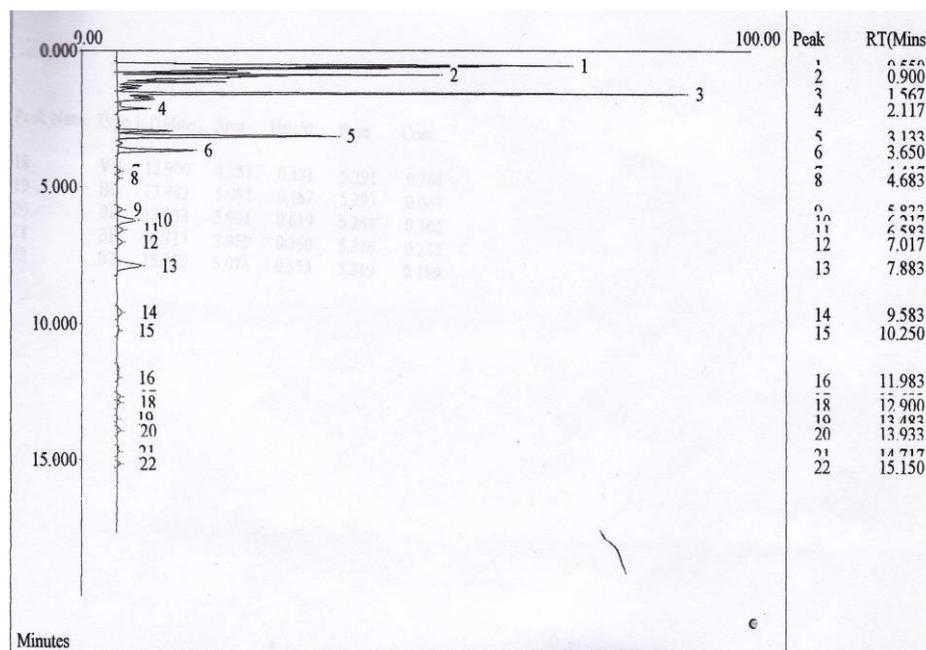
Tabel 4
Perbandingan waktu retensi xilena pada pertamax plus dan larutan standar

Waktu retensi xilena pada larutan standar	Waktu retensi xilena pada sampel pertamax plus
Larutan standar xilena 5 %: 3,200	3,133
Larutan standar xilena 10 %: 3,150	
Larutan standar xilena 15 %: 3,150	
Larutan standar xilena 20 %: 3,150	
Larutan standar xilena 25 %: 3,167	
Larutan standar xilena 30 %: 3,167	

Berdasarkan perbandingan tersebut, waktu retensi xilena mendekati waktu retensi xilena pada larutan standar xilena 10%, 15% atau 20%. Namun bila dilihat dari ketinggian peaknya, sampel pertamax plus cenderung mendekati larutan standar xilena 20%. Hal ini menandakan bahwa sampel tersebut mengandung xilena dan terbukti dengan analisis kuantitatif bahwa kadar xilena dalam sampel tersebut adalah 19,412 %.

Hasil kromatogram pada Pertamina menghasilkan 22 peak. Hanya beberapa peak saja yang memiliki intensitas ketajaman yang tinggi. Ini menandakan bahwa dalam Pertamina mengandung 22 komponen. Berikut ini adalah hasil kromatogram untuk sampel Pertamina.

Gambar 6
Kromatogram sampel Pertamina



Sama halnya pada sampel Pertamina plus di atas, untuk mengetahui ada atau tidaknya xilena dalam Pertamina dapat dilakukan dengan membandingkan waktu retensinya.

Tabel 5
Perbandingan waktu retensi xilena pada Pertamina dan larutan standar

Waktu retensi xilena pada larutan standar	Waktu retensi 6 peak pada Pertamina
Larutan standar xilena 5 %: 3,200	Peak 1 : 0,550
Larutan standar xilena 10 %: 3,150	Peak 2 : 0,900
Larutan standar xilena 15 %: 3,150	Peak 3 : 1,567
Larutan standar xilena 20 %: 3,150	Peak 4: 2,117
Larutan standar xilena 25 %: 3,167	Peak 5 : 3,133
Larutan standar xilena 30 %: 3,167	Peak 6 : 3,650

Berdasarkan perbandingan tersebut, waktu retensi peak 5 mendekati waktu retensi xilena larutan standar. Bila dilihat dari ketinggian peaknya, peak 5 ini mirip

dengan peak xilena pada larutan standar xilena 5%. Hal tersebut terbukti dengan analisis kuantitatif bahwa kadar xilena dalam pertamax sebesar 1,667 %.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas penulis dapat mendapat beberapa kesimpulan, seperti:

1. kadar senyawa xilena dalam pertamax sebesar 1,667 %.
2. kadar senyawa xilena dalam sampel pertamax plus sebesar 19,4118 %
3. kadar senyawa xilena pada pertamax plus lebih besar dibandingkan pada pertamax, maka nilai oktan pertamax plus lebih tinggi

BIBLIOGRAFI

- Hendayana, Sumar. 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- _____. 2006. *Kimia Pemisahan*. Bandung: Rosdakarya.
- Kupiec, Tom. 2004. *Quality-Control Analytical Methods : Gas Chromatography*. International Journal of Pharmaceutical Compounding. Vo.8, No.4. Oklahoma
- Oxtoby, D.W, Gillis, H.P, & Nachtries, N.H. 2003. *Principles of Modern Chemistry 4th Edition*. Jakarta: Erlangga.
- Pazitna, A, Janoskova, N, & Spanik, I. 2013. *Multidimensional Gas Chromatography and Its Application in Food and Environmental Analysis*. Journal of Acta Chimica Slovaca Vol.6, No.1, pp.133-140. Slovakia
- Sunarya, Yayan. 2005. *Kimia Dasar II*. Bandung: Gracia Indah Lestari
- Tim Kimia Analitik Instrumen. 2009. *Penuntun Praktikum Kimia Analitik Instrumen*. Bandung: FPMIPA UPI.