

Pengaruh Penambahan *Anhydrous Ethanol* Pada Premium Terhadap Perubahan Properties

Atok Setiyawan, Bambang Sugiarto dan Yulianto S. Nugroho

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

E-mail: atok.setiyawan@ui.edu; bangsugi@ui.ac.id; yulianto.nugroho@ui.edu

Abstrak

Penambahan etanol dalam gasoline dapat berfungsi sebagai oxygenate octane booster maupun substitusi bahan bakar pada motor Otto. Penambahan etanol yang mempunyai struktur senyawa polar ke dalam gasoline (struktur senyawa non polar) akan merubah properties utama dari campuran utamanya adalah volatilitas, densitas dan angka oktan yang memberikan efek terhadap operasional, unjuk kerja dan emisi gas buang motor Otto.

Pengujian laboratoris properties utama dari campuran etanol (*anhydrous alcohol*)-unleaded premium (*Indonsian unleaded gasoline*) dilakukan dan dibandingkan dengan bahan bakar referensi (premium). Properties utama yang diuji adalah: densitas, volatilitas yang berupa Reid Vapor Pressure (RVP) dan kurva distilasi (sesuai dengan standar ASTM). Konsentrasi etanol dalam campuran mulai dari 5% sampai 40% (E5-E40).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa volatilitas campuran etanol-premium berubah secara signifikan (azeotrope effect) pada konsentrasi etanol sebesar 5% sampai dengan 35%. Azeotrope effect terbesar terjadi pada konsentrasi 5% dimana terjadi peningkatan volatilitas campuran sebesar 11.3%, sedangkan pada konsentrasi etanol 40% volatilitas campuran sudah menurun di bawah nilai premium. Volatilitas fraksi menengah dan berat yang terkandung dalam campuran berdasarkan kurva distilasi tidak berubah secara signifikan.

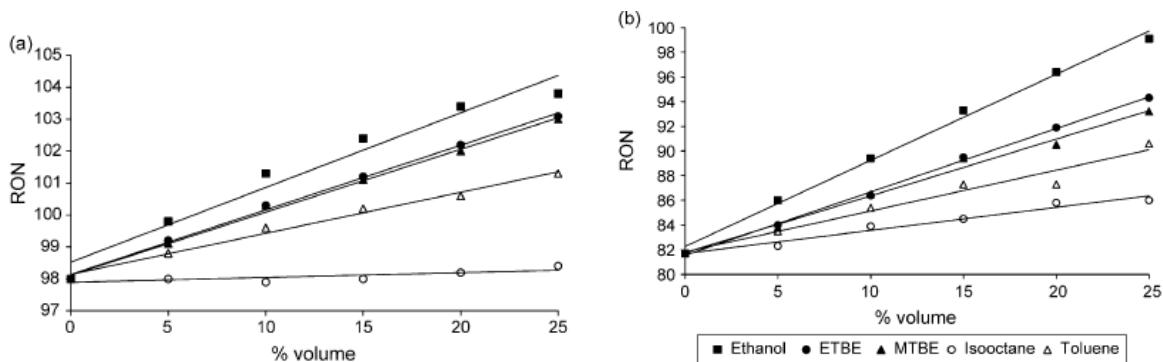
Kata kunci: etanol-gasoline, properties, volatiltas, efek azeotrope

1. Pendahuluan

Bahan bakar motor Otto/Pembakaran Cetus merupakan suatu campuran yang kompleks yang terdiri dari ratusan senyawa hidrokarbon yang dapat dikelompokkan dalam parafanik, naphtanik dan aromatik, mempunyai titik didih antara 30-220°C dengan kandungan karbon C₄ – C₁₂ dan sedikit sulfur, oksigen dan senyawa nitrogen. Komposisi kimia gasoline sangat tergantung pada bahan baku minyak mentah (API, komposisi kimia), proses kilang (*distillation, alkylation, hydrocracking, catalytic cracking*), spesifikasi dan properties yang disesuaikan dengan kondisi iklim, persyaratan dan spesifikasi yang diminta oleh pembuat motor Otto (sesuai dengan teknologi yang diterapkan) dan persyaratan ambang batas polutan. Untuk itu, gasoline perlu ditambahkan senyawa lain seperti peningkat angka oktan misalnya: MTBE, ETBE, TAME, etanol (*oxygenate octane booster*) dan toluene, xylene ataupun *iso-octane* (hydracarbon yang mempunyai nilai oktan tinggi) dan jenis aditif lain.

Etanol selain dikenal sebagai senyawa yang dapat meningkatkan angka oktan gasoline, juga dapat sebagai bahan bakar alternatif pada motor Otto baik sebagai campuran dengan gasoline maupun *dedicated*. Etanol sebagai senyawa pengungkit oktan pada gasoline mempunyai efektifitas yang paling unggul dibandingkan dengan senyawa lain seperti: ETBE, MTBE, Iso-octane dan toluene^[5], seperti tersaji pada Gambar 1.

Sedangkan penambahan etanol pada gasoline dilaporkan oleh banyak peneliti dapat menurunkan emisi gas buang CO (berkisar antara 5%-90%) dan HC (7%-85%)^[1,3,4,6,13], tergantung pada jenis/teknologi motor Otto dan prosentase etanol dalam campuran. Sedangkan dampak pencampuran etanol pada gasoline terhadap unjuk kerja motor Otto yang berupa peningkatan torsi/daya sekitar antara 3%-9%, dan konsumsi bahan bakar spesifik sekitar 3%-21%^[1,4,6,13].



Gambar 1. Efek penambahan senyawa pengungkit oktan gasoline: (a) Gasoline A dan (b) Gasoline B – spesifikasi Gasoline A dan B tersaji pada Tabel 1^[5]

Penambahan etanol kedalam gasoline akan merubah properties gasoline secara signifikan antara lain dan utamanya adalah: volatilitas, densitas dan angka oktan. Besarnya perubahan properties campuran etanol dan gasoline tergantung pada prosentase dan kemurnian etanol serta komposisi senyawa gasoline^[5,7,8,10,12]. Makalah ini menyajikan pengaruh penambahan *anhydrous ethanol* (sampai dengan 40%) pada premium (*Indonesian Unleaded Gasoline*) terhadap perubahan properties. Perubahan properties tersebut akan berdampak pada terpenuhinya atau tidak spesifikasi premium yang ditetapkan oleh Dirjen MIGAS, serta akan didiskusikan dampak teknis dari perubahan properties tersebut pada motor Otto.

2. Prosedur Penelitian

2.1 Material

Etanol yang digunakan untuk penelitian adalah *anhydrous ethanol* yang diperoleh langsung dari produsen PT Molindo Raya Industrial dan belum mengalami proses "denaturasi". Denaturasi adalah proses penambahan sejumlah kecil hydrocarbon ke dalam *anhydrous ethanol* dan kemudian dinamakan "*Fuel grade Ethanol*"^[10]. Spesifikasi *anhydrous ethanol* yang dicampurkan ke dalam premium tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi *anhydrous ethanol* produksi PT Molindo Raya Industrial

Parameter	Specification	Test Method
Appearance	clear colorless liquid free of suspended matter	Visual
Strength at 15°C	Min 99.7 % v/v	Alcoholmeter
Total Acid as Acetic Acid	Max 30 ppm	Test by Titrimetry
Moisture Content	Max. 0.30 % w/w	Karl Fischer titration
Density at 20°C (at point of production)	Max. 0.792	Hydrometer
Material non volatile at 105°C (at point of production)	Max. 30 ppm	Gravimetry

Gasoline yang digunakan untuk penelitian adalah *Unleaded Premium* dengan spesifikasi tertera pada Tabel 2. Gasoline didapatkan dari SPBU yang sudah terakreditasi "Pasti Pas" sehingga diharapkan kualitas premium yang digunakan sebagai penelitian adalah dalam kondisi baik dan standar sesuai dengan spesifikasinya. Pada Tabel 2 juga disajikan komparasi spesifikasi gasoline yang digunakan oleh peneliti lain dan berlaku di negara lain seperti Brazil, yang natinya akan digunakan sebagai pembanding dan diskusi.

Tabel 2. Spesifikasi Beberapa Jenis *Gasoline*

No.	Properties	Unit	Metode Uji	Indonesian Unleaded Premium ^{*)}	Brazilian Gasoline Type A (Non Comm)	Brazilian gasoline Commercial ^{**) da Silva^{***)}}	Gasoline A	Gasoline B
					Takeshita ^{**)}			
1	Berat molekul						111	98
2	Lead	gr/L	ASTM D 3237-97	0.013	0.005 - Max	0.005 - Max		
3	Sulphur	%(w/w)	ASTM D 2622-98	0.05	0.12	0.1		
4	Densitas (15/15 °C)	Kg/m ³	ASTM D 323	715 - 780	-	-	734	706
5	Tekanan uap	kPa at 38 °C	ASTM D 5191	62 - Max	45 - 62	69 - Max		
6	Distilasi		ASTM D 86-99a					
	10% Vol penguapan	°C		74 - Max	65 - Max	65 - Max	56	81
	50% Vol penguapan	°C		125 - Max	120 - Max	80 - Max	105	98
	90% Vol penguapan	°C		180 - Max	155 - 190	145 - 190	152	109
	Final Boiling Point (FBP)	°C		215 - Max	220 - Max	220 - Max	168	126
	Residu	%vol		2	2	2		
7	Kandungan Oksigen	%(w/w)	ASTM D 4815-94a	2.72 - Max				
8	Kandungan Etanol	%(v/v)	NBR13992			25 ± 1		
9	Angka Oktana						90	79
	RON		ASTM D 2699-86	88 - Min			98	82
	MON		ASTM D 2700-86	-	82 - Min	82 - Min		
10	Gum	(mg/100ml)	ASTM D 381	5	5 - Max	5 - Max		
11	Hydrocarbon	(%v/v)	ASTM D 1319					
	Aromatic				57 - Max	45 - Max	33	9
	Olefins				38 - Max	30 - Max		
	n-Paraffin						12	14
	i-Paraffin						48	57
	Naphthene						4	17

Catatan: *) ref [9]

**) ref [12]

***) ref [5]

2.2 Metode Pengujian Properties Bahan Bakar

Pengujian properties bahan bakar premium, etanol dan campuran etanol-premium dilaksanakan di laboratorium Unit Produksi Pelumas Surabaya (UPPS) - PT Pertamina (Persero) dengan peralatan sesuai dengan standar ASTM. Pengujian volatilitas dilakukan dengan Reid Vapor Pressure (ASTM D-5191) dan kurva distilasi (ASTM D-86), sedangkan densitas dengan ASTM D-323. Pada setiap pengujian mengikuti prosedur yang telah ditetapkan oleh ASTM.

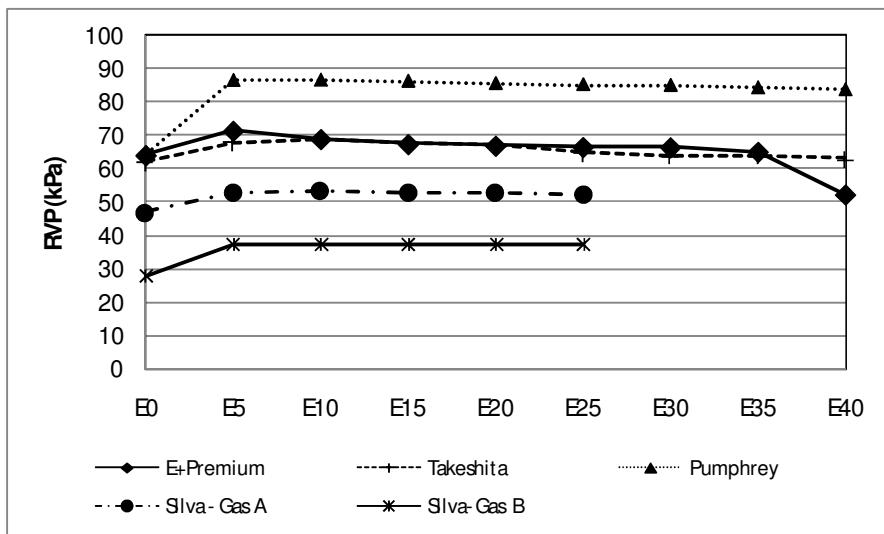
3. Hasil dan Diskusi

3.1. Volatilitas dengan Reid Vapor Pressure

Volatilitas dapat dipahami sebagai kemudahan suatu bahan bakar untuk menguap. Volatilitas merupakan properties yang sangat penting dalam proses pembakaran di dalam motor Otto karena bahan bakar di dalam silinder hanya dapat terbakar jika dalam keadaan uap. Salah satu ukuran tingkat volatilitas suatu gasoline adalah dengan mengukur Reid Vapor Pressure (RVP). Mengingat gasoline tersusun dari ratusan senyawa hidrokarbon mulai dari fraksi ringan (C_4) sampai dengan fraksi menengah (C_{10-12}), maka pengukuran volatilitas dengan Reid Vapor Pressure hanya mengindikasikan kemudahan menguap untuk fraksi ringan yang terkandung di dalam gasoline. Sedangkan kemudahan menguap untuk semua fraksi di dalam gasoline dapat diukur dengan kurva distilasi.

Gambar 2, menunjukkan perubahan volatilitas berbagai jenis gasoline dalam RVP (kPa) dengan penambahan etanol sampai dengan prosentase sebesar 40%. Penambahan etanol sebesar sekitar 5% pada *unleaded premium* dan penambahan etanol sekitar 10% terhadap gasoline yang digunakan para peneliti lain (Takeshita, da Silva dan Pumphrey) mengakibatkan kenaikan RVP secara signifikan. Besar peningkatan RVP dari campuran etanol dan gasoline sangat ditentukan oleh komposisi senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam gasoline (Tabel 2).

Penambahan *anhydrous ethanol* sebesar 5% ke dalam premium mengakibatkan kenaikan RVP sebesar 11.5% dari 64 kPa (premium murni) menjadi 71.3 kPa (campuran etanol-5% dan premium - 95%). Peningkatan lebih lanjut jumlah/prosentase etanol ke dalam premium akan menurunkan RVP secara bertahap dan pada prosentase etanol sebesar 40%, nilai RVP campuran sudah lebih kecil dari premium murni. Efek perubahan RVP dengan penambahan etanol pada premium mempunyai kesamaan dengan hasil yang didapat dari Takeshita^[12], berdasarkan Tabel 2 didapatkan fakta bahwa gasoline type A yang digunakan sebagai penelitian (sebagai bahan dasar pembuatan *commercial gasoline di Brazil* yang mengandung sekitar 25% etanol) mempunyai kemiripan spesifikasi dengan *unleaded premium*.



Gambar 2. Reid Vapor Pressure campuran anhydrous ethanol dan gasoline

Kenaikan RVP campuran etanol dan gasoline yang lebih besar dibandingkan dengan RVP senyawa penyusunnya disebut dengan *azeotrope effect* - ini merupakan karakteristik yang khas dari pencampuran etanol dan gasoline. Efek *azeotrope* yang ditimbulkan oleh penambahan etanol dalam gasoline tergantung pada komposisi kimia gasoline dimana gasoline yang mengandung konsentrasi tinggi dari senyawa *paraffin* dan *naphthene* akan memberikan efek *azeotrope* yang lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa *aromatic*^[5].

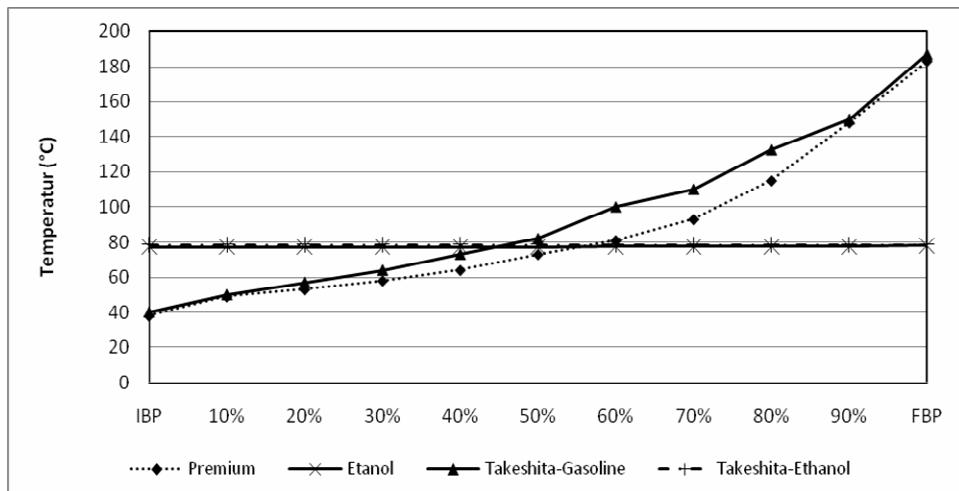
Struktur hidrokarbon yang membentuk *azeotrope* dengan etanol dalam campuran etanol-gasoline masih belum diketahui^[2]. Etanol (senyawa berstruktur polar) bertanggung jawab terhadap peningkatan volatilitas campuran etanol-gasoline yang merupakan hasil dari penurunan interaksi molekul antara etanol dan senyawa hidrokarbon (non-polar)^[12].

Pembatasan nilai RVP - seperti yang tercantum dalam spesifikasi - untuk gasoline sangat penting untuk alasan keamanan pada saat tansportasi dan penyimpanan, mengetahui tendensi kemudahan meledak dan unjuk kerja motor Otto, khususnya pada saat start dingin. Selain itu RVP yang tinggi akan menyebabkan meningkatnya *evaporation emission* dari tangki bahan bakar, pada saat pengisian bahan bakar dan kerugian penguapan di tangki penyimpanan.

Premium yang dipasarkan oleh PT Pertamina mempunyai RVP yang sudah melampaui batas atas spesifikasi yaitu sebesar sekitar 63 kPa, sehingga dengan penambahan *anhydrous ethanol* sebesar 5% (seperti pada biopremium dan biopertamax) maka RVP akan melampaui spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Dirjen Migas. Melihat pengalaman Brazil, maka spesifikasi premium dengan campuran etanol maka seharusnya mempunyai nilai RVP yang lebih tinggi dibandingkan dengan gasoline tanpa etanol (lihat Tabel 2).

3.2. Volatilitas dengan Kurva Distilasi

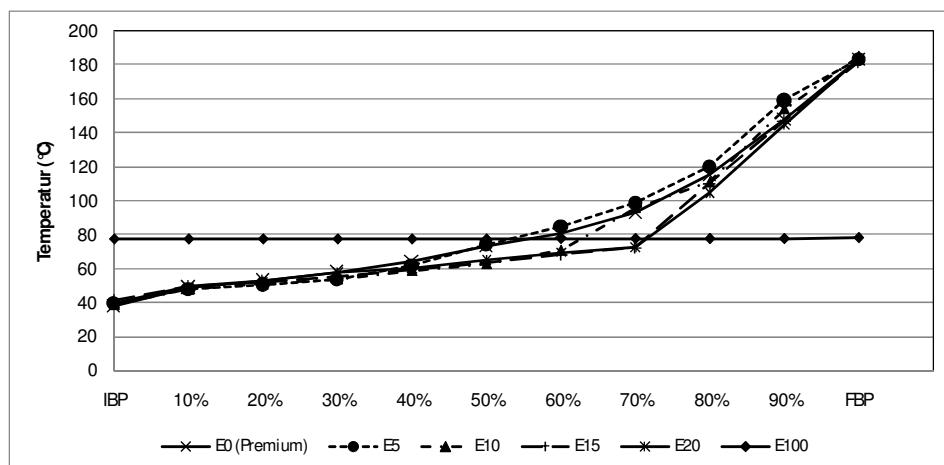
Selain dengan RVP, volatilitas juga dapat ditentukan dengan kurva distilasi yang diuji sesuai dengan ASTM D-86. Pengujian distilasi untuk mendapatkan kurva distilasi sangat penting untuk mengetahui tingkat volatilitas semua fraksi senyawa yang terkandung didalam gasoline. Dengan kurva distilasi dapat diprediksi kandungan hidrokarbon fraksi ringan dan berat yang ada di gasoline, dimana fraksi ringan (temperatur pada saat penguapan mencapai 10% vol – T₁₀) bertanggung jawab atas; kemudahan start dingin dan *engine warming up*. Volatilitas fraksi menengah (temperatur pada saat penguapan mencapai 50% vol – T₅₀) memberikan kontribusi terhadap tingkat ke-ekonomi-an pemakaian bahan bakar dan kenyamanan pada saat melaju (*cruising speed*). Sedangkan volatilitas fraksi berat (temperatur pada saat penguapan mencapai 90% vol – T₉₀) berakibat terhadap pembentukan residu karbon di ruang bakar dan pengenceran/dilusi minyak pelumas.



Gambar 3. Kurva distilasi *anhydrous ethanol* dan gasoline yang ada di Indonesia dan Brazil

Berdasarkan Gambar 2, dimana nilai RVP etanol, premium dan campuran premium-ethanol yang ada di Indonesia mempunyai kemiripan dengan penelitian Takeshita^[12], maka perlu juga dibandingkan volatilitasnya dengan kurva distilasi. Gambar 3, menunjukkan perbandingan kurva distilasi antara etanol dan gasoline yang ada di Indonesia dan di Brazil yang digunakan oleh Takeshita. Terdapat kesamaan properties etanol dan gasoline dan campuran gasoline-ethanol, terutama fraksi ringan (T_{10} atau RVP) maupun kandungan fraksi berat (T_{90} dan Final Boiling Point/FBP). Sedangkan volatilitas senyawa hidrokarbon fraksi menengah terdapat sedikit perbedaan antara gasoline Indonesia dan Brazil (T_{50}). Pada fraksi menengah premium lebih mudah menguap dibandingkan dengan gasoline Brazil.

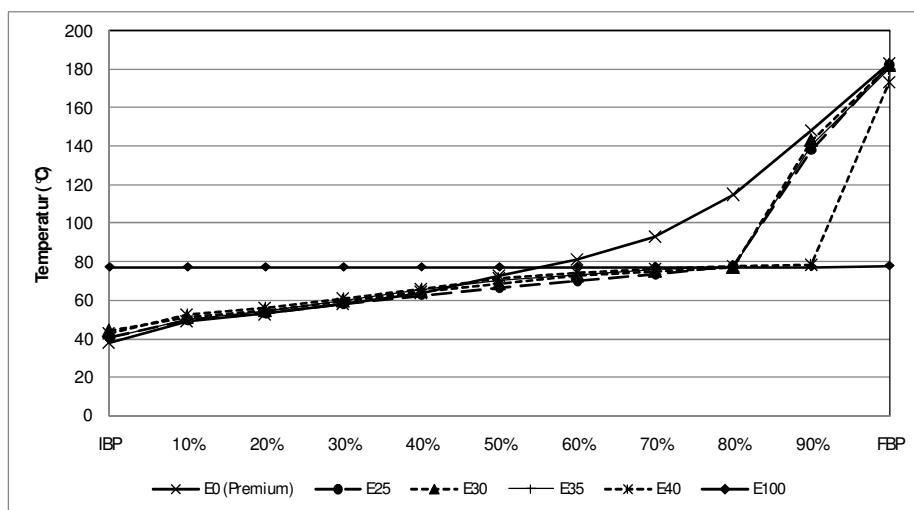
Gambar 4, memperlihatkan kurva distilasi etanol, premium dan campuran premium-ethanol sampai dengan prosentase etanol sebesar 20%. Pada penguapan fraksi ringan (T_{10}) dan fraksi menengah (T_{50}) pencampuran etanol sampai dengan 20% temperatur penguapan dari campuran premium-ethanol lebih rendah dibandingkan dengan premium, hal ini sesuai dengan hasil yang didapat dari pengukuran RVP (Gambar 2). Tetapi pada temperatur penguapan fraksi menengah sampai berat ada kecenderungan terjadi peningkatan temperatur penguapan pada campuran premium-ethanol dibandingkan dengan premium. Hasil ini sedikit berbeda dengan yang didapat oleh Takeshita^[12] dimana temperatur penguapan campuran gasoline-ethanol masih tetap lebih rendah dibandingkan dengan gasoline murni.



Gambar 4. Kurva distilasi campuran anhydrous ethanol dan premium (E5-E20)

Gambar 5, memperlihatkan kurva distilasi etanol, premium dan campuran premium-ethanol sampai dengan prosentase etanol antara 25% sampai dengan 40%. Penambahan etanol dalam premium

diatas 35% akan menurunkan volatilitas senyawa fraksi ringan dari campuran premium-ethanol. Hal ini sangat konsisten dengan hasil pengukuran RVP (Gambar 2), dimana pada prosentase etanol sebesar 40% RVP dari campuran etanol-premium sudah dibawah RVP premium murni. Pada fraksi menengah-berat, temperatur penguapan cenderung berimpit dengan temperatur penguapan etanol murni dan kemudian naik secara tajam menuju FBP. Hasil dan kecenderungan ini sesuai dengan yang didapatkan oleh Takeshita^[12].



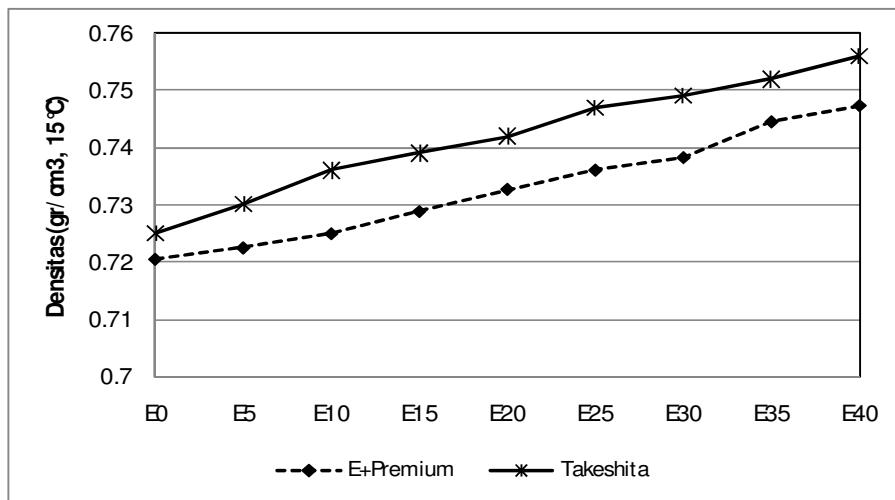
Gambar 5. Kurva distilasi campuran anhydrous ethanol dan premium (E25-E40)

Penambahan etanol kedalam premium merubah volatilitas fraksi ringan dan kemungkinan akan berpengaruh buruk pada kenaikan *evaporation emission* dan kemungkinan terjadinya *vapour lock* karena terbentuknya uap yang berlebihan di dalam saluran bahan bakar. Sedangkan volatilitas fraksi menengah (T_{50}) dan berat (T_{90}) serta FBP dari campuran premium-ethanol tidak banyak berubah sehingga juga tidak banyak merubah tingkat ke-ekonomisan pemakaian bahan bakar dan perubahan pembentukan deposit di ruang bakar. Adanya kenaikan pemakaian konsumsi bahan bakar pada motor Otto berbahan bakar campuran etanol-premium utamanya disebabkan oleh nilai kalor etanol yang lebih rendah dibandingkan dengan premium, yaitu hanya 65% dari nilai kalor premium.

3.3. Densitas

Densitas bisa menjadi indikasi komposisi gasoline yang tersusun dari ratusan senyawa hidrokarbon. Densitas yang rendah menunjukkan jumlah kandungan senyawa fraksi ringan dari hidrokarbon yang besar dan sebaliknya. Gambar 6, menunjukkan perubahan densitas campuran premium/gasoline-ethanol seiring dengan peningkatan prosentase etanol.

Seperti terlihat pada Gambar 6, penambahan konsentrasi etanol kedalam permium/gasoline akan menaikkan densitas campuran, hal ini menunjukkan bahwa densitas etanol lebih besar dibandingkan dengan premium/gasoline. Perubahan densitas akan berpengaruh pada jumlah bahan bakar yang dimasukkan ke dalam silinder ruang bakar selama satu siklus pembakaran. Perubahan ini akan berakibat pada perubahan kebutuhan udara pembakaran supaya didapat campuran yang konstan yaitu sekitar stokimetri. Tidak dilakukannya penyesuaian kebutuhan udara pembakaran akan mengakibatkan pembakaran yang tidak komplet/sempurna dan akan berpengaruh terhadap unjuk kerja motor Otto dan emisi gas buang, utamanya: CO dan HC.



Gambar 6. Densitas campuran *anhydrous ethanol* dan gasoline yang ada di Indonesia dan Brazil

4. Kesimpulan

Penambahan etanol kedalam premium akan merubah properties campuran dalam hal volatilitas dan densitas. Penambahan etanol sebesar 5% akan menaikkan volatilitas-Reid Vapor Pressure campuran terbesar yaitu sekitar 11.3% dibandingkan premium murni, sedangkan pada konsentrasi etanol sekitar 40% volatilitas menurun bahkan lebih rendah dari premium. Volatilitas senyawa fraksi menengah dan berat dari campuran tidak berubah secara signifikan dibandingkan dengan premium murni. Peningkatan nilai densitas dari campuran premium-etanol proposional terhadap penambahan konsentrasi etanol.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Pimpinan dan staf Laboratorium Unit Produksi Pelumas Pertamina Tanjung Perak Surabaya, PT Pertamina (Persero) atas diperkenankannya menggunakan fasilitas dan melakukan pengujian, New Development Product - Direktorat Renstra & Bangus, PT Pertamina (Persero) atas pemberian segala informasi berkaitan dengan BBM yang dipasarkan oleh Pertamina serta PT Molindo Raya Industrial atas dukungan dan bantuannya untuk menyediakan etanol selama penelitian.

Daftar Rujukan

1. Al-Hasan M [2003], "Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions" Journal of Energy Conversion and Management (44) 1547-61, Pergamon.
2. Balabin R.M, R.Z. Syunyaev dan A.A. Karpov [2007],"Molar enthalpy of vaporization of ethanol-gasoline mixture and their colloid state", Fuel Vol. 86, pp:323-7, Elsevier.
3. Bang-Quan He, Jian-Xiin Wang [2003]," A study on emission characteristics of an EFI engine with ethanol blended gasoline fuels", Atmospheric Environmet Vol. 37, pp. 949-957, Elsevier.
4. Chan-Wei Wu, Rong-Horg Chen [2004]," The influence of air-fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline-blended fuels", tmospherin Environmet Vol.38, pp. 7093-1700, Elsevier.
5. Da Silva R., Renanto Cataluna, E.W. de Menezes [2005],"Effect additives on the antiknock properties and Reid vapour pressure og gasoline", Fuel Vol 84., pp. 951-9, Elsevier.
6. Jia, Li-Wei, Mei-Qing Shen et.al. [2005]," Influence of ethanol-gasoline blended fuel on emission characteristics from a four stroke motorcycle engine", J of Hazardous Materials Vol,123, pp. 29-35, Elsevier.
7. Kar Kenneth, T. Last, C. Haywood dan R. Raine [2008],"Measurement of vapour Pressure and Enthalpies of vaporization of gasoline and ethanol blends and their effects on mixture preparation in an SI Engine", SAE 2008-01-0317.
8. Lanzer T., O.F. von Meien, C.I. Yamamoto [2005],"A predictive thermodynamic model for the Brazilian gasoline", Fuel Vol 84, pp. 1099-104.

9. Pertamina [2008], "Bahan Bakar Minyak Untuk Kendaraan Bermotor, Rumah tangga, Industri dan marine", PT Pertamina (Persero), Jakarta, Indonesia.
10. Prihandana Rama, Kartika Noerwijari, et.al. [2007], "Bioetanol Ubi Kayu – Bahan Bakar Masa Depan", AgroMedia Pustaka, Jakarta.
11. Pumphrey J.A., J.I. Brand dan W.A. Scheller [2000] "Vapour pressure measurement and predictions for alcohol-gasoline blends", Fuel Vol 79, pp. 1405-11, Elsevier.
12. Takeshita, E.V., R.V.P. Rezende, S.M.A Guelli U. De Souza, et.al [2008], "Influence of solvent addition on the physicochemical properties of Barzilian gasoline", Fuel Vol 87, pp. 2168-77, Elsevier.
13. Wei-Dong Hsieh, Rong-Hong Chen [2002], " Engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline blended fuels", Atmospheric Environment Vol.36, pp. 403-410, Elsevier.