

PENGUJIAN EMISI GAS BUANG MOTOR BENSIN EMPAT TAK SATU SILINDER MENGGUNAKAN CAMPURAN BAHAN BAKAR PREMIUM DENGAN ETANOL

Ika Kusuma Nugraheni¹, Robby Haryadi²

- 1) Staf Pengajar Jurusan Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Tanah Laut
- 2) Mahasiswa Jurusan Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Tanah Laut
email: robyharyadi31@gmail.com
ika.kusuma.n@politala.ac.id

Naskah diterima: 17 Juni 2017 ; Naskah disetujui: 28 Juni 2017

ABSTRAK

Kelangkaan bahan bakar minyak dan kualitas udara yang semakin memburuk memberikan pengaruh terhadap kehidupan. Meningkatnya volume kendaraan menambah kedua permasalahan menjadi semakin parah. Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan bahan bakar alternatif yaitu etanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari emisi gas buang yang terkandung (CO dan HC rendah) dari campuran etanol dengan premium, menganalisis bahan bakar dari campuran etanol dengan premium pada tiap varian untuk menentukan jumlah kandungan etanol yang tepat agar menghasilkan emisi gas buang yang baik. Sepeda motor empat tak satu silinder yang digunakan adalah sepeda motor Honda Beat 108cc tahun 2010. Bahan bakar yang digunakan untuk penelitian ini adalah premium murni (E₀), campuran etanol 5% + premium 95% (E₅), campuran etanol 10% + premium 90% (E₁₀), campuran etanol 15% + premium 85% (E₁₅), campuran etanol 20% + premium 80% (E₂₀), dan pertalite sebagai perbandingan. Etanol yang digunakan adalah etanol dengan kandungan 95%. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh pencampuran etanol pada premium terhadap kandungan emisi gas buang. Kandungan emisi CO terendah dihasilkan bahan bakar campuran E₁₀ yaitu sebesar 0,11% vol. Kandungan HC terendah dihasilkan bahan bakar campuran E₁₅ sebesar 1567,6 ppm vol. Hasil penelitian ini masih di bawah nilai ambang batas emisi gas buang berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006. Penambahan etanol E₁₀ adalah yang paling efektif dalam menurunkan kadar emisi gas buang yaitu sebesar 8%.

Kata kunci : emisi gas buang, etanol, premium

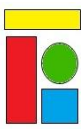
PENDAHULUAN

Sampai saat ini kebutuhan manusia akan bahan bakar masih didominasi hasil olahan dari minyak bumi. Minyak bumi masih menjadi penggerak utama perekonomian dunia, hal ini dikarenakan penggunaan alat-alat industri dan transportasi untuk distribusi kebutuhan pokok masih menggunakan bahan bakar olahan dari minyak bumi. Terbentuknya minyak bumi membutuhkan waktu jutaan tahun dan termasuk sumber daya alam yang tidak bisa diperbaharui, akan tetapi konsumsi bahan bakar semakin meningkat dari tahun ketahun.

Kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar minyak dalam jumlah yang besar, perkembangan volume lalu lintas di perkotaan Indonesia yang mencapai 15% pertahun merupakan sumber pencemaran udara yang terbesar dimana 70% pencemaran udara diperkotaan disebabkan oleh

aktivitas kendaraan bermotor [1]. Pencemaran udara tersebut disebabkan oleh emisi gas buang yang buruk.

Salah satu yang mempengaruhi kandungan emisi gas buang adalah kualitas pembakaran yang ditentukan salah satunya oleh kualitas campuran udara dengan bahan bakar. Istilah untuk menyebutkan perbandingan campuran antara udara dan bahan bakar yang digunakan untuk proses pembakaran biasa disebut *Air Fuel Ratio* (AFR). Secara teori, AFR ideal untuk bahan bakar bensin adalah 14,7:1, artinya untuk membakar 1 gram bensin dibutuhkan 14,7 gram udara. Kenyataan di lapangan terkadang tidak selalu sesuai dengan teori. Untuk membandingkan antara kondisi nyata dengan teori, dirumuskan suatu perhitungan yang disebut dengan istilah *lambda* (λ), jika jumlah udara yang tersedia untuk pembakaran sesuai dengan teori ($\lambda=1$), berarti campuran tersebut ideal, memungkinkan pembakaran terjadi secara sempurna. Selain jumlah udara, untuk membantu tercapainya pembakaran yang baik adalah dengan kualitas bahan bakar yang baik.



Kehadiran teknologi kendaraan bermotor tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari, karena sangat membantu dalam pekerjaan. Langkah alternatif yang dapat diambil untuk dapat menghemat cadangan minyak bumi dan mengurangi polusi udara salah satunya dengan menemukan bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Etanol atau yang sering disebut alkohol, merupakan bahan bakar yang berasal dari biomassa. Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis baik berupa produk maupun buangan. Biomassa merupakan sumber daya yang terbarui karena jumlahnya yang berlimpah, berkesinambungan dan berpotensi sebagai alternatif bahan bakar untuk menggantikan bahan bakar fosil.

Etanol dapat dicampur dengan premium agar menurunkan kadar emisi gas buang. Beberapa fungsi penambahan Etanol pada bahan bakar adalah sebagai (a) *octane booster*, artinya mampu menaikkan angka oktan dengan dampak positif pada efisiensi bahan bakar dan mesin, (b) *oxygenating agent*, yakni mengandung oksigen sehingga menyempurnakan pembakaran dan meminimalkan pencemaran udara, dan (c) *fuel extender*, yaitu menghemat bahan bakar fosil [2].

Dari latar belakang diatas, maka tujuan dari penulisan ini yaitu mengetahui karakteristik dari emisi gas buang yang terkandung dari campuran etanol dengan premium, dan menganalisis bahan bakar dari campuran etanol dengan premium pada tiap varian untuk menentukan jumlah kandungan etanol yang tepat agar menghasilkan emisi gas buang yang baik.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Bahan Bakar

Bahan bakar adalah suatu materi apa saja yang bisa dirubah menjadi energi. Berdasarkan bentuknya, ada bahan bakar padat, bahan bakar cair dan bahan bakar gas. Sedangkan menurut asalnya, bahan bakar dibagi menjadi bahan bakar nabati, bahan bakar mineral, dan bahan bakar fosil.

a. Premium

Premium merupakan bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kuning jernih, warna tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan (dye) [2].

b. Peralite

Peralite adalah bahan bakar minyak dari Pertamina dengan RON 90. Peralite dihasilkan dengan penambahan zat aditif dalam proses pengolahannya dikilang minyak. Selain itu, RON 90 membuat pembakaran pada mesin kendaraan dengan teknologi terkini lebih baik dibandingkan dengan premium yang memiliki RON 88.

c. Etanol

Eetanol atau yang sering disebut alkohol, merupakan bahan bakar yang berasal dari biomassa. Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis

baik berupa produk maupun buangan. Biomassa merupakan sumber daya yang terbarui karena jumlahnya yang berlimpah dan berkesinambungan sehingga berpotensi sebagai alternatif bahan bakar untuk menggantikan bahan bakar fosil.

Eetanol atau alkohol adalah senyawa hidrokarbon berupa gugus *hydroxyl* (-OH) dengan 2 atom karbon (C). Spesies alkohol yang banyak digunakan adalah $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ yang disebut metil alkohol (metanol), $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ yang disebut iso propil alkohol (IPA) atau propanal-2 [2].

2. Emisi Gas Buang Motor Bensin

Emisi gas buang merupakan zat pencemar yang dihasilkan dari proses pembakaran motor bensin. Zat pencemar dari hasil pembakaran atau uap bahan bakar bensin ini dapat dibagi menjadi empat macam yaitu CO (*carbon monoxide*), HC (*hydrocarbon*), NO_x (*nitrogen oxide*), dan timah hitam/timbal (Pb). Bila bensin terbakar, maka akan terjadi reaksi dengan oksigen membentuk CO₂ (*carbon dioxide*) dan H₂O. Pada negara-negara yang memiliki emisi gas buang yang ketat, ada lima unsur yang diukur yaitu senyawa CO, HC, CO₂, O₂, dan NO_x. Sedangkan pada negara-negara standar emisinya tidak terlalu ketat, hanya mengukur empat unsur dalam gas buang yaitu senyawa CO, HC, CO₂, dan O₂.

a. Karbon Monoksida (CO)

Gas CO dihasilkan oleh pembakaran yang tidak normal karena kekurangan oksigen pada campuran udara dan bahan bakar. Ketika dalam pembakaran terdapat cukup oksigen maka akan terbentuk CO₂. CO₂ termasuk polutan namun digunakan oleh tumbuhan untuk memproduksi oksigen. CO biasanya ditemukan pada saluran pembuangan (*exhaust*), tetapi bisa juga ditemui pada *crankcase*. CO mempunyai sifat tidak berwarna dan tidak berasa. Jika rasio udara dan bahan bakar kekurangan oksigen, maka jumlah gas CO yang dihasilkan juga semakin meningkat.

b. Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon dihasilkan dari bahan bakar yang tidak terbakar keseluruhan saat proses pembakaran. Emisi hidrokarbon memiliki sifat berbau, mudah menguap, dan bereaksi lebih lanjut dengan NO_x menjadi senyawa fotokimia dan dapat menyebabkan hujan asam/berasap. Senyawa fotokimia yang terbentuk dari emisi HC dapat mengakibatkan mata pedih, sakit tenggorokan, dan gangguan pernafasan. Hidrokarbon juga bersifat *carcinogens* atau dapat menyebabkan kanker, fotokimia dan dapat menyebabkan hujan asam/berasap. Senyawa fotokimia yang terbentuk dari emisi

HC dapat mengakibatkan mata pedih, sakit tenggorokan, dan gangguan pernafasan. Hidrokarbon juga bersifat *carcinogens* atau dapat menyebabkan kanker.

c. Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida berasal dari pembakaran sempurna hidrokarbon termasuk minyak bumi dan gas alam. Sebenarnya gas karbon dioksida tidak berbahaya bagi manusia. Namun, kenaikan kadar CO₂ telah mengakibatkan meningkatnya suhu di permukaan bumi. Fenomena inilah yang disebut efek rumah kaca. Efek rumah kaca adalah suatu peristiwa di alam dimana sinar matahari dapat menembus atap kaca, tetapi sinar infra merah yang dipantulkan tidak bisa menembusnya. Sinar matahari tidak bisa keluar tetap berada dalam rumah kaca dan mengakibatkan suhu dalam rumah kaca meningkat. Seperti itu juga karbon dioksida di udara, ia dapat melewati sinar ultra violet dan sinar tampak, tetapi menahan sinar infra merah yang dipantulkan ke bumi. Akibatnya suhu bumi naik jika kadar CO₂ di udara naik. Pada proses pembakaran konsentrasi CO₂ menunjukkan secara langsung status hasil pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi semakin baik. Saat AFR berada di angka ideal, emisi CO₂ berkisar 12% sampai 15%. Apabila AFR terlalu kurus atau terlalu gemuk, maka konsentrasi CO₂ akan turun drastis.

d. Oksigen (O₂)

Konsentrasi dari oksigen pada gas buang berbanding terbalik dengan konsentrasi CO₂. Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna, maka kadar oksigen yang masuk ke ruang bakar harus mencukupi untuk setiap molekul hidrokarbon. Dalam ruang bakar, campuran oksigen dan bensin dapat terbakar dengan sempurna apabila bentuk dari ruang bakar tersebut melengkung secara sempurna. Kondisi ini memungkinkan molekul bensin dengan molekul udara dapat dengan mudah bertemu untuk bereaksi dengan sempurna pada proses pembakaran. Sayangnya, ruang bakar tidak dapat sempurna melengkung dan halus sehingga memungkinkan molekul bensin seolah-olah bersembunyi dari molekul oksigen dan menyebabkan proses pembakaran tidak terjadi dengan sempurna.

e. Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida dihasilkan melalui temperatur pembakaran yang tinggi. Saat temperatur pembakaran mencapai 1.370 °C, nitrogen dan oksigen dalam udara bergabung sehingga menghasilkan nitrogen oksida. Selama udara di atmosfer masih mengandung 78% nitrogen, gas tersebut tidak dapat dicegah memasuki ruang bakar.

Gas NO_x mempunyai sifat tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau saat keluar dari mesin, namun ketika bersentuhan dengan oksigen pada atmosfer berubah menjadi NO₂ yang bersifat kemerahan dan dapat menimbulkan hujan asam. Gas NO_x ini dapat menyebabkan iritasi mata, gatal pada tenggorokan, pemicu asma dan kanker paru-paru, serta gangguan fungsi jantung.

f. Timah Hitam (Pb)

Timah hitam dapat ditemukan pada bensin yang mengandung TEL yang mempunyai rumus kimia Pb(C₂H₅)₄ untuk meningkatkan nilai oktan. Ketika proses pembakaran berlangsung di ruang bakar, maka TEL tersebut berubah menjadi partikel halus yang berupa timah hitam dan ikut keluar ketika langkah buang. Timah hitam (Pb) merupakan logam berat berbahaya yang dapat menyerang saraf dan mempengaruhi kinerja otak, penurunan IQ, bahkan dalam jangka panjang dapat menyebabkan kematian. Pada saat kita mengalami stress, Pb diremobilisasi dari tulang dan masuk ke peredaran darah sehingga menimbulkan resiko terjadinya keracunan. Keracunan ini akan berkelanjutan dalam peredaran darah manusia, yang paling berbahaya terjadi pada ibu-ibu hamil atau sedang menyusui. Udara yang dihirup ibu-ibu hamil atau sedang menyusui akan diserap pula oleh anaknya. Secara tidak langsung anaknya menyerap racun-racun Pb didalam tubuh ibunya.

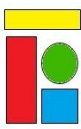
METODOLOGI

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah premium murni, pertalite, dan etanol dengan kadar 95%. Parameter yang diukur adalah kandungan emisi gas buang yang terkandung tiap bahan bakar yaitu CO, HC, CO₂, O₂, dan lambda. Pengukuran dilakukan pada kondisi idle dan pengambilan data dilakukan sebanyak lima kali.

Alat yang digunakan untuk mengukur emisi gas buang adalah *Automotive Gas Analyzer* merek KOENG dan motor yang digunakan untuk pengujian ini adalah sepeda motor Honda Beat 108cc tahun 2010 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tipe mesin 4 langkah, SOHC.
- Sistem pendingin, pendingin udara dan kipas
- Diameter langkah : 50 x 55 mm
- Volume langkah : 108 cc
- Perbandingan kompresi : 9,2 : 1
- Busi: ND U24EPR9, NGK CPR8EA-9
- Sistem pengapian: DC - CDI, Baterai.

Pengujian emisi mula-mula dilakukan dengan pengambilan data premium murni tanpa campuran (E₀),



kemudian E₅ (campuran etanol 5% dan premium 95%), E₁₀ (campuran etanol 10% dan premium 90%), E₁₅ (campuran etanol 15% dan premium 85%), E₂₀ (campuran etanol 20% dan premium 80%), dan pertalite

sebagai pembanding. Data-data yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisis untuk memperoleh kesimpulan.

HASIL dan PEMBAHASAN

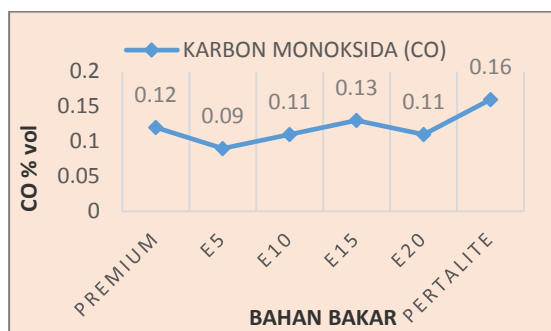
Dari hasil uji emisi pada penggunaan bahan bakar premium murni dan variasi campuran bahan

bakar premium-etanol terhadap kadar emisi gas buang pada sepeda motor Honda Beat 108cc tahun 2010. Hasil rata-rata dapat dibaca pada Tabel 1 :

Tabel 1 Hasil Pengujian Emisi Gas Buang

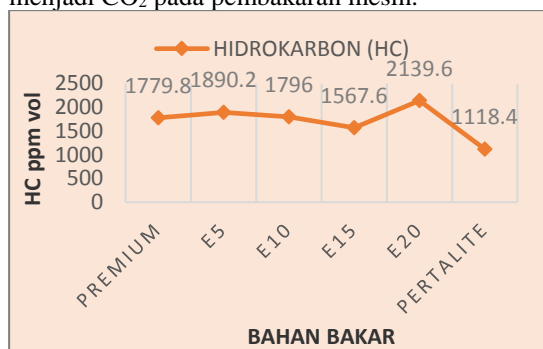
Kandungan Emisi	Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Honda Beat 108cc tahun 2010						Kondisi Mesin
	Premium	E5	E10	E15	E20	Pertalite	
CO (% vol)	0,12	0,09	0,11	0,13	0,11	0,16	Idle
HC (ppm)	1779,8	1890,2	1796	1567,6	2139,6	1118,4	Idle
CO ₂ (% vol)	4,36	3,90	4,76	4,66	4,24	6,04	Idle
O ₂ (% vol)	14,07	14,39	13,00	13,58	13,99	11,40	Idle
<i>Lambda</i>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,97	Idle

Sedangkan untuk mendiskripsikan hasil penelitian ini maka dapat digambarkan grafik tiap kandungan emisi sebagai berikut:



Gambar 1 Hasil emisi CO

Kadar CO tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar pertalite. Tingginya kadar CO pada bahan bakar pertalite dikarenakan kurangnya udara atau oksigen pada saat pembakaran. Pada bahan bakar yang dicampur etanol, kadar CO terhitung lebih rendah dari bahan bakar premium dan pertalite. Hal ini dapat disebabkan karena etanol mengandung oksigen, sehingga lebih mampu mengubah unsur C dan O menjadi CO₂ pada pembakaran mesin.

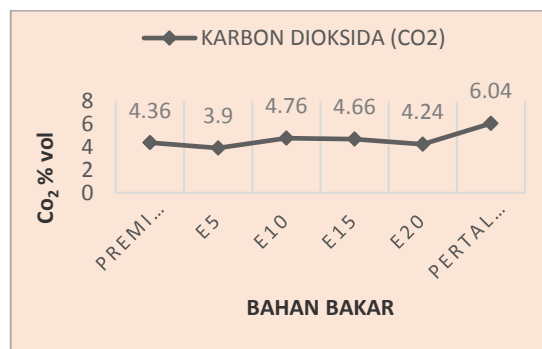


Gambar 2 Hasil emisi HC

Kandungan HC pada bahan bakar E20 terhitung sangat tinggi dan melebihi ambang batas yang telah ditetapkan yaitu sebesar 2000 ppm. HC adalah bahan bakar yang belum terbakar tetapi sudah keluar bersama-sama dengan gas buang ke atmosfer. Tingginya kadar HC disebabkan oleh pembakaran yang kurang sempurna, yaitu karena kurangnya oksigen atau bahan bakar sehingga ada sebagian bahan bakar yang belum terbakar dan keluar masih dalam bentuk hidrokarbon. Pada bahan bakar pertalite kandungan HC terhitung sangat rendah karena bahan bakar pertalite mampu menghasilkan pembakaran lebih baik dibandingkan dengan premium dan bahan bakar dengan campuran etanol.

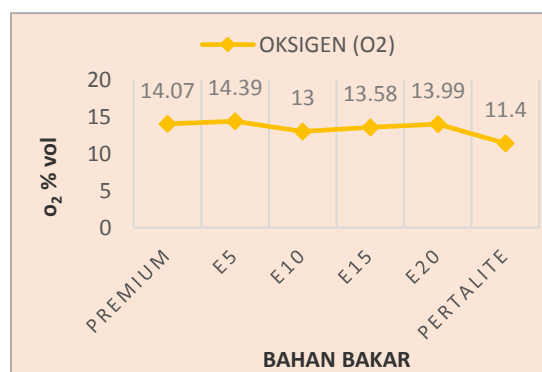
Apabila campuran kurus (kurang bahan bakar), maka konsentrasi HC menjadi naik, hal ini disebabkan karena kurangnya pasokan bahan bakar sehingga menyebabkan rambatan bunga api menjadi lambat dan bahan bakar akan segera keluar sebelum terbakar dengan sempurna. Sedangkan pada kondisi campuran

kaya (kelebihan bahan bakar) konsentrasi HC juga akan naik akibat dari adanya bahan bakar yang belum bereaksi dengan udara yang dikarenakan pasokan udara tidak cukup untuk bereaksi menjadi sempurna, sehingga ada sebagian hidrokarbon yang keluar pada saat proses pembuangan.



Gambar 3 Hasil emisi CO₂

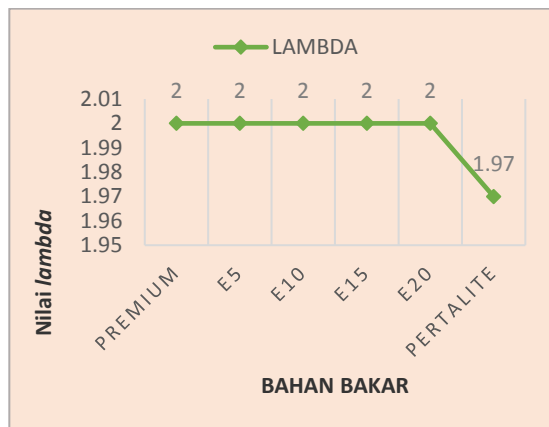
Pertalite menghasilkan emisi gas buang CO₂ paling tinggi, semakin tinggi kadar emisi gas buang CO₂ maka semakin sempurna proses pembakaran yang terjadi di ruang bakar. Pada bahan bakar yang menggunakan campuran etanol, kadar CO₂ pada setiap variasi bahan bakar mengalami peningkatan seiring konsentrasi etanol yang ditambahkan. Pada bahan bakar E5 terhitung rendah, dan meningkat pada bahan bakar E10 kandungan CO₂ semakin meningkat. Rendahnya kadar CO₂ pada bahan bakar dimungkinkan karena pada kondisi idle sudut pengapian cenderung mundur, sehingga berakibat pembakaran terlambat. Unsur yang terkandung dalam bahan bakar akan terbakar melalui pembakaran yang dihasilkan oleh bunga api atau busi. Pembakaran yang terlambat menyebabkan unsur C dan O tidak berubah menjadi CO₂. Rendahnya kadar CO₂ juga dimungkinkan karena AFR yang terlalu kurus atau terlalu kaya, apabila campuran terlalu banyak oksigen atau bahan bakar, maka ada sebagian unsur O yang tidak beraksi dengan unsur C dan tidak berubah menjadi CO₂.



Gambar 4 Hasil emisi Oksigen

Konsentrasi dari oksigen pada gas buang kendaraan berbanding terbalik dengan konsentrasi CO₂. Untuk mendapatkan proses pembakaran yang

sempurna, maka oksigen yang masuk ke ruang bakar harus mencukupi untuk setiap molekul hidrokarbon, semakin kecil nilai oksigen maka semakin bagus. Pada bahan bakar premium dan E5 terhitung tinggi dan turun pada bahan bakar E10, hal ini disebabkan karena AFR terlalu kurus (kurang bahan bakar) pada saat pembakaran. Sedangkan pada bahan bakar pertalite, rendahnya kadar oksigen disebabkan AFR yang kaya (kelebihan bahan bakar).



Gambar 5 Hasil emisi lambda

Nilai *lambda* merupakan kesimpulan proses pembakaran yang terjadi di mesin, jika *lambda* sama dengan 1 (satu), berarti pembakaran bahan bakar di mesin sangat efisien atau ideal, dalam artian komposisi bahan bakar dan udara benar-benar tercampur secara homogen. Tingginya nilai *lambda* dimungkinkan terjadi karena campuran bahan bakar terlalu kurus atau kebanyakan udara pada proses pembakaran. Turunnya nilai *lambda* pada bahan bakar pertalite di mungkinkan karena pembakaran menggunakan bahan bakar pertalite di ruang bakar lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar premium dan bahan bakar menggunakan campuran etanol.

Dari beberapa grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar menggunakan campuran etanol yang menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik adalah pada bahan bakar campuran etanol E10 dan E15.

Pada bahan bakar premium murni kandungan CO yang dihasilkan sebesar 0,12 % vol, sedangkan pada bahan bakar yang menggunakan etanol mampu menurunkan kadar CO sebesar 8,34 % menjadi 0,11 % vol pada campuran bahan bakar E10. Bahan bakar etanol juga mampu menurunkan kandungan HC sebesar 11,9 % pada bahan bakar E15 yang mampu menghasilkan HC sebesar 1567,6 ppm sedangkan premium murni 1779,8 ppm. Namun pada komposisi penambahan etanol 20 % atau E20 kandungan HC meningkat dan melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah. Kandungan HC meningkat karena terdapat kandungan air pada etanol, sehingga air tersebut menjadi sisa gas polutan berupa uap dan menghasilkan kadar HC yang tinggi.

Penambahan etanol juga berdampak pada kandungan CO₂ yang lebih baik dibandingkan dengan premium murni. Bahan bakar yang menggunakan etanol 10% atau E10 mampu menghasilkan kandungan CO₂ sebesar 4,76 % vol, lebih baik 9,17 % dari pada premium murni yang menghasilkan CO₂ sebesar 4,36 % vol. Sedangkan pada kandungan O₂, penambahan etanol juga berdampak lebih baik yaitu mampu menurunkan O₂ sebesar 7,6 % pada E10 dan 3,4 % pada E15. Penggunaan etanol mampu mengurangi O₂ karena etanol memiliki unsur O₂ di dalamnya sehingga membantu pembakaran di ruang bakar lebih sempurna.

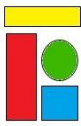
KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan etanol mampu menghasilkan kadar emisi gas buang yang lebih baik dari pada premium murni yaitu dapat menurunkan kadar gas polutan CO sebesar 8,3 % dan HC sebesar 11,9 %, namun penambahan etanol masih belum lebih baik dibandingkan dengan bahan bakar pertalite yang mampu menghasilkan pembakaran lebih sempurna dan menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik.
2. Penambahan etanol E10 adalah yang paling efektif dalam menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik yaitu mampu menurunkan kadar emisi sebesar 8 % dan tidak melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Nomer 5 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kusminingrum, Nanny, dan G. Gunawan. *Polusi Udara Akibat Aktivita Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali*. Artikel Penelitian.
- [2] Prihandana, R, K. Noerwijati, P. G. Adinurani, D. Setyaningsih, S. Setiadi, dan R.Hendroko. 2008. *Bioetanol Ubi kayu: Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta:Agromedia
- [3] Fauji, Mukhamad., 2015. *Pengaruh Bioetanol Terhadap Lambda Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Empat Tak Satu Silinder Berbahan Bakar Premium*. Skripsi: Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- [4] Hardjono. A. (2001). *Teknologi Minyak Bumi*. Yogyakarta: Gadjah Mada
- [5] Permen. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2006 tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*
- [6] Raharjo, Winarno Dwi, dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Buku Ajar. Semarang: Unnes Press
- [7] Suparyanto, Karno MW, dan Basori. *Analisis Penggunaan X Power dan Variasi Campuran*



Bahan Bakar Premium – Etanol terhadap Kadar Gas Polutan CO dan HC pada Sepeda Motor Supra X 125 Tahun 2009. Artikel

- [8] Winangun, Kuntang., 2011. *Uji emisi penggunaan bioetanol dari tetes tebu sebagai campuran premium dengan oktan booster pada sepeda motor yamaha vega ZR 2009.*
- [9] Wiratmaja, IG. 2010. *Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni. Cakra M. Volume 4. Nomor 2:145-154.*