

The Effect of Addition Bioethanol From Palm Fruit to Calorific Value Gasoline and Exhaust Emissions of Vehicle 4 Stroke 125 cc

Dominggus G. H. Adoe¹, Ben V. Tarigan², Rima Nindia Selan³, Boy Bistolen⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana

*Corresponding author: godliefmesin@staf.undana.ac.id

Abstract. The research was conducted in order to know effect of added bioethanol from palm fruit to calorific value gasoline and exhaust emissions of Suzuki Shogun-SP vehicle. Experimental method were descriptive analysis. Fuel used were gasoline were not added bioethanol palm fruit (E-0), gasoline were added to bioethanol palm fruit 10% (E-10), 15% (E-15), 20% (E-20). Variation of engine rotation at 1500 rpm and 2000 rpm idle conditions. The result of the research indicates that the bioethanol of palm fruit manufacture were conducted by using the simple distillation without the dehydration process, and the alcohol level produced at 92%, the energy as the combustion result of the biogasoline (E-10, E-15 and E-20) were lower than the gasoline. Any CO (carbon monoxide) lowest biogasoline E-20 engine rotation at 1500 rpm were 0,58% vol. the lowest HC (hydro carbon) emission obtained from sample fuel E-20 at engine speed 1500 rpm is 24 ppm.

Abstrak. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh penambahan bioetanol buah lontar terhadap nilai kalor premium dan emisi gas buang sepeda motor Suzuki Shogun-SP. Metode eksperimen dengan analisis deskriktif. Variabel bebas yang digunakan adalah bahan bakar premium tanpa tambahan bioetanol (E-0), bahan bakar premium dengan tambahan bioetanol 10% (E-10), 15% (E-15), dan 20% (E-20). Variabel terikat yang digunakan adalah nilai kalor dan kandungan emisi gas buang pada sepeda motor. Variabel kontrol yang digunakan adalah campuran premium-bioetanol yang diuji emisi gas buangnya sebanyak 100 ml pada putaran mesin 1500 rpm dan 2000 rpm kondisi idle. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh penambahan bioetanol buah lontar terhadap nilai kalor premium dan emisi gas buang. Kadar bioetanol yang dihasilkan dari buah lontar tertinggi diperoleh dari 4 kali destilasi sebesar 92%. Nilai kalor bahan bakar terendah diperoleh dari bahan bakar E-20 yaitu 7509,47 kal/gr. Kandungan Karbon Monoksida (CO) terendah diperoleh dari bahan bakar E-20 pada putaran mesin 1500 rpm sebesar 0,58% vol. Kandungan Hidro Karbon (HC) terendah diperoleh dari bahan bakar E-20 pada putaran mesin 1500 rpm sebesar 24 ppm.

Keywords: buah lontar, bioetanol, nilai kalor, emisi gas buang

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Salah satu hasil proses minyak bumi yang dijadikan bahan bakar kendaraan bermotor adalah premium. Penggunaan premium sebagai bahan bakar kendaraan menimbulkan dampak negatif karena premium memiliki nilai oktan yang rendah (88) sehingga pembakaran mesin tidak sempurna dan emisi yang dihasilkan menjadi berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Dari setiap proses pembakaran selalu dihasilkan produk pembakaran yang disebut emisi gas buang. Emisi gas ini mencemari lingkungan dan memberikan kontribusi terhadap pencemaran udara. Empat produk utama motor pembakaran dalam adalah hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO_x), dan partikulat padat (Kristanto, 2015).

Etanol yang terbuat dari tumbuhan disebut bioetanol. Bioetanol dapat digunakan untuk berbagai keperluan industri. Dalam dunia otomotif

ethanol telah mulai digunakan sebagai bahan bakar karena memiliki beberapa keunggulan, di antaranya lebih ramah lingkungan serta memiliki nilai oktan yang lebih tinggi dari premium.

NTT merupakan daerah yang memiliki populasi pohon lontar yang cukup banyak. Pemanfaatan pohon lontar di NTT antara lain, Nira lontar yang dihasilkan bisa diolah menjadi beberapa produk seperti gula air, gula lempeng, gula semut, laru, sopi (minuman keras khas wilayah NTT), serta pemanfaatan daun lontar sebagai tempat penampung air, sasando yang dijadikan sebagai alat musik yang telah mendunia dan saboak atau isi dari buah lontar, sedangkan buah lontar yang berserat mulai dikembangkan pada bidang material yaitu sebagai serat bio-komposit. Dan secara tradisional kita melihat bahwa buah lontar hanya dimanfaatkan sebagai minuman hewan

karena terdapat kandungan gula di dalamnya sehingga jika direndam dalam air, air akan terasa manis. Penelitian lainnya yang membuktikan terdapat kandungan gula dalam buah lontar yaitu pembuatan selai dan sirup dari bahan baku buah lontar.

KAJIAN PUSTAKA

1. Prinsip Kerja Motor Bakar Bensin 4 langkah

Motor bensin 4 langkah melakukan langkah kerja dalam sekali langkah usaha. Jadi gerakan satu siklus terdiri dari :

1. Langkah hisap

Dalam langkah hisap yang terjadi adalah:

- Piston bergerak dari TMA (titik mati atas) ke TMB (titik mati bawah).
- Katup hisap membuka dan katup buang menutup.
- Karena piston bergerak kebawah maka didalam ruang silinder timbul *kevacuman* sehingga campuran antara udara dan bensin terhisap masuk ke dalam silinder.

2. Langkah kompresi

Dalam langkah kompresi yang terjadi adalah :

- Akhir dari langkah piston.
- Piston bergerak dari TMB (titik mati bawah) ke TMA (titik mati atas).
- Kedua katup (hisap dan buang) menutup.
- Karena piston bergerak ke atas maka campuran udara dan bahan bakar bensin yang berada di dalam silinder tertekan ke atas dan di mampatkan di dalam ruang bakar.

3. Langkah kerja

Dalam langkah usaha yang terjadi adalah:

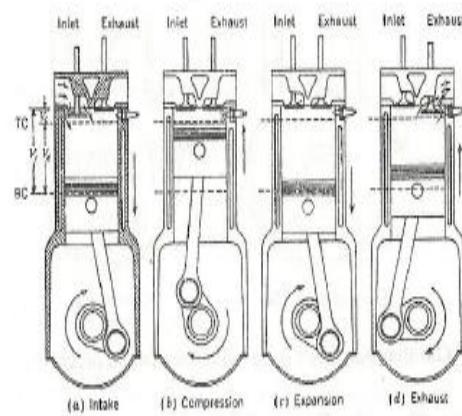
- Akhir dari langkah kompresi.
- Kedua katup (hisap dan buang) masih menutup.
- Sesaat sebelum piston mencapai TMA (titik mati atas) busi memercikan bunga api listrik ke dalam ruang bakar, sehingga campuran udara dan bensin yang sudah di mampatkan akan terbakar dan akan menimbulkan tenaga gerak atau mekanik.

4. Langkah buang

Dalam langkah buang yang terjadi adalah :

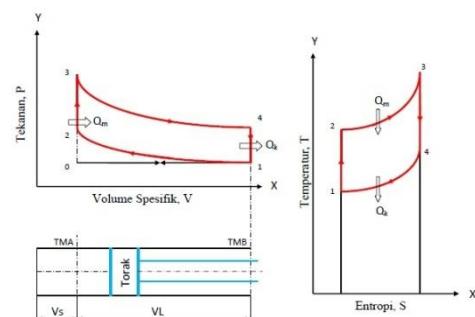
- Katup buang membuka dan katup hisap menutup.
- Piston bergerak dari TMB (titik mati bawah) ke TMA (titik mati atas).
- Karena piston bergerak ke atas maka gas hasil pembakaran didalam silinder akan ter dorong keluar melalui katup buang.

Urutan keempat langkah tersebut dapat terlihat pada gambar.



Gambar 1. Prinsip Kerja motor 4 Langkah (Pudjanarsa, Nursuhud, 2006)

Suatu siklus dinyatakan lengkap apabila keempat langkah itu terlaksana, yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja dan langkah buang. Di dalam satu siklus itu torak bergerak sepanjang TMA – TMB – TMA – TMB – TMA. Motor bakar torak yang bekerja dengan siklus lengkap seperti ini termasuk golongan motor 4-langkah (Arismunandar, 2002), Siklus dari motor bensin dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Diagram P-V dan Diagram T-s Motor bensin 4 langkah

2. Premium

Premium mengandung hidrokarbon hasil sulingan dari produksi minyak mentah. Premium mengandung gas yang mudah terbakar, umumnya bahan bakar ini di pergunakan untuk mesin dengan pengapian busi. Adapun rumus kimia untuk pembakaran pada bensin premium dengan oksigen adalah sebagai berikut : (Prihandana, dkk, 2008)



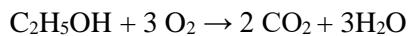
Pembakaran di atas di asumsikan semua bensin terbakar dengan sempurna

3. Bioetanol

Bioetanol atau 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 terbaharui karena jumlahnya yang berlimpah dan berkesinambungan sehingga berpotensi sebagai alternatif bahan bakar untuk menggantikan bahan bakar fosil.

Beberapa fungsi penambahan bioetanol adalah sebagai (a) *octane booster*, artinya mampu menaikkan angka oktan dengan dampak positif pada efisiensi bahan bakar; (b) *oxygenating agent*, yakni mengandung 35% oksigen sehingga menyempurnakan pembakaran dan meminimalkan pencemaran udara; dan (c) *fuel extender*, yaitu menghemat bahan bakar fosil (Prihandana, dkk, 2008).

Adapun rumus kimia untuk pembakaran pada bioetanol dengan oksigen adalah sebagai berikut : (Prihandana, dkk, 2008).



Pembakaran di atas diasumsikan semua bioetanol terbakar dengan sempurna.

4. Nilai Kalor (*Calorific Value*)

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas/kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara/oksigen. Nilai kalor berbanding terbalik dengan berat jenis (Density). Pada volume yang sama, semakin besar berat jenis suatu minyak, semakin kecil nilai kalornya, demikian juga sebaliknya semakin rendah berat jenis semakin tinggi nilai kalornya. Umnya berbentuk senyawa hidrokarbon. Nilai kalor diperlukan karena dapat digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan oleh suatu mesin dalam suatu periode. Nilai kalor bahan bakar dapat diketahui dengan menggunakan kalorimeter.

Untuk mengetahui nilai kalor dari bahan bakar tersebut dihitung menggunakan rumus: *(Manual book Toshniwal Technologies Pvt. Limited)*

$$H = \frac{(W)(\Delta T) - (E_{wl} + E_{tl}) - (E_g)(M_g)}{M_t - M_g}$$

Dimana:

H = Nilai kalor dari sampel (kalori/gr)

W = Kapasitas panas kalorimeter bomb (kalori/ $^{\circ}$ C).

ΔT = Peningkatan temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

Ewl = Nilai kalor dari kawat yang tersisa (kalorigram).

Etl = Nilai kalor dari benang woll yang tesisa (kalorigram).

Eg = Nilai kalor kapsul gelatin (kalorigram).

Mg = Massa gelatin kapsul (gram).

Mt = Massa total yaitu massa satuan

kapsul gelatin (gram).

$$W = \frac{(M)(H)}{AT} \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana:

H asam benzoat = 6318 kalori/gr

5. Unsur-Unsur Gas Buang

Dalam mendukung usaha pelestarian lingkungan hidup, negara-negara di dunia mulai menyadari bahwa gas buang kendaraan merupakan salah satu polutan atau sumber pencemaran udara terbesar oleh karena itu, gas buang kendaraan harus dibuat "sebersih" mungkin agar tidak mencemari udara.

a. Emisi Senyawa Hidro Karbon (HC)

Bensin adalah senyawa hidro karbon, jadi setiap HC yang didapat di gas buang kendaraan menunjukkan adanya bensin yang tidak terbakar dan terbuang bersama sisa pembakaran. Apabila suatu senyawa hidrokarbon terbakar sempurna (bereaksi dengan oksigen) maka hasil reaksi pembakaran tersebut adalah karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O). Walaupun rasio perbandingan antara udara dan bensin ($AFR=\text{Airto-Fuel-Ratio}$) sudah tepat dan didukung oleh desain ruang bakar mesin saat ini yang sudah mendekati ideal, tetapi tetap saja sebagian dari bensin seolah-olah tetap dapat “bersembunyi” dari api saat terjadi proses pembakaran dan menyebabkan emisi HC pada ujung knalpot cukup tinggi. Emisi HC ini dapat ditekan dengan cara memberikan tambahan panas dan oksigen diluar ruang bakar untuk menuntaskan proses pembakaran.

b. Emisi Karbon Monoksida (CO)

Gas karbonmonoksida adalah gas yang relatif tidak stabil dan cenderung bereaksi dengan unsur lain. Karbon monoksida, dapat diubah

dengan mudah menjadi CO₂ dengan bantuan sedikit oksigen dan panas. Saat mesin bekerja dengan AFR yang tepat, emisi CO pada ujung knalpot berkisar 0.5% sampai 1% untuk mesin yang dilengkapi dengan sistem injeksi atau sekitar 2.5% untuk mesin yang masih menggunakan karburator. Apabila AFR sedikit saja lebih kaya dari angka idealnya (AFR ideal = λ = 1.00) maka emisi CO akan naik secara drastis. Jadi tingginya angka CO menunjukkan bahwa AFR terlalu kaya dan ini bisa disebabkan antara lain karena masalah di fuel injection system seperti *fuel pressure* yang terlalu tinggi, karburator yang kotor atau setelannya yang tidak tepat.

Metodologi Penelitian

Variabel Penelitian

Di dalam penelitian ini terdapat 3 variabel yang dipergunakan, antara lain :

a. Variabel Bebas

Variabel bebas atau variabel *independent* merupakan variabel yang nilainya ditentukan dan tidak dipengaruhi oleh variabel lain. Adapun variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan bakar premium murni tanpa campuran bioetanol (E-0), Campuran bensin 90%, bioetanol 10% (E-10), Campuran bensin 85%, bioetanol 15% (E-15), dan Campuran bensin 80%, bioetanol 20% (E-20).

b. Variabel Terikat

Variabel terikat atau variabel *dependent* merupakan variabel yang besar nilainya tidak dapat ditentukan melainkan tergantung pada nilai dari variabel bebasnya. Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah nilai kalor dan kandungan emisi gas buang pada sepeda motor empat langkah satu silinder 125 cc.

c. Variabel Kontrol

Variabel Kontrol atau variabel *control* merupakan variabel yang ditentukan oleh peneliti dan nilainya dikondisikan konstan. Adapun yang merupakan variabel kontrol dalam penelitian ini adalah campuran premium-bioetanol yang diuji kandungan emisi gas buangnya sebanyak 100 ml dengan waktu 180 detik pada putaran mesin 1500 rpm dan 2000 rpm kondisi idle (tanpa pembebanan).

Prosedur Penelitian

a. Pengolahan Bahan Baku

Pengolahan bahan baku dimulai dengan pemilihan buah lontar, buah lontar yang dipilih yaitu buah lontar yang sudah matang, jatuh dengan sendirinya dari pohon, daging buah berserat dan berwarna orange, dan belum terdapat ulat di dalam

daging. Setelah proses pemilihan, buah ditimbang. Kulit buah dan biji buah kemudian dikupas menggunakan pisau sehingga didapat daging buahnya.

Pembuatan Larutan Fermentasi

Pembuatan larutan fermentasi dimulai dengan pencampuran daging buah lontar dengan aquades dengan perbandingan 1 : 2 (1 kg : 2 liter). Setelah dicampur, daging buah dipress sehingga sari buahnya keluar. Kemudian larutan tersebut disaring menggunakan kain penyaring sehingga serat dan ampasnya terpisah.

b. Proses Fermentasi

Proses fermentasi dimulai dengan pencampuran larutan glukosa dengan ragi atau yeast dengan perbandingan 1 : 0,77 (1 liter : 0,7 gram) (Triyono.2012). Ragi yang digunakan yaitu ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*) merk Pakmaya. Fungsi ragi disini yaitu sebagai bakteri yang akan mengurai glukosa menjadi bioetanol. Selain dicampurkan dengan ragi, larutan glukosa tersebut juga dicampur dengan pupuk npk merk tawon dengan perbandingan 1 : 2 (1 liter : 2 gram). Fungsi pupuk npk disini yaitu sebagai nutrisi bagi ragi agar lebih cepat berkembang biak sehingga bioetanol yang dihasilkan juga lebih banyak. Fermentasi yang digunakan yaitu fermentasi alkohol dalam keadaan anaerob. Setelah ragi dan nutrisi ditambahkan, larutan tersebut ditutup rapat di diamkan pada suhu kamar selama 168 jam (\pm 7 hari). (Triyono, 2012).

c. Proses Destilasi

Proses destilasi dimulai dengan pengisian larutan fermentasi pada wadah destilasi, kemudian dipasangkan pipa penghubung ke kondensor, dilanjutkan dengan pemasangan thermometer. Proses destilasi dilakukan di Lab. Teknik Mesin Universitas Nusa Cendana. Alat yang digunakan adalah alat destilasi sederhana yang dibuat sendiri oleh peneliti.

Proses ini dilakukan hingga tidak ada lagi tetesan bioetanol ke tempat penampungan bioetanol dan proses ini juga akan dilakukan secara berulang hingga menghasilkan bioetanol dengan tingkat kemurnian tertinggi, selanjutnya dilakukan pengukuran kadar alkohol dengan alkohol meter.

Sampel bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Bahan bakar premium tanpa campuran bioetanol buah lontar atau disebut E-0.
2. Bahan bakar premium 90% dengan campuran bioetanol buah lontar 10% atau disebut E-10.
3. Bahan bakar premium 85% dengan campuran bioetanol buah lontar 15% atau disebut E-15.

4. Bahan bakar premium 80% dengan campuran bioetanol buah lontar 20% atau disebut E-20.

Pengolahan Data

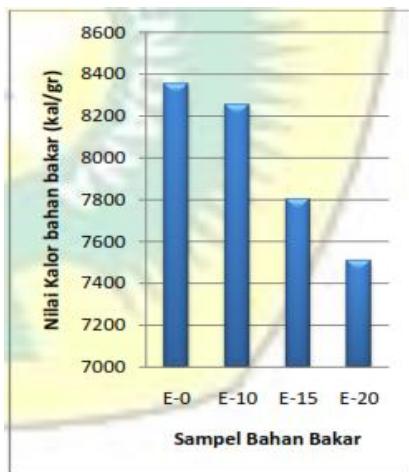
Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif. Menurut Sugiyono (2009), analisis deskriptif adalah analisis yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum.

Data yang didapatkan dari hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel maupun grafik dan kalimat untuk memberikan gambaran setiap perubahan yang terjadi yang bertujuan agar data tersebut mudah dimengerti dan dipahami sehingga mudah pula untuk ditarik kesimpulannya.

Tabel 1 Nilai Kalor Bahan Bakar

| Sampel Bahan Bakar | Nilai Kalor Bahan Bakar (kal/gr) |
|--------------------|----------------------------------|
| E-0 | 8356,23 |
| E-10 | 8254,05 |
| E-15 | 7804,70 |
| E-20 | 7509,47 |

Nilai kalor bahan bakar apabila digambarkan dalam bentuk grafik terlihat seperti berikut ini :



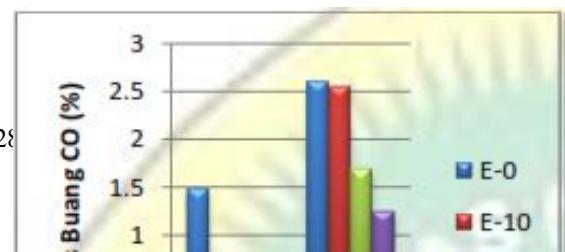
Gambar 3. Grafik nilai kalor bahan bakar

Hasil dan Pembahasan

Pada gambar 3 terlihat bahwa nilai kalor sampel E-0 (premium tanpa campuran bioetanol buah lontar) memiliki nilai kalor tertinggi yaitu 8356,23 kal/gr dan nilai kalor sampel E-20 (premium 80% + Bioetanol buah lontar 20%) memiliki nilai kalor terendah yaitu 7509,47 kal/gr. Dapat disimpulkan

bahwa penurunan nilai kalor bahan bakar dipengaruhi oleh peningkatan volume campuran bioetanol buah lontar pada bahan bakar premium. Hal ini disebabkan karena nilai kalor premium murni lebih tinggi daripada nilai kalor bioetanol, besarnya nilai kalor dapat dipengaruhi oleh banyaknya udara dalam proses pembakaran. Bioetanol yang berasal dari tumbuhan yang mengandung lebih banyak oksigen (35%) menyebabkan kebutuhan udara lebih terpenuhi sehingga menghasilkan nilai kalor yang rendah. Selain udara, berat jenis juga mempengaruhi besarnya nilai kalor karena berat jenis bioethanol lebih besar ($0,8 \text{ gr/cm}^3$) dibanding premium ($0,07 \text{ gr/cm}^3$). besarnya berat jenis bioetanol ini menyebabkan nilai kalor sampel E-10, E-15 dan E-20 lebih rendah dibandingkan dengan sampel E-0.

Pada gambar 4 terlihat bahwa penghasil gas buang CO terbesar pada putaran mesin 1500 rpm dan 2000 rpm yaitu sampel E-0 sebesar 1,48 % dan 2,60 %. Sampel E-0 menghasilkan gas buang CO yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel E-10, E-15 dan E-20. Penambahan bioetanol buah lontar memberi dampak positif terhadap premium, namun akibat penambahan bioetanol berbanding terbalik terhadap gas buang yang dihasilkan. Semakin tinggi presentase bioetanol buah lontar terhadap premium maka semakin rendah gas buang CO yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh AFR yang terlalu kaya. Angka AFR menunjukkan rasio bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang pembakaran. AFR yang terlalu kaya ($>14,7$) menyebabkan tingginya gas buang CO karena kurangnya oksigen dalam proses pembakaran yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna pada sampel E-0. Bioetanol yang mengandung oksigen membantu memenuhi kebutuhan udara dalam proses pembakaran sehingga menghasilkan gas buang CO yang lebih rendah dari sampel E-0. Pada gambar 4.3 juga menunjukkan kenaikan kandungan gas CO pada putaran 2000 rpm. Hal ini disebabkan karena gas CO merupakan gas yang relatif tidak stabil dan cenderung bereaksi dengan unsur lain. Meningkatnya putaran mesin memberi pengaruh naiknya laju aliran bahan bakar ke ruang bakar, sehingga menghasilkan gas buang CO yang lebih tinggi.

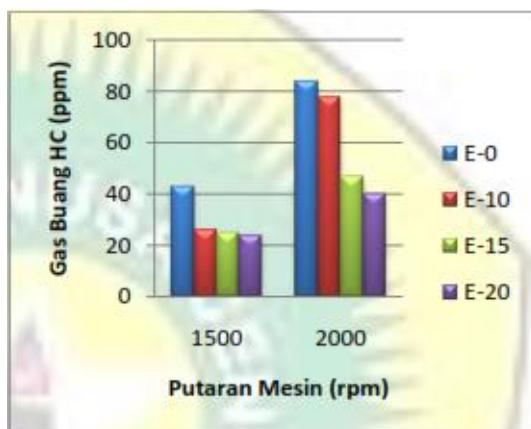


menunjukkan peningkatan gas buang HC pada putaran mesin 2000 rpm. Hal ini disebabkan karena ruang bakar yang kotor dan knalpot yang bertimbang sehingga meningkatnya putaran mesin menyebabkan kenaikan kandungan gas HC.

Kesimpulan

1. Semakin tinggi konsentrasi bioetanol buah lontar pada bahan bakar premium akan menurunkan nilai kalor bahan bakar. Hal ini bisa disebabkan karena bioetanol mengandung oksigen dan memiliki berat jenis yang lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar premium .
2. Penambahan bioetanol pada premium mampu menghasilkan emisi gas buang yang lebih baik (Kandungan CO dan HC yang lebih rendah) daripada dihasilkan oleh bahan bakar premium murni tanpa campuran bioetanol buah lontar (E-0). Hal ini ditunjukkan oleh data penelitian tentang hasil pengujian kandungan CO dalam % vol, dan hasil pengujian kandungan emisi HC dalam ppm vol. Kandungan CO dan HC yang lebih rendah dari penggunaan bahan bakar premium murni tanpa campuran bioetanol buah lontar (E-0) dihasilkan oleh penggunaan bahan bakar E-10, E-15 hingga E-20 pada putaran 1500 rpm maupun 2000 rpm.

Gambar 4. Gas buang CO vs putaran mesin



Gambar 5. Gas buang HC vs putaran mesin

Gas buang HC tertinggi dihasilkan oleh sampel E-0 baik pada putaran mesin 1500 rpm maupun 2000 rpm. Nilai 43 ppm pada putaran mesin 1500 rpm dan 84 ppm pada putaran mesin 2000 rpm. Besarnya kandungan gas buang HC menggambarkan bahan bakar yang tidak terbakar pada proses pembakaran, dari gambar dapat disimpulkan bahwa besarnya presentase penambahan bioetanol buah lontar pada premium berbanding terbalik dengan gas buang HC yang dihasilkan. Rendahnya kandungan gas buang HC pada sampel E-10, E15 dan E-20 menunjukkan proses pembakaran yang lebih sempurna dibandingkan dengan sampel E-0, hal ini disebabkan nilai AFR yang terlalu kaya menyebabkan tingginya gas buang HC karena kurangnya oksigen dalam proses pembakaran yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna pada sampel E-0. Bioetanol yang mengandung oksigen membantu memenuhi kebutuhan udara dalam proses pembakaran. Besarnya kandungan gas buang HC menyebabkan konsumsi bahan bakar juga semakin besar karena banyaknya bahan bakar yang tidak terbakar. Selain terhadap konsumsi bahan bakar besarnya gas buang HC juga dipengaruhi oleh timing pengapian yang terlalu mundur sehingga busi terlambat memercikkan bunga api listrik ke dalam ruang bakar busi. Grafik 4.4 juga

Referensi

- [1] Arismunandar, Wiranto. 1998. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Edisi Keempat. Bandung : ITB.
- [2] Kristanto. 2015. Motor Bakar Torak. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- [3] Prihandana, R. K. Noerwijati, P. G. Adinurani, D. Setyaningsih, S. Setiadi, dan R. Hendroko. 2008. *Bioetanol Ubi kayu: Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: Agromedia.
- [4] Pudjanarsa, A., Nursuhud, D. 2006. *Mesin Konversi Energi*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- [5] Triyono, Koko. 2012. *Pengaruh Dosis Ragi Dan Lama Fermentasi Batang Sweet Sorghum (Sorghum bicolor L) Varietas Numbu Umur 60 Hari Terhadap Kualitas Bioetanol*. Surakarta
- [6] Manual Book of Oxygen Bomb Calorimeter Toshniwal Tecnologies Pvt. Limited