

ANALISIS POTENSI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR NABATI E10, E30 DAN E50 PADA MOTOR BENSIN 9 HP SEBAGAI PENGGERAK MOTOR BOAT KETINTING

BIOFUEL POTENTIAL ANALYSIS OF E10, E30 AND E50 FOR 9 HP GASOLINE ENGINE USED BY KETINTING MOTOR BOAT

Faizin Adi Nugroho^{1*}, Ahmad Jibril¹, Teguh Supriyanto¹

Program Studi Mekanisasi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo,

*Email : faizin.adi89@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this research was to obtain the mixture performance of bioethanol and premium compared with Pertamina to power (P), torque (T), fuel consumption rate (mf), specific fuel consumption (sfc), and average effective pressure (mep) on a 9 HP gasoline engine and examined the blend performance of bioethanol-premium which is find out to gain or equivalent to Pertamina. This type of research is experimental research. The initial fuel used is P (Pure Pertamina), E-10 (10% Bioethanol and 90% Premium), E-30 (30% Bioethanol and 70% Premium), and E-50 (50% Bioethanol and 50% Premium). Data analysis used descriptive analysis, which describes the numerical data obtained from experimental testing and formula calculations. Results of this study showed that E30 was closest to Pertamina performance comparing to other fuels, and is even superior in terms of MF and SFC. Proved by stability torque from 2000-3500 rpm and more superior from Pertamina at 2000-2500 rpm, that difference value with in 0.655 and 0.065 Nm. The power of E30 was closest to Pertamina performance at 3500 rpm with in difference value of 0.11 KW. As well as had the lowest rate of fuel consumption rate (mf), most lowest specific fuel consumption (sfc), and the average effective pressure (mep) that closest to Pertamina performance at 2500 rpm, within difference of 57.69 kPa from all types of the fuel was examined.

Keywords: Bioethanol, Gasoline Engine, Engine Performance

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh performa perbandingan campuran *bioetanol* dengan premium dibandingkan Pertamina terhadap daya (P), torsi (T), laju konsumsi bahan bakar (mf), konsumsi bahan bakar spesifik (sfc), tekanan efektif rata-rata (mep) pada motor bensin 9 HP dan meneliti performa campuran antara *bioetanol*-premium yang mendekati atau setara dengan performa pertamax. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Bahan bakar yang digunakan adalah P (Pertamax murni), E-10 (10% *Bioethanol* dan 90% Premium), E-30 (30% *Bioethanol* dan 70% premium), dan E-50 (50% *Bioethanol* dan 50% Premium). Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif yaitu mendeskripsikan data *numeric* yang diperoleh dari pengujian eksperimen dan perhitungan rumus. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan biopremium E30 paling mendekati pertamax dibandingkan dengan bahan bakar lain bahkan lebih unggul dari segi mf dan sfc . Hal ini dibuktikan dengan torsi yang paling stabil dari rpm 2000-3500 dan lebih unggul dari pertamax pada rpm 2000-2500, selisih 0,655 dan 0,065 Nm. Daya paling mendekati pertamax pada rpm 3500 dengan selisih 0,11 KW. Laju konsumsi bahan bakar terendah dari keempat jenis bahan bakar. Konsumsi bahan bakar spesifik terendah dari keempat jenis bahan bakar. Dan tekanan efektif rata-rata paling mendekati pertamax pada rpm 2500, dengan selisih 57,69 kPa.

Kata Kunci : Bioethanol, Motor Bensin, Performa mesin

1. PENDAHULUAN

Daerah pantai utara Jawa merupakan area penangkapan ikan bagi nelayan. Sebagian besar nelayan masih menggunakan perahu ketinting sebagai media melaut, dimana mereka menggunakan motor bensin untuk menggerakkan perahu mereka. Semakin meningkatnya jumlah volume penggunaan mesin bensin mendorong permintaan bahan bakar khususnya bahan bakar fosil juga semakin meningkat, sehingga perlu dicarikan bahan bakar pengganti fosil. Di beberapa negara yang telah maju di bidang teknologi, banyak melakukan penelitian mengenai sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan, yang bertujuan meminimalisir pemakaian bahan bakar fosil khususnya bensin (*gasoline*). Saat ini, persepsi ketergantungan bahan bakar fosil terkait dengan ketidakpastian mengenai ekstraksinya di masa depan yaitu, penemuan sumber minyak baru, ketidakseragaman konsentrasi cadangan minyak dunia dan ketersediaannya dalam jangka panjang telah menimbulkan kekhawatiran serius (Santos, 2021).

Biofuel yang banyak digunakan adalah etanol. Etanol sebagai bahan bakar motor Otto pernah digunakan Henry Ford pada tahun 1896. Karena pada masa itu bahan bakar bensin berlimpah, maka etanol tidak populer untuk digunakan sebagai bahan bakar. Selain kemungkinan diproduksi dari beberapa sumber terbarukan seperti bahan baku pertanian dan biomassa selulosa, etanol memiliki sifat menarik lainnya jika dibandingkan dengan bahan bakar seperti bensin. Etanol memiliki angka oktan yang lebih tinggi, yang memungkinkan pengoperasian dengan rasio kompresi yang lebih besar, dengan konsekuensi efisiensi termal yang lebih tinggi, dan tidak mudah terbentur. Rasio kapasitas panas yang lebih tinggi membantu mendinginkan ruang bakar, juga mendukung operasi dalam rasio

kompresi volumetrik yang lebih besar, yang berdampak mampu meningkatkan efisiensi termal (Roso, 2019).

Bahan bakar terbarukan seperti metanol dan etanol dari *biomass*, tebu dan jagung berpotensi dapat digunakan, paling tidak digunakan sebagai pencampur dengan bahan bakar fosil dalam hal ini bensin. Etanol memiliki kecepatan api laminar yang lebih tinggi, yang dapat memberikan manfaat untuk pembakaran dalam kasus peningkatan fraksi massa residu, tingkat resirkulasi gas buang (EGR) dan pengenceran udara (Heywood, 1988; Koc, 2009; C.Park, 2010; Cooney, 2009).

Kualitas bahan bakar berpengaruh terhadap performa mesin motor jaman sekarang dikarenakan mesin motor saat ini mempunyai kapasitas kompresi yang lebih tinggi daripada mesin sebelum tahun 1990. Jika kualitas bahan bakar tersebut rendah maka akan berpotensi *knocking*/bunyi nglitik pada mesin lebih tinggi dikarenakan pembakaran bahan bakar yang terlalu dini. Semakin tinggi kandungan RON (*Research Octane Number*), maka semakin bagus pula bahan bakar tersebut digunakan untuk konsumsi mesin yang berkompresi tinggi. Salah satu cara menaikkan nilai RON dalam bahan bakar adalah dengan menambah zat aditif ke dalam bahan bakar fosil, namun dengan semakin menipisnya pasokan bahan bakar fosil dan semakin tingginya konsumsi bahan bakar jenis ini, dibutuhkan campuran bahan bakar pengganti yang setara sebagai konsumsi motor jaman sekarang yang berkompresi tinggi.

Secara teori bioetanol sebagai bahan bakar alternatif dari tumbuhan mempunyai kadar RON yang lebih tinggi dari bahan bakar fosil, jika ini dicampur dengan bahan bakar fosil maka diharapkan dapat menaikkan RON bahan bakar itu atau sebagai *octane enhancer* nabati sekaligus dapat mengurangi ketergantungan sedikit

demis sedikit konsumsi bahan bakar dari fosil.

Etanol menyajikan parameter pembakaran yang sangat mirip dan efisiensi yang lebih besar dalam mesin jika dibandingkan dengan bensin, ini memvalidasi penggunaannya sebagai pengganti bahan bakar fosil. Manfaat utamanya, adalah dalam pengurangan emisi di berbagai kondisi mampu mengurangi emisi NO_x dan HC, apa yang dapat dicapai lebih lanjut dengan campuran yang bervariasi. Selain itu, meskipun memiliki pola emisi CO₂ dan CO yang sama dengan bensin, CO₂ yang dilepaskan diserap secara luas oleh tanaman dalam fotosintesis untuk produksi membantu mengurangi masalah CO₂ di atmosfer (Chao Jin, 2021; Da Costa, 2020). Etanol dapat digunakan dengan baik sebagai bahan bakar dalam *Spark Ignition* (SI), baik sebagai etanol murni, atau bila digunakan sebagai campuran dengan bahan bakar fosil (Altarazi, 2022; Chaudari, 2021; Pantazi, 2013).

Daya dan torsi yang dihasilkan motor bensin sangat dipengaruhi oleh gaya hasil pembakaran yang diperoleh dari proses pembakaran di dalam motor itu sendiri. Pada kenyataannya proses pembakaran motor bensin dipengaruhi oleh faktor ketepatan pengapian, kompresi serta kualitas pemasukan campuran bahan bakar ke dalam silinder dan kualitas bahan bakar yang digunakan. Hal inilah yang menyebabkan pembangkitan daya dan torsi pada motor tidak selalu linier dengan kecepatannya dan akan selalu berubah ubah selaras dengan perubahan putaran sampai batasan tertentu dengan tingkat konsumsi bahan bakar yang berbeda pula.

Bioetanol mempunyai nilai oktan lebih tinggi bila dibandingkan dengan bensin premium yang hanya mempunyai RON 88, dan diharapkan apabila premium dicampur dengan bioetanol maka menghasilkan performa mesin yang

meningkat. Sedangkan nilai RON Pertamina berkisar 92 sebagai pembandingnya saat dilakukan pengujian.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Desain penelitian yang digunakan adalah desain eksperimen, Penelitian ini menggunakan pendekatan *one-shoot* model yaitu model pendekatan yang menggunakan satu kali pengumpulan data pada “suatu saat”. penelitian menekankan pada subjek membandingkan performa pencampuran bahan bakar premium dengan etanol E-10, E-30 dan E-50 dan pertamax murni.

a. Variabel bebas

Variabel bebas adalah kondisi yang mempengaruhi munculnya suatu gejala. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa variabel bebas adalah variabel yang sengaja dipelajari pengaruhnya terhadap variabel terikat. Sedangkan variabel bebas dalam penelitian ini adalah bahan bakar E-10, E-30, E-50 dan pertamax murni.

b. Variabel terikat

Variabel terikat adalah himpunan gejala yang memiliki pula sejumlah aspek atau unsur didalamnya, yang berfungsi menerima atau menyesuaikan diri dengan kondisi lain, yang disebut variabel bebas. Dengan kata lain ada atau tidaknya variabel terikat tergantung ada atau tidaknya variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikatnya adalah torsi, daya, laju konsumsi bahan bakar, konsumsi bahan bakar spesifik dan tekanan efektif rata-rata.

c. Variabel kontrol

Variabel kontrol adalah himpunan sejumlah gejala yang memiliki berbagai aspek atau unsur didalamnya, yang berfungsi untuk mengendalikan agar variabel terikat yang muncul bukan karena variabel lain, tetapi benar-benar karena

variabel bebas tertentu. Dengan kata lain kontrol yang dilakukan terhadap ini akan menghasilkan variabel terikat murni. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah kondisi standar mesin bensin 9 HP, meliputi celah katup, celah busi, suhu kerja mesin, jenis bahan bakar, RPM motor.

Differential chassis dynamometer, untuk mengukur torsi, dan daya dengan spesifikasi :

Merk : *Sport dyno V3.3*
Seri model : SD 325

Dimensi (p x l x t) : 2110x1000x800 mm
Berat : 400 kg
Wheelbase : 850 – 1850 mm
Daya maksimum : 200 Hp (147 kW)
Kecepatan maksimum: 300 km/h
Beban maksimum : 450 kg
Diameter roller : 300 mm
Berat roller : 190 kg
Panjang roller : 200 mm
Roller inertia : 1,446 kg m²
Standar *dynamometer* : ISO 1585

Motor bensin Honda GX 270 JL 9 HP dengan spesifikasi sebagai berikut :

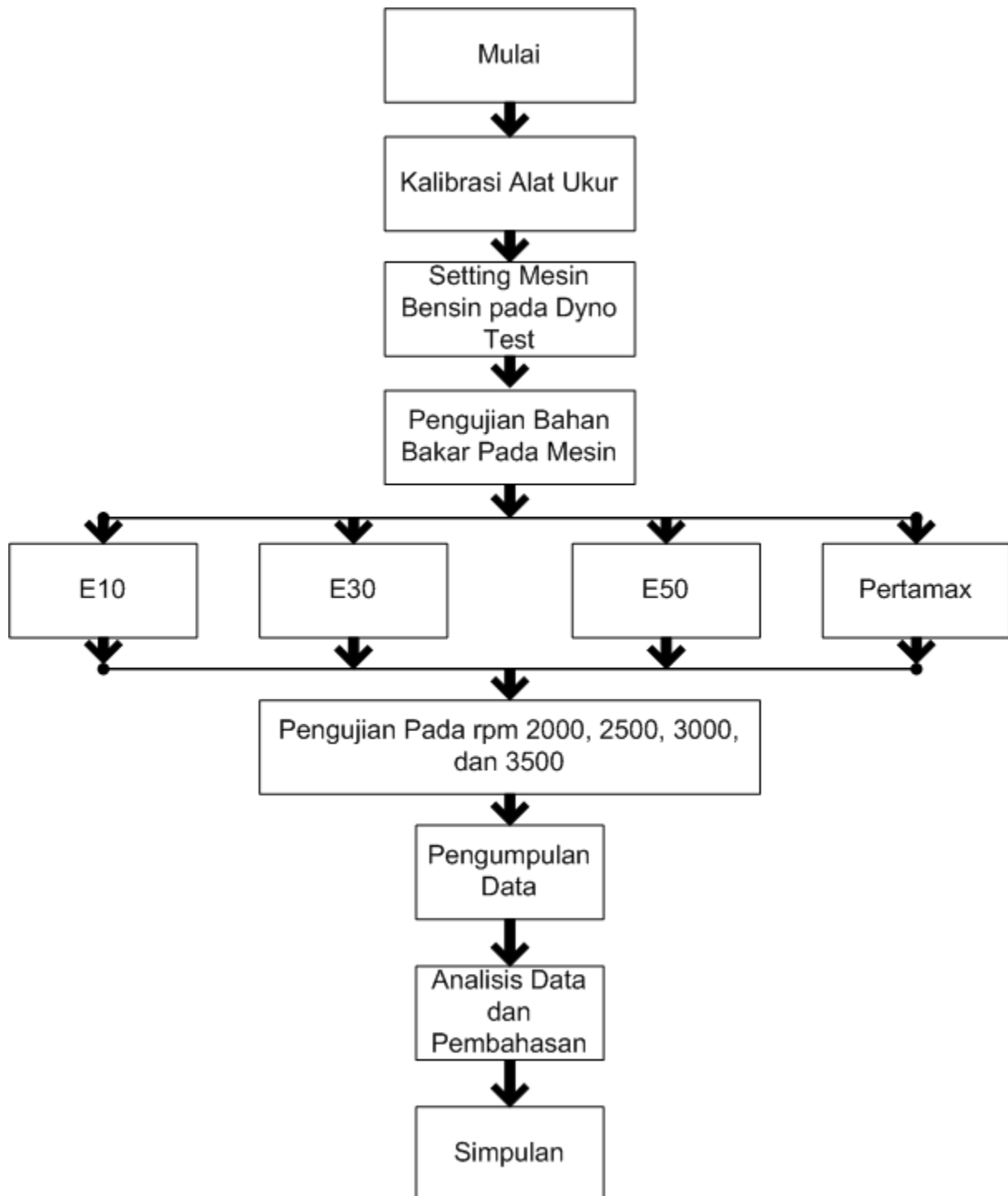


Gambar 1. Motor Bensin 9 HP

Engine Type : *Single Cylinder, OHV 25, 4-Stroke, Air-Cooled*
Bore x Stroke : *77 x 58 mm (3.0 x 2.3 in)*
Displacement : *270 cm³*
Compression Ratio : *9.2 : 1*
Horse Power Output : *6.6Kw (9 HP)*
Maximum Torque : *1.95 kgf-m (19.12 Nm)*
Fuel Tank Capacity : *6 Liters*
Carburetor : *Horizontal type butterfly valve*

Bioethanol yang digunakan memiliki kadar 96%, dimana jenis ini

adalah industrial grade atau termasuk *denatured alcohol*.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil penelitian menggunakan *differential chassis dynamometer* berupa:

1. Torsi dengan satuan Newton meter (Nm).

2. Daya dengan satuan Horse Power (HP).

3. Waktu konsumsi bahan bakar dalam satuan detik.

Data hasil penelitian dicatat pada lembar observasi yang dilaksanakan selama

dua hari, menghasilkan data penelitian yang meliputi torsi, daya, *specific fuel consumption (sfc)*, laju konsumsi bahan bakar dan tekanan efektif rata-rata (*mep*)

pada berbagai putaran *engine*. Tabel hasil pengujian lab bahan bakar E10, E30, E50 dan Pertamina dapat dilihat pada tabel dibawah;

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Bahan Bakar

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pemeriksaan					Metode Pemeriksaan
			Ethanol	Pertamax	E-10	E-30	E-50	
1.	<i>Specific Gravity</i> at 60/60 °F	-	0,7980	0,7505	0,7376	0,7475	0,7627	ASTM D 1298
2.	<i>Reid Vapour Pressure</i>	kPa	17,68	44,22	29,93	57,14	62,58	ASTM D 323
3.	<i>Copperstrip Corrosion</i>	°C	1a	1a	1a	1a		ASTM D 130
4.	Distilasi :							ASTM D 86
	IBP	°C	73	51	42	47	45	
	10% rec	°C	75	60	49	54	55	
	50% rec	°C	77	99	65	71	74	
	90% rec	°C	81	185	151	161	80	
	FBP	°C	79	212	182	183	183	

a. Perhitungan data penelitian

- Laju konsumsi bahan bakar (*mf*) diperoleh dengan rumus:

$$mf = \frac{1}{t} \rho_{bb}$$

dimana;

mf = laju konsumsi bahan bakar (kg/jam)

1 cm³ = 0,001 dm³

ρ_{bb} = rapat relatif bahan bakar (SG)

E-10 = 0,7376 kg/dm³

E-30 = 0,7475 kg/dm³

E-50 = 0,7627 kg/dm³

Pertamax = 0,7505 kg/dm³

t = waktu konsumsi bahan bakar tiap 1 ml (detik)

- Konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) diperoleh dengan rumus :

$$sfc = \frac{mf}{P}$$

dimana;

sfc = konsumsi bahan bakar spesifik (kg/KW-h)

mf = laju konsumsi bahan bakar (kg/jam)

P = daya (KW)

- Tekanan efektif rata-rata (*mep*) diperoleh dengan rumus :

$$mep = \frac{P nR \cdot 10^3}{Vd N}$$

dimana;

- mep = tekanan efektif rata-rata (kPa)
 n_R = jumlah putaran engkol untuk setiap langkah kerja (2 untuk siklus 4 langkah; 1 untuk siklus 2 langkah)
 V_d = volume langkah (dm^3)
 $124,8 \text{ cm}^3 = 0,1248 \text{ dm}^3$
 N = putaran kerja (rev/s)

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Uji Bahan Bakar E10

Putaran mesin (rpm)	Torsi (Nm)	Daya (KW)	Laju konsumsi bahan bakar (mf) (kg/jam)	Konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) (kg/KW-h)	tekanan efektif rata-rata (mep) (kPa)
2000	6,985	1,57	0,158	0,101	754,808
2500	11,295	2,91	0,16	0,055	1119,231
3000	11,51	3,69	0,176	0,048	1182,692
3500	11,195	4,1	0,238	0,058	1126,374

$$mf = \frac{(0,001 \text{ dm}^3 \times 0,7376 \text{ kg} / \text{dm}^3 \times 3600}{17,32 \text{ detik}} = 0,158 \text{ kg/jam}$$

$$sfc = \frac{0,158 \text{ kg/jam}}{1,57 \text{ KW}} = 0,101 \text{ kg/KW-h}$$

$$mep = \frac{1,57 \times 2 \times 1000}{0,1248 \times (\frac{2000}{60})} = 754,808 \text{ kPa}$$

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Uji Bahan Bakar E30

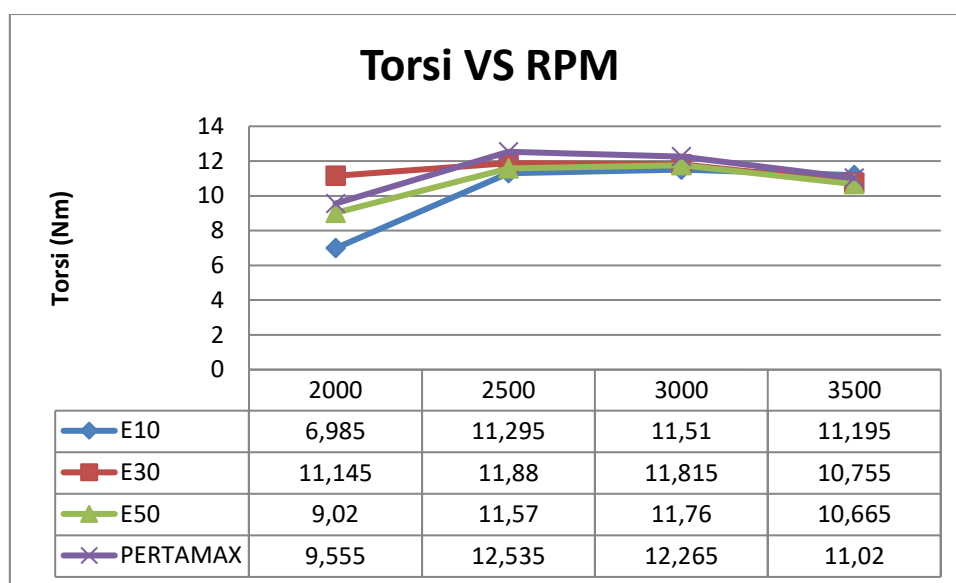
Putaran mesin (rpm)	Torsi (Nm)	Daya (KW)	Laju konsumsi bahan bakar (mf) (kg/jam)	Konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) (Kg/KW-h)	tekanan efektif rata-rata (mep) (kPa)
2000	11,145	2,31	0,139	0,060	1110,577
2500	11,88	3,09	0,153	0,049	1188,462
3000	11,815	3,73	0,176	0,047	1195,513
3500	10,755	3,95	0,227	0,057	1085,165

Tabel 4. Data Hasil Perhitungan Uji Bahan Bakar E50

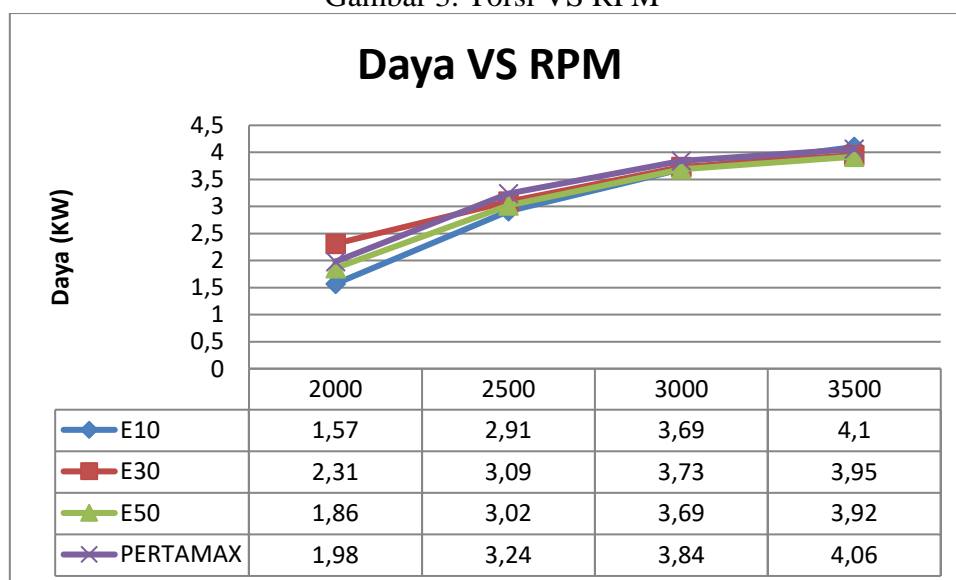
Putaran mesin (rpm)	Torsi (Nm)	Daya (KW)	Laju konsumsi bahan bakar (mf) (kg/jam)	Konsumsi bahan bakar spesifik (sfc) (kg/KW-h)	tekanan efektif rata-rata (mep) (kPa)
2000	9,02	1,86	0,148	0,080	894,231
2500	11,57	3,02	0,176	0,058	1161,538
3000	11,76	3,69	0,215	0,058	1182,692
3500	10,665	3,92	0,238	0,061	1076,923

Tabel 5. Data Hasil Perhitungan Uji Bahan Bakar Pertamax

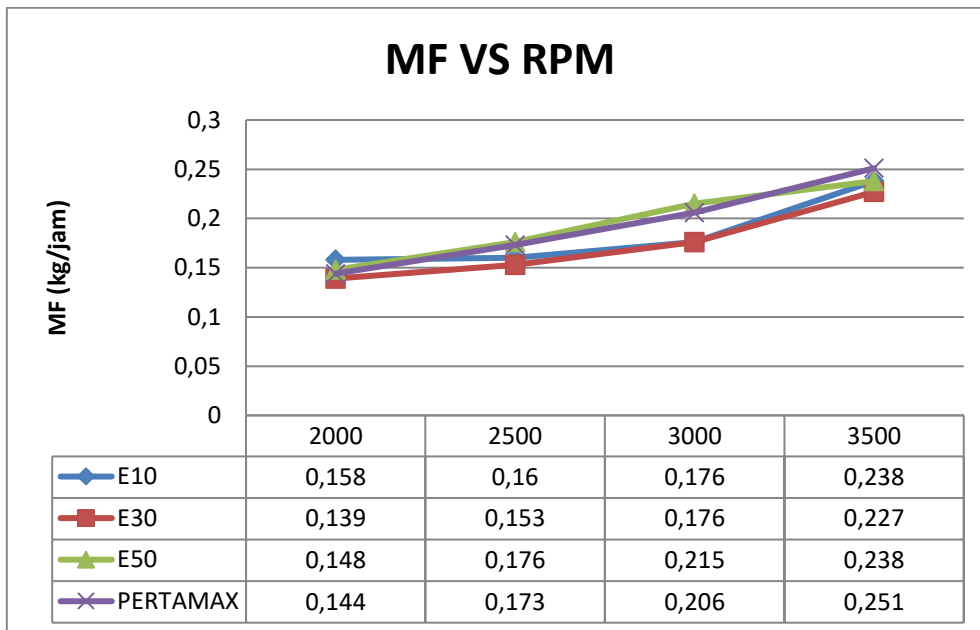
Putaran mesin (rpm)	Torsi (Nm)	Daya (KW)	Laju konsumsi bahan bakar (<i>mf</i>) (kg/jam)	Konsumsi bahan bakar spesifik (<i>sfc</i>) (kg/KW-h)	tekanan efektif rata-rata (<i>mep</i>) (kPa)
2000	9,555	1,98	0,144	0,073	951,923
2500	12,535	3,24	0,173	0,053	1246,154
3000	12,265	3,84	0,206	0,054	1230,769
3500	11,02	4,06	0,251	0,062	1115,385



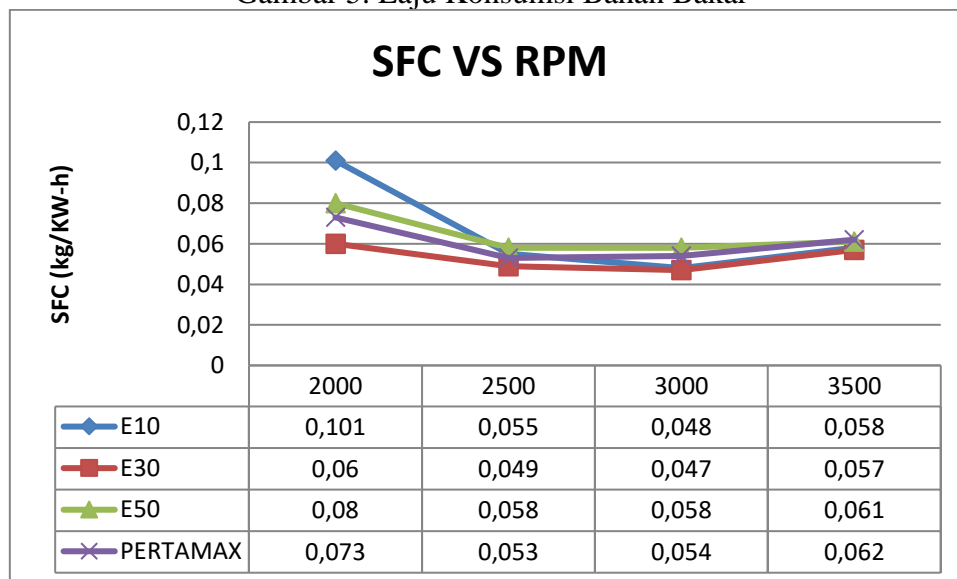
Gambar 3. Torsi VS RPM



Gambar 4. Daya VS RPM



Gambar 5. Laju Konsumsi Bahan Bakar



Gambar 6. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Gambar 3. Menunjukkan grafik keseluruhan dari Torsi penggunaan bahan bakar E-10, E-30, E-50 dan pertamax. Torsi akan cenderung meningkat sejalan dengan putaran mesin namun akan menurun pada putaran mesin yang tinggi. Hal ini disebabkan karena efisiensi pemasukan bahan bakar pada putaran mesin yang tinggi mengalami penurunan secara eksponensial. Tetapi pada penggunaan bahan bakar bio premium, penurunan ini dapat mundur ke

putaran mesin yang lebih tinggi terbukti dari fluktuasi torsi pada penggunaan bahan bakar biopremium yang naik setelah relatif turun pada putaran 3000, dikarenakan SG bahan bakar premium mengalami peningkatan setelah dicampur dengan etanol, yang ini berarti *octane number* dari bahan bakar premium yang sudah dicampur dengan etanol meningkat. Bahkan melebihi SG dari bahan bakar pertamax sebagai pembandingnya. Pada penggunaan bahan

bakar E-10, mempunyai harga torsi paling rendah dari ketiga jenis bahan bakar yaitu berkisar 6,985 pada putaran mesin 2000. Bahan bakar E-30 mempunyai harga torsi tertinggi dari ketiga jenis bahan bakar pada putaran mesin 2000 dan 2500 yaitu berkisar 11,145 Nm dan 11,880 Nm. Dari ketiga bahan bakar yang dibandingkan dengan pertamax, torsi penggunaan bahan bakar E-30 paling mendekati dari torsi penggunaan bahan bakar pertamax.

Gambar 4. Menunjukkan grafik keseluruhan dari Daya penggunaan bahan bakar biopremium (E-10, E-30, E-50) dan pertamax. Daya pada mesin secara garis besar mempunyai dua komponen pokok yaitu besarnya torsi yang dihasilkan mesin dengan putaran dari mesin itu sendiri. Faktor putaran yang dihasilkan oleh mesin memegang peranan penting sehingga daya maksimal pada mesin akan tercapai pada putaran mesin yang lebih tinggi dari dibandingkan dengan tercapainya torsi maksimal. Daya mesin pada putaran mesin yang sangat tinggi justru cenderung menurun hal ini disebabkan karena torsi yang dihasilkan oleh mesin juga cenderung menurun. Pada grafik daya diatas, pencampuran etanol kedalam premium menghasilkan daya yang meningkat seiring jumlah persentase yang dicampurkan, tetapi pada penggunaan bahan bakar E-10 harga daya yang dihasilkan paling mendekati dengan harga daya dari penggunaan bahan bakar pertamax, disusul oleh bahan bakar E30.

Gambar 5. Menunjukkan grafik keseluruhan dari laju konsumsi bahan bakar (*mf*) antara bahan bakar E-10, E-30, E-50 dan pertamax. Terlihat bahwa laju konsumsi bahan bakar penggunaan bahan bakar E-30 paling kecil diantara keempat bahan bakar. Laju konsumsi bahan bakar paling besar justru pada pertamax. Terlihat pada grafik dan harga *mf*, bahwa penambahan etanol kedalam bahan bakar premium dapat menurunkan laju konsumsi

bahan bakar yang cukup signifikan jauh dibawah laju konsumsi bahan bakar pertamax.

Gambar 6. Menunjukkan konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) secara keseluruhan antara bahan bakar E-10, E-30, E-50 dan pertamax. Banyaknya bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin dibandingkan dengan daya yang dihasilkan dalam tiap satuan waktu disebut konsumsi bahan bakar spesifik. Terlihat dari harga *sfc* dan grafik bahwa penggunaan bahan bakar E-30 mempunyai harga *sfc* yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar yang lain. Hal ini berarti bahwa penggunaan bahan bakar E-30 lebih irit dibandingkan pertamax.

4. KESIMPULAN

Simpulan penelitian motor bensin 9 HP adalah:

1. Dari hasil pengujian sifat fisik bahan bakar dapat terlihat bahwa kemudahan penguapan bahan bakar akan semakin menurun dengan mengadakan pencampuran antara premium dengan etanol menjadi sebesar 182-183 °C dibandingkan pertamax sebesar 212 °C.
2. Daya tertinggi di putaran mesin 3500 terdapat pada pemakaian bahan bakar E10 mengungguli bahan bakar pertamax yaitu sebesar 4,1 KW.
3. Torsi tertinggi pada putaran 2000 dan 2500 terdapat pada pemakaian bahan bakar E-30 mengungguli bahan bakar pertamax yaitu sebesar 11,145 Nm dan 11,880 Nm.
4. Laju konsumsi bahan bakar (*mf*) dan konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) paling rendah dicapai oleh bahan bakar E-30, lebih rendah dari pertamax.
5. Kenaikan daya dan penurunan laju konsumsi bahan bakar (*mf*) serta konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) dengan penggunaan konsentrasi pencampuran premium + etanol pada E-10, E-30, dan E-50 dipengaruhi oleh

- kualitas pembakaran yang semakin baik.
6. Kualitas pembakaran yang semakin baik dipengaruhi kualitas bahan bakar yang semakin baik pula yang ditunjukkan pada sifat kemudahan penguapan/hasil uji distilasi.
 7. Performa bahan bakar yang diujikan pada motor bensin 9 HP yang paling stabil mendekati pertamax adalah bahan bakar E-30.

DAFTAR PUSTAKA

- C. Park, Y. Choi, C. Kim, S. Oh, G. Lim, Y. Moriyoshi, Performance and exhaust emission characteristics of a spark ignition engine using ethanol and ethanol-reformed gas, *Fuel* 89 (8) (2010) 2118–2125.
- C.P. Cooney, J.J. Worm, J.D. Naber, Combustion characterization in an internal combustion engine with ethanol-gasoline blended fuels varying compression ratios and ignition timing, *Energy Fuels* 23 (5) (2009) 2319–2324.
- Chao Jin, Xin Liu, Tianyun Sun, Jeffrey Dankwa Ampah, Zhenlong Geng, Mubasher Ikram, Jing Ji, Gang Wang, Haifeng Liu. Preparation of ethanol and palm oil/palm kernel oil alternative biofuels based on property improvement and particle size analysis. *Fuel* 305 (2021) 121569.
- J.B. Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, 1988.
- M. Koç, Y. Sekmen, T. Topgül, H.S. Yücesu, The effects of ethanol–unleaded gaso- line blends on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine, *Renew. Energy* 34 (10) (2009) 2101–2106.
- Nathalia Duarte Souza Alvarenga Santos, Vinícius Rückert Roso, Augusto Cesar Teixeira Malaquias, Jose Guilherme Coelho Baeta. Internal combustion engines and biofuels: Examining why this robust combination should not be ignored for future sustainable transportation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 148 (2021) 111292.
- Roberto Berlini Rodrigues da Costa, Ramón Molina Valle, Juan J. Hernández, Augusto César Teixeira Malaquias, Christian J.R. Coronado, Fabrício José Pacheco Pujatti. Experimental investigation on the potential of biogas/ethanol dual-fuel spark-ignition engine for power generation: Combustion, performance and pollutant emission analysis. *Applied Energy* 261 (2020) 114438.
- Vinícius Rückert Roso, Nathália Duarte Souza Alvarenga Santos, Carlos Eduardo Castilla Alvarez, Fernando Antonio Rodrigues Filho, Fabricio José Pacheco Pujatti, Ramon Molina Valle. Effects of mixture enleanment in combustion and emission parameters using a flex-fuel engine with ethanol and gasoline. *Applied Thermal Engineering* 153 (2019) 463–472.
- V.D. Chaudhari, Aniket Kulkarni, D. Deshmukh. Spray characteristics of biofuels for advance combustion engines. *Cleaner Engineering and Technology* 5 (2021) 100265.
- Xanthoula Eirini Pantazi, Dimitrios Moshou, Dimitrios Kateris, Ioannis Gravalos, Panagiotis Xyradakis. Automatic Identification of Gasoline - Biofuel Blend Type in an Internal Combustion Four-stroke Engine Based on Unsupervised Novelty Detection and Active Learning. *Procedia Technology* 8 (2013) 229-237.

Yazan S.M. Altarazi, Abd Rahim Abu Talib, Jianglong Yu, Ezanee Gires, Mohd Fahmi Abdul Ghafir, John Lucas, Talal Yusaf. Effects of biofuel on engines performance and emission characteristics: A review. Energy 238 (2022) 121910.

Received: 2021-11-19

Reviewed :2021-12-21

Accepted : 2021-12-28