

KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH TEMPERATUR CAMPURAN BAHAN BAKAR BIOSOLAR B20 DAN *CRUDE PALM OIL* (CPO) TERHADAP UNJUK KERJA MESIN DIESEL

Halal Putra Purba¹, Romy², Yohanes²

Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

¹halal.putra5925@student.unri.ac.id, ²romy_pku@yahoo.com, ²yohanes_tmesin@yahoo.com

Abstract

The purpose of this research was testing the performance of diesel engines using a mixture of B20 biodiesel fuel which commercialized in Indonesia and crude palm oil with a ratio of 95: 5, 90:10 and 85:15 respectively and a pre-heating process for mixtures is carried out. Fuel temperature was varied with 60 °C, 75 °C and 90 °C before injection into the combustion chamber and compares the test data with pure B20 biosolar fuel. The performance of a diesel engine showed that by using a fuel mixture there was no significant change in the amount of effective power, torque and BMEP at constant rotation. Specific fuel consumption using a mixture of fuel without preheating process has decreased compared to using pure B20 biodiesel diesel fuel while efficiency increases. SFC value of fuel mixture with preheating process was smaller than the mixture of fuel without preheating but the thermal efficiency increased. The ideal temperature of the fuel mixture is 75 °C for each mixed variation.

Keywords: Diesel engines, biodiesel, performance, pre-heating, crude palm oil

1. Pendahuluan

Pertumbuhan permintaan terhadap energi di negara seperti China, India, dan Indonesia di pengaruhi oleh pertumbuhan ekonomi dan jumlah populasi yang cukup besar [1]. Berdasarkan asumsi Pertumbuhan Domestik Bruto (PDB) moderat sebesar 5,6% per tahun selama periode 2015-2050 dan pertumbuhan penduduk rata-rata 0,8% per tahun, diperkirakan kebutuhan energi final nasional akan mencapai 236,8 MTOE pada 2025 [2]. Sedangkan perkembangan produksi minyak bumi selama 10 tahun terakhir menunjukkan kecenderungan menurun, yaitu dari 287,30 juta barel (sekitar 800 ribu barel per hari) pada tahun 2006 dan menjadi 251,87 juta barel (sekitar 690 ribu barel per hari) di tahun 2016. Peningkatan konsumsi BBM di dalam negeri dan penurunan produksi minyak bumi telah menyebabkan ekspor minyak bumi menurun dan sebaliknya impor minyak bumi dan BBM terus meningkat. Rasio ketergantungan impor rata-rata meningkat 35% tahun 2007 menjadi 44 % tahun 2015. Hal ini mengindikasikan bahwa Indonesia rentan terhadap perubahan kondisi global yang dapat berpengaruh pada ketahanan energi nasional sebagai akibat dari tingginya ketergantungan pasokan dari luar negeri [2].

Berkurangnya potensi energi fosil terutama minyak dan gas bumi mendorong pemerintah untuk memanfaatkan sumber energi lain untuk menjaga stabilitas dan keamanan energi nasional. Banyak riset yang telah dilakukan pemerintah maupun akademisi dalam hal memanfaatkan sumber energi alternatif lain untuk substitusi bahan bakar khususnya bahan bakar solar.

Selain faktor ekonomi, teknologi dan lingkungan, performa/unjuk kerja mesin menjadi faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemanfaatan energi alternatif. Dalam penelitiannya tentang karakterisasi unjuk kerja mesin diesel generator set sistem *dual fuel* solar dan *syngas* batubara menunjukkan bahwa unjuk kerja mesin diesel dengan menggunakan *dual fuel* solar dan *syngas* batubara tidak mengalami perubahan signifikan terhadap besaran daya efektif, torsi dan *break effective pressure* serta terjadi penurunan *efisiensi thermal* sebesar 37,48%. Akan tetapi nilai *specific fuel consumption* solar berkurang hingga 40,09% dan substitusi *syngas* batubara mencapai 55,59% [3]. Penelitian tentang modifikasi motor diesel untuk pemanfaatan limbah B3 (oli bekas) sebagai bahan bakar alternatif juga telah dilakukan dan dari hasil eksperimen diperoleh tingkat efisiensi motor diesel menggunakan bahan bakar oli bekas lebih baik dibandingkan efisiensi motor diesel menggunakan bahan bakar solar dengan efisiensi volumetrik maksimum pada oli bekas sebesar 51,63% [4]. *Crude Palm Oil* (CPO) atau minyak kelapa sawit adalah minyak nabati yang didapat dari mesocarp buah pohon kelapa sawit, umumnya dari spesies *Elais oleifera* dan *Attalea maripa* [5]. Penggunaan CPO sebagai campuran bahan bakar solar adalah mengingat potensi negara Indonesia sebagai salah satu negara penghasil CPO terbesar di dunia. CPO sejauh ini sudah dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar solar dalam bentuk biodiesel, campuran bahan bakar solar dan biodiesel disebut biosolar. Di Indonesia sudah dikomersialkan biosolar B20 dimana bahan bakar solar dicampur 20% biodiesel. Penggunaan CPO langsung terhadap campuran bahan bakar biosolar B20 dapat

memutus mata rantai proses untuk menghasilkan biodiesel yang membutuhkan teknologi canggih dan biaya yang besar sedangkan disisi lain pengolahan CPO dapat dilakukan dalam skala industri masyarakat.

Penelitian tentang pemanfaatan CPO sebagai campuran bahan bakar sudah dilakukan sebelumnya, yaitu menggunakan bahan bakar campuran CPO dan bahan bakar diesel B3 (biosolar yang di komersialkan di Thailand dimana solar murni di yang di campur dengan 3% biodiesel) dengan rasio 95:5, 90:10 dan 85:15 tanpa proses pemanasan bahan bakar dan membandingkan dengan menggunakan bahan bakar diesel B3 murni [6]. Sebagai hasil menunjukkan bahwa performa motor diesel dengan campuran bahan bakar menghasilkan penurunan torsi sebesar 5% - 17% dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar diesel murni. Konsumsi bahan bakar *specific fuel consumption* campuran bahan bakar 7% - 33 % lebih besar dari pada menggunakan bahan bakar diesel murni.

Karakteristik *Crude Palm Oil* pada temperatur ruang 30-32 °C memiliki tingkat viskositas sepuluh kali lebih tinggi dari solar murni dalam bentuk wujud campuran cair dan padatan. Sehingga CPO tidak dapat secara langsung di gunakan sebagai bahan bakar diesel karena CPO akan terhambat dalam proses aliran bahan bakar dan bisa menyumbat *fuel filter* dan *injection system* [7]. Proses pemanasan awal sebelum dialirkan ke sistem bahan bakar menjadi metode yang cocok untuk mengurangi tingkat viskositas. Dibutuhkan pemanasan minimum 92°C untuk mencapai viskositas 8 mPa, yang mana sama dengan viskositas solar. Dan sebagai kesimpulan bahwa pada temperatur 60°C CPO mencair seluruhnya dan temperatur kurang dari 60 °C CPO akan mulai memadat dan mengganggu CPO untuk mengalir. Temperatur 97°C batas atas temperatur pemanasan untuk menghindari gelembung.

Berangkat dari penelitian diatas dilakukan penelitian tentang kaji eksperimen pemanfaatan energi alternatif lain yaitu dengan memanfaatkan minyak sawit (CPO) yang dicampur dengan bahan bakar biosolar B20 dan dilakukan proses pemanasan (preheating) terhadap campuran bahan bakar sebelum injek ke ruang bakar

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya efektif, torsi dan *break mean effective pressure* yang dihasilkan motor diesel, pengaruh campuran bahan bakar dan temperatur terhadap *specific fuel consumption* dan efisiensi thermal serta menentukan komposisi ideal campuran CPO terhadap bahan bakar biosolar B20.

2. Metodologi

Metode yang digunakan yaitu dengan cara memberikan beban 350 W, 700 W, 1000w, 1350 W,

1700 W, 2000W, 2350 W, 2700 W dan 3000 W pada generator Dong Feng ST 5 kapasitas 3 HP pada putaran 1500 rpm yang telah terkopel langsung dengan mesin diesel mesin desel Huachai R175, 4 langkah 1 silinder 353 cc kapasitas 7HP dan perbandingan kompresi 22 :1 . Setiap pembebanan yang di lakukan putaran generator di jaga konstan 1500 rpm untuk menghasilkan tegangan listrik sebesar 220V.

True eksperimental method pada penelitian ini dibagi atas dua kelompok sebagai berikut:

1. Kelompok kontrol adalah mesin diesel dengan menggunakan bahan bakar biosolar B20 yang dikomersialkan di indonesia
2. Kelompok uji adalah mesin diesel dengan menggunakan campuran bahan bakar biosolar B20 dan CPO dengan rasio perbandingan masing-masing 95:5, 90:10, dan 85:15 yang selanjutnya disebut C5, C10 dan C15.

a. Pengambilan Data

Yaitu sejumlah data yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan mesin diesel antara lain waktu yang dibutuhkan untuk konsumsi bahan bakar sebanyak 25 ml, kuat arus yang dihasilkan generator setiap pembebanan (Ampere), ΔH manometer (mm), temperatur udara masuk (°C), temperatur air pendingin (°C) dan temperatur gas buang (°C).

Dengan variabel pengujian yaitu:

- Konsentrasi kandungan CPO C5, C10 dan C15
- Temperatur campuran bahan bakar 60°C, 75 °C, 90°C.

b. Pengolahan data

Yaitu data yang diperoleh dari hasil perhitungan unjuk kerja mesin diesel yaitu:

• Daya

Daya adalah ukuran suatu mesin untuk menghasilkan kerja yang berguna per satuan waktu yang dinyatakan dalam horse power (HP). Untuk mengukur daya pada sebuah mesin generator set, dimana pengukuran melibatkan pengukuran tegangan listrik (V) dan arus listrik (I) yang keluar dari generator yang digerakkan oleh putaran poros mesin yang dinyatakan dalam watt (W). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan beban pada generator sehingga poros secara otomatis akan mendapat pembebanan juga. Besarnya daya poros dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 [8]:

$$N_e = \frac{V \cdot I \cos \phi}{1000} \text{ (kW)} \quad (1)$$

dimana :

N_e	= daya efektif poros (hp)
V	= tegangan listrik (volt)
I	= arus listrik (ampere)

$\text{Cos } \phi$ = faktor daya (1,0)

- Torsi

Torsi merupakan gaya yang bekerja pada poros engkol (crankshaft). Torsi adalah hasil perkalian gaya tangensial dengan lengannya sehingga memiliki satuan N.m (SI) atau ft.lb (British). Dalam prakteknya, torsi dari mesin berguna untuk mengatasi hambatan sewaktu berkendara, ataupun terperosok. Besar torsi dapat dihitung dengan persamaan 2 berikut [8].

$$M_t = \frac{973,365476 \cdot N_e}{n} \quad (\text{kg.m}) \quad (2)$$

dimana:

M_t = momen torsi (kg.cm)
 N_e = daya efektif poros (Kw)
 n = putaran mesin (rpm)

- *Break Mean Effective Pressure* (BMEP)

Proses pembakaran campuran udara-bahan bakar menghasilkan tekanan (pressure) yang bekerja pada piston sehingga melakukan langkah kerja. Besarnya tekanan ini berubah-ubah sepanjang langkah piston tersebut. Apabila diambil tekanan yang berharga konstan yang bekerja pada piston dan menghasilkan kerja yang sama, maka tekanan tersebut dikatakan sebagai kerja per siklus per volume langkah piston. Brake mean effective pressure (tekanan efektif rata-rata) secara teoritis yang bekerja sepanjang volume langkah piston sehingga menghasilkan daya yang besarnya sama dengan daya efektif. Besar BMEP dapat dihitung dengan persamaan 3 berikut [8].

$$\text{BMEP} = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_t \cdot z}{1000 \cdot A \cdot l} \quad (3)$$

dimana:

M_t = torsi (kg.m)
 A = luas penampang *piston* (m^2)
 l = panjang langkah *piston* (m)
 i = jumlah silinder
 n = putaran engine (rpm)
 z = 1 (motor 2-langkah)
atau 2 (motor 4-langkah)

- *Specific Fuel Consumption*

Specific fuel consumption (konsumsi bahan bakar spesifik) adalah jumlah bahan bakar yang dipakai mesin untuk menghasilkan daya efektif 1 (satu) hp selama 1 (satu) jam. Apabila dalam pengujian diperoleh data mengenai penggunaan bahan bakar Q (ml) dalam waktu s (detik) dan daya yang dihasilkan sebesar (hp) maka pemakaian bahan bakar per jam bahan bakar dapat dihitung dengan persamaan 4 berikut.

$$\dot{m} = \frac{3600 \cdot m_{bb}}{s} \quad (\text{kg/jam}) \quad (5)$$

Sedangkan besarnya pemakaian bahan bakar spesifik adalah:

$$\text{SFC} = \frac{\dot{m}_{bb}}{N_e} \quad (\text{kg/hp.jam}) \quad (6)$$

dimana:

\dot{m}_{bb} = laju aliran massa bahan bakar (kg/jam)
 N_e = Daya efektif (Kw)

- *Efisiensi Thermal* (η_{th})

Efisiensi thermal adalah ukuran besarnya pemanfaatan energi panas yang tersimpan dalam bahan bakar untuk diubah menjadi daya efektif oleh motor pembakaran dalam. Secara teoritis dituliskan dalam persamaan:

$$\eta_{th} = \frac{N_e}{\dot{m}_{\text{bahan bakar}} \cdot Q_s} \times 3600 \quad (\%) \quad (7)$$

dimana:

N_e = Daya efektif (kw)
 \dot{m}_{bb} = laju aliran massa bahan bakar (kg/jam)
 Q_s = Nilai kalor bahan bakar (kcal/kg)

- *Air Fuel Ratio* (AFR)

Merupakan perbandingan antara massa dari udara dan bahan bakar pada suatu titik tinjau. Secara simbolis, AFR dihitung sebagai berikut:

$$\text{AFR} = \frac{\dot{m}_{\text{bahan bakar}}}{\dot{m}_{\text{udara}}} \quad (8)$$

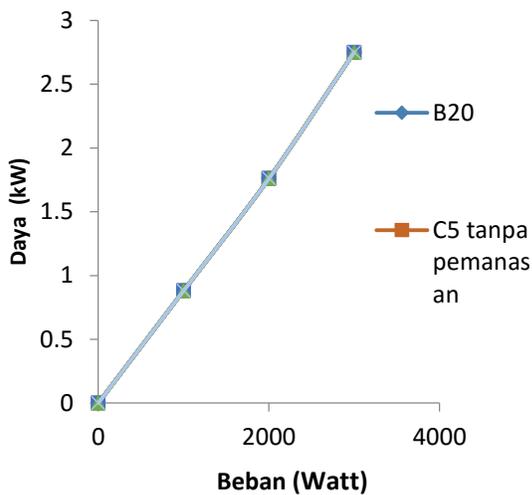
Dimana :

\dot{m}_{bb} = laju aliran massa bahan bakar (kg/jam)
 \dot{m}_{udara} = laju aliran massa bahan bakar (kg/jam)

3. Hasil dan Pembahasan

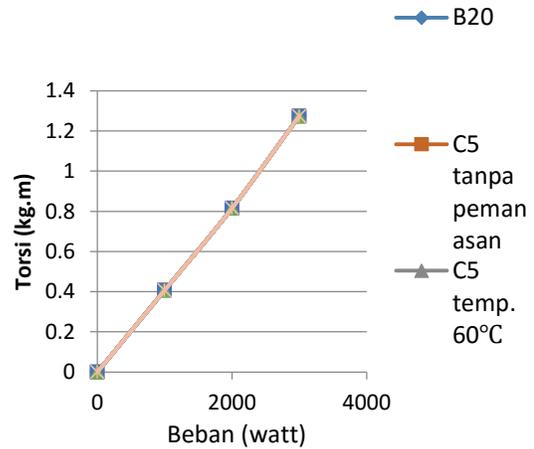
Dari hasil pengolahan data di tunjukkan bahwa nilai daya efektif (N_e) dengan menggunakan campuran bahan bakar baik secara pemanasan maupun tanpa pemanasan tidak mengalami perubahan yang signifikan terhadap bahan bakar biosolar B20. Dari gambar 1 dapat kita lihat bahwa daya efektif mengalami peningkatan seiring bertambahnya beban hal ini terjadi karena generator akan menghasilkan tegangan listrik sebesar 220 V dengan menjaga putaran generator konstan 1500 rpm, dengan ditambahkan

beban maka putaran generator yang diputar mesin akan turun. Untuk mengontrol putaran konstan 1500 rpm dilakukan dengan menaikkan injeksi bahan bakar melalui mekanisme pompa injeksi bahan bakar. Sehingga daya yang diperlukan akan naik seiring bertambahnya beban listrik yang diberikan akibatnya konsumsi bahan bakar akan semakin meningkat. Bertambahnya bahan bakar diharapkan semakin besar energi yang di konversikan menjadi daya dengan syarat bahan bakar mengalami pembakaran sempurna untuk menghasilkan energi panas yang selanjutnya di ubah menjadi energi mekanis. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



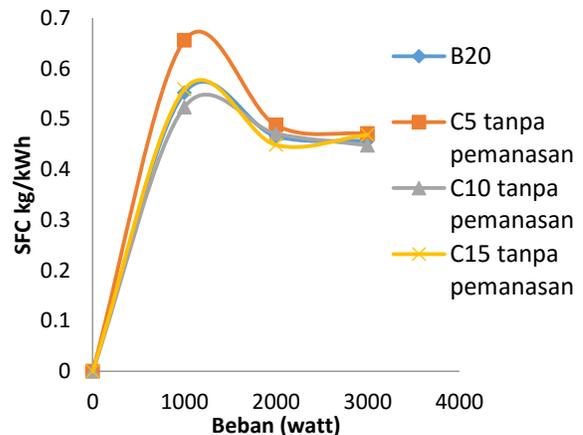
Gambar 1. Beban Vs Daya Efektif

Dari gambar 2, dapat dilihat bahwa tidak ada perubahan signifikan antara menggunakan campuran bahan bakar dan menggunakan bahan bakar biosolar murni. Torsi dan beban berhubungan linier dimana nilai torsi meningkat seiring bertambahnya beban. Torsi kemampuan mesin untuk mengatasi hambatan yang diberikan pada poros. Semakin besar daya dan beban maka torsi akan semakin besar.



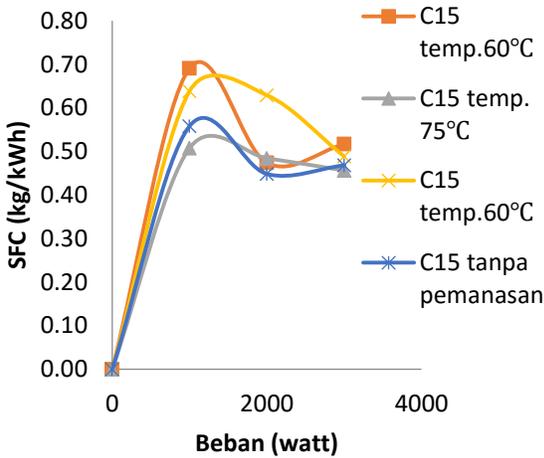
Gambar 2. Beban Vs Torsi

Dari gambar 3, dapat dilihat bahwa perbandingan konsumsi spesifik bahan bakar dengan menggunakan campuran CPO dan menggunakan biosolar B20 murni pada kondisi tanpa pemanasan dengan menggunakan campuran bahan bakar memiliki nilai SFC lebih rendah dari pada menggunakan biosolar B20 hal ini disebabkan meningkatnya densitas bahan bakar akibat penambahan CPO pada biosolar. Nilai SFC terendah pada campuran bahan bakar C15.



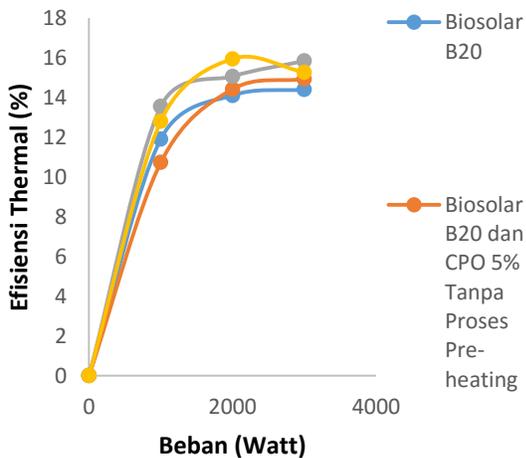
Gambar. 3 Beban Vs Nilai SFC Campuran Bahan Bakar Tanpa Pemanasan

Dari gambar 4, dapat dilihat bahwa efek pemanasan mempengaruhi nilai SFC bahan bakar hal ini disebabkan efek pemanasan mampu mengurangi tingkat viskositas sehingga atomisasi bahan bakar berlangsung sempurna. Nilai SFC terendah terjadi pada campuran C15 temperatur 75°C.



Gambar 4. Nilai SFC Pemanasan Campuran Bahan Bakar Terhadap Beban

Dari gambar 5, dapat dilihat bahwa nilai efisiensi termal antara menggunakan campuran bahan bakar dan menggunakan biosolar B20, campuran bahan bakar tanpa pemanasan memiliki nilai efisiensi termal lebih baik. Campuran bahan bakar C15 memiliki nilai efisiensi tertinggi.



Gambar 5. Nilai Efisiensi Thermal Terhadap Beban

Dari gambar 5, dapat dilihat bahwa efek pemanasan meningkatkan nilai efisiensi termal bahan bakar. Nilai efisiensi maksimal terjadi pada campuran C15 temperatur 75 °C hal ini terjadi karena pemanasan dapat mengurangi tingkat viskositas sehingga terjadi pembakaran sempurna bahan bakar.

3. Simpulan

Dari hasil pengujian disimpulkan bahwa:

- 1) Daya efektif, torsi dan *break mean effective* dengan campuran bahan bakar baik pemanasan maupun tanpa pemanasan tidak mengalami perubahan signifikan dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar biosolar B20.
- 2) Komposisi CPO pada bahan bakar biosolar B20 mempengaruhi konsumsi spesifik bahan bakar dan efisiensi termal, semakin tinggi kandungan CPO nilai SFC akan semakin kecil sehingga efisiensi termal meningkat disebabkan meningkatnya densitas bahan bakar. Campuran bahan bakar C15 tanpa pemanasan memiliki nilai efisiensi termal maksimum.
- 3) Efek pemanasan mempengaruhi konsumsi spesifik bahan bakar dan efisiensi termal, 75 °C merupakan temperatur ideal pemanasan campuran bahan bakar disebabkan pemanasan mampu mengurangi tingkat viskositas bahan bakar sehingga terbakar sempurna.

Daftar Pustaka

- [1] Konsumsi energi Indonesia diprediksi terus bertumbuh. 2017, September 14. Kontan.
- [2] Prasodjo Edi, 2016. Outlook Energi Indonesia. Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.
- [3] Tamam, Z. 2015. "Karakterisasi Unjuk Kerja Mesin Diesel Generator Set Sistem Dual Fuel Solar dan Syngas Batubara" Program Studi Magister Teknik Mesin ITS.
- [4] Fachrurrozi, Yohanes 2018. *Modification of Engine Diesel for The Use Waste Lubricant Oil as an Alternative Fuel*. Proceeding of Ocean, Mechanical and Aerospace-Science and Engineering v.5, n.1, p.23-27
- [5] Reeves, James B., Weihrauch, John L., 1979. Consumer and Food Economic Institute. Composition of foods: fats and oils. Agriculture handbook 8-4 Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture, Science and Education Administration. <http://www.worldcat.org> (diakses 12 maret 2019)
- [6] Namliwan Nattapong & Wongwuttanasatian, 2013. Performance of Diesel Engine Using Diesel B3 Mixed with Crude Palm Oil. The scientific World Journal, 2014.
- [7] S. Bari, T.H. Lim & C.W. Yu, 2003. Effect of Preheating of Crude Palm Oil (CPO) on Injection System, Performance and Emission of a Diesel Engine. Renewable Energy, vol. 82, no 11, pp.339-351.
- [8] Heywood, J.B., 1988. Internal Combustion Engine, Mc. Graw Hill, London