

# ANALISIS PERBANDINGAN BAHAN BAKAR BIOSOLAR DAN *DEXLITE* TERHADAP PERFORMANSI GENERATOR SET TIPE CUMMINS 60 kVA

Christina Natalia Tambunan<sup>1)</sup>, Tina Mulya Gantina<sup>2)</sup>, Bambang Puguh Manunggal<sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : [1christina.natalia.tken20@polban.ac.id](mailto:christina.natalia.tken20@polban.ac.id) [2tina.gantina@polban.ac.id](mailto:tina.gantina@polban.ac.id) [3bambang.puguh@polban.ac.id](mailto:bambang.puguh@polban.ac.id)

## Abstrak

Perkembangan bahan bakar pada mesin sangat berpengaruh pada performansi mesin diesel sehingga perbaikan terhadap kualitas bahan bakar pastinya terjadi dari waktu ke waktu. Mesin diesel pada mulanya hanya menggunakan bahan bakar solar. Namun, saat ini sudah berkembang dan kini tersedia jenis bahan bakar lainnya. Dua diantaranya yaitu Biosolar dan *Dexlite*. Biosolar merupakan campuran solar dengan minyak nabati yang diperoleh dari minyak kelapa sawit atau *crude palm oil* (CPO). Biosolar memiliki sifat fisis yang sama seperti minyak solar sehingga dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar solar untuk mesin diesel. Sedangkan *Dexlite* merupakan bahan bakar minyak terbaru Pertamina untuk kendaraan bermesin diesel di Indonesia dan merupakan varian baru bagi konsumen yang menginginkan BBM dengan kualitas diatas solar biasa (bersubsidi). Maka dari itu dilakukan pengujian untuk kedua jenis bahan bakar tersebut pada mesin Generator Set Tipe Cummins 48 kW. Proses pengujian bahan bakar ini dilakukan secara bergantian dengan parameter yang diambil yaitu data putaran, arus, tegangan,  $\cos \phi$ , frekuensi, dan waktu konsumsi bahan bakar. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa *Dexlite* pada beban maksimum memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi yaitu sebesar 32,6704% dengan nilai Rp/kWh sebesar Rp4.147,1/kWh dan untuk membangkitkan daya sebesar 18,1646 kW maka konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan adalah sebesar 0,291 L/kWh. Sedangkan Biosolar pada beban maksimum memiliki nilai efisiensi yang lebih rendah yaitu sebesar 29,0359% dengan nilai Rp/kWh sebesar Rp3.935,28/kWh dan untuk membangkitkan daya sebesar 17,2077 kW maka konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan adalah sebesar 0,3363 L/kWh. Hal ini tentunya dipengaruhi oleh karakteristik bahan bakar yang berbeda, dimana nilai kalor dan *cetane number* yang terkandung pada *Dexlite* lebih baik jika dibandingkan dengan Biosolar.

**Kata kunci :** karakteristik bahan bakar, biosolar, *dexlite*, generator set, performansi mesin

## 1. PENDAHULUAN

Minyak solar merupakan salah satu dari berbagai macam produk olahan minyak bumi yang paling sering digunakan, salah satunya yaitu untuk bahan bakar mesin diesel dimana mesin diesel ini merupakan sistem penggerak utama yang banyak digunakan untuk sistem transportasi ataupun sebagai penggerak *stasioner*. Perkembangan bahan bakar pada mesin sangat berpengaruh pada performansi mesin diesel sehingga perbaikan terhadap kualitas bahan bakar pastinya terjadi dari waktu ke waktu. Mesin diesel pada mulanya hanya menggunakan bahan bakar solar. Namun, saat ini sudah berkembang dan kini tersedia jenis bahan bakar lainnya. Dua diantaranya yaitu Biosolar dan *Dexlite*.

Biosolar merupakan campuran solar dengan minyak nabati yang diperoleh dari minyak kelapa sawit atau *crude palm oil* (CPO). Sedangkan *Dexlite* merupakan bahan bakar minyak terbaru Pertamina untuk kendaraan bermesin diesel di Indonesia dan

merupakan varian baru bagi konsumen yang menginginkan BBM dengan kualitas diatas solar biasa (bersubsidi). Kedua bahan bakar ini memiliki karakteristik yang berbeda. Hal ini dapat diketahui dari spesifikasi bahan bakar, khususnya dilihat dari *cetane number* dan nilai kalor bahan bakar tersebut.

Berdasarkan penjelasan di atas, dengan nilai kalor dan *cetane number* yang semakin tinggi dalam bahan bakar tentunya akan membuat *power* yang dibangkitkan oleh mesin menjadi lebih tinggi. Namun, di samping itu ada konsekuensi lain yaitu dari sisi harga yang tentunya lebih mahal sehingga perlu dikaji secara nilai ekonomi bahan bakar (Rp/kWh). Dengan demikian perlu dilakukan pengujian bahan bakar menggunakan Biosolar dan *Dexlite* untuk Generator Set Tipe Cummins 60 kVA yang bertujuan untuk mengetahui performansi dari genset tersebut dengan menggunakan dua jenis bahan bakar yang berbeda.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan sesuatu yang dapat diubah ke dalam bentuk energi. Bahan bakar digunakan manusia melalui proses pembakaran dimana bahan bakar tersebut nantinya melepas panas setelah bereaksi dengan oksigen di udara. Beberapa karakteristik bahan bakar yang perlu diketahui untuk menilai kinerja bahan bakar diantaranya yaitu:

- Density, Specific Gravity, dan API Gravity.** *Density* didefinisikan sebagai perbandingan antara massa bahan bakar terhadap volume bahan bakar pada suhu acuan. *Specific Gravity* (SG) merupakan perbandingan berat dari bahan bakar minyak pada temperatur tertentu terhadap air pada volume dan temperatur yang sama. Sedangkan API Gravity merupakan satuan yang digunakan untuk menyatakan berat jenis minyak dan digunakan sebagai dasar klasifikasi minyak bumi yang paling sederhana
- Viskositas.** Viskositas atau kekentalan dari suatu cairan merupakan salah satu sifat cairan yang menentukan besarnya perlawanan terhadap gaya geser.
- Shulpur Content.** *Shulpur content* atau kandungan belerang dalam bahan bakar diesel. Keberadaan belerang tersebut tidak diharapkan karena sifatnya yang dapat merusak yaitu apabila oksida belerang bereaksi dengan air merupakan bahan yang korosif terhadap logam di ruang bakar.
- Cetane Number/ Cetane number** atau angka setana merupakan indikator kualitas suatu bahan bakar bila ditinjau dari kecepatan terbakarnya bahan bakar motor diesel.
- Calorific Value.** *Calorific value* atau nilai kalor merupakan suatu angka yang menyatakan jumlah panas atau kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran dari bahan bakar dengan udara atau oksigen.

### 2.2. Biosolar

Biosolar merupakan campuran solar dengan minyak nabati yang diperoleh dari minyak kelapa sawit (*crude palm oil* / CPO). Sebelum dicampurkan dengan minyak kelapa sawit direaksikan terlebih dahulu dengan metanol dan etanol dengan menggunakan katalisator NaOH atau KOH yang bertujuan untuk menghasilkan *fatty acid methyl ester* (FAME).

Tabel 1 Spesifikasi Bahan Bakar Biosolar

(sumber : PT. Pertamina)

Karakteristik	Satuan	Batasannya Min	Batasannya Max	Metode
Angka Setana	-	48	-	ASTM D613
Berat jenis (pada suhu 15°C)	kg/m <sup>3</sup>	815	880	ASTM D4737
Viskositas (pada suhu 40°C)	mm <sup>2</sup> /s	2	5	ASTM D445
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,25 0,05 0,005	ASTM D4294 / D5453 / D2622

### 2.3. Dexlite

Bahan bakar *Dexlite* merupakan bentuk layanan perseroan kepada masyarakat. Hal ini dikarenakan dengan kandungan unsur nabati (*fatty acid methyl ester* /FAME) dalam solar yang mencapai  $\pm 20\%$ , terdapat keluhan konsumen bahwa produk solar subsidi Pertamina kurang bertenaga. *Dexlite* ditambah zat aditif yang akan menghilangkan dampak negatif dari FAME. Adanya penambahan aditif bertujuan untuk menghilangkan sifat mudah membeku FAME dan menaikkan angka *cetane*.

Tabel 2 Spesifikasi Bahan Bakar *Dexlite*  
(sumber : PT. Pertamina)

Karakteristik	Satuan	Batasannya Min	Batasannya Max	Metode
Angka Setana	-	51	-	ASTM D613
Berat jenis (pada suhu 15°C)	kg/m <sup>3</sup>	780	870	ASTM D4737
Viskositas (pada suhu 40°C)	mm <sup>2</sup> /s	2	4,5	ASTM D445
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,12	ASTM D4294 / D5453

### 2.4. Mesin Diesel

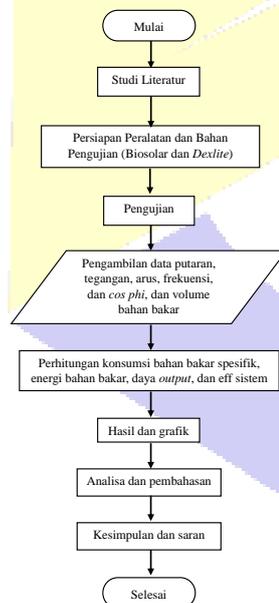
Motor Diesel biasanya juga disebut “motor penyalaan kompresi” (*Compression Ignition Engine*) oleh karena cara penyalaan bahan bakarnya dilakukan dengan menyemprotkan bahan bakar ke dalam udara yang telah bertekanan dan bertemperatur tinggi sebagai akibat dari proses kompresi sehingga terjadilah pembakaran. Prinsip kerja mesin diesel yaitu mengubah energi kimia menjadi energi mekanis. Energi kimia tersebut diperoleh dari proses reaksi kimia (pembakaran) dari bahan bakar dan oksigen (udara) di dalam silinder (ruang bakar). Pembakaran pada mesin diesel dapat terjadi karena adanya kenaikan temperatur campuran udara dan

bahan bakar akibat kompresi torak hingga mencapai temperatur nyala.

### 2.5. Generator Set (Genset)

Generator set (genset) merupakan sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Dikatakan generator set karena terdiri dari satu set peralatan gabungan dari dua perangkat yang berbeda, yaitu *engine* dan generator atau alternator. *Engine* berfungsi sebagai perangkat pemutar sedangkan generator atau alternator berfungsi sebagai perangkat pembangkit listrik. Prinsip kerja genset yaitu mesin pembakaran yang akan mengubah energi bahan bakar menjadi energi mekanik. Energi mekanik tersebut nantinya dikonversi oleh generator sehingga menghasilkan daya listrik.

### 3. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Skema Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

Parameter yang dibutuhkan dalam Tugas Akhir ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu data *input* dan data *output*.

#### 1) Data *Input*

Data *input* adalah data yang diperoleh dari penunjukan kondisi mesin.

- Volume bahan bakar (mL)
- Waktu konsumsi bahan bakar (mL/s)

#### 2) Data *Output*

Data *output* adalah data yang diperoleh dari data kelistrikan output generator.

- Arus (A)
- Tegangan (V)
- Putaran (rpm)
- $\cos \varphi$
- Frekuensi (Hz)

### 4. HASIL PENELITIAN

#### Perhitungan Bahan Bakar Biosolar

Berdasarkan data pengujian yang telah diperoleh, peneliti mengambil sampel dari data ke-14 (beban 18 kW) dengan data yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 n &= 1518 \text{ rpm} \\
 A_1 &= 27,8 \text{ A} \\
 A_2 &= 27,7 \text{ A} \\
 A_3 &= 28 \text{ A} \\
 V &= 380 \text{ V} \\
 \cos \varphi &= 0,92 \\
 f &= 50 \text{ Hz} \\
 \text{vol.BB} &= 20 \text{ mL} \\
 \text{waktu} &= 12,44 \text{ s} \\
 \rho_{\text{biosolar}} &= 880 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{LHV} &= 41888,43 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

#### a. Flow Volume Bahan Bakar

$$Q_{bb} = \frac{\text{volume bahan bakar (ml)}}{\text{waktu (s)}}$$

$$Q_{bb} = 1,608 \times 10^{-6} \times m^3/s$$

#### b. Energi Kimia Bahan Bakar (Ebb)

$$\dot{m}_{bb} = \rho_{bb} \times Q_{bb}$$

$$\dot{m}_{bb} = 0,00141 \text{ kg/s}$$

$$E_{bb} = \dot{m}_{bb} \times \text{LHV}$$

$$E_{bb} = 59,263 \text{ kW}$$

#### c. Daya *Output* Generator ( $P_{\text{out}}$ )

$$P = V \times I \times \cos \varphi$$

$$P_1 = 5,729 \text{ kW}$$

$$P_2 = 5,708 \text{ kW}$$

$$P_3 = 5,77 \text{ kW}$$

$$P_{3\varphi} = 17,207 \text{ kW}$$

#### d. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption / SFC*)

$$\text{Energi listrik} = P_{3\phi} \times t$$

$$\text{Energi listrik} = 0,0595 \text{ kWh}$$

$$SFC = \frac{\text{volume bahan bakar (L)}}{\text{energi listrik (kWh)}}$$

$$SFC = 0,3363 \text{ L/kWh}$$

#### e. Efisiensi (%)

$$\eta = \frac{P_{3\phi}}{E_{bb}} \times 100\%$$

$$\eta = 29,0359\%$$

#### 4.1. Perhitungan Bahan Bakar

*Dexlite* Berdasarkan data pengujian yang telah diperoleh, peneliti mengambil sampel dari data ke-14 (beban 18 kW) dengan data yaitu sebagai berikut:

n	= 1518 rpm
A <sub>1</sub>	= 27,7 A
A <sub>2</sub>	= 27,9 A
A <sub>3</sub>	= 28 A
V	= 380 V
cosφ	= 0,97
f	= 50 Hz
vol.BB	= 20 mL
waktu	= 13,62 s
ρ <sub>dexlite</sub>	= 870 kg/m <sup>3</sup>
LHV	= 43521 kJ/kg

#### a. Flow volume Bahan Bakar

$$Q_{bb} = 1,468 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

#### b. Energi Kimia Bahan Bakar

$$E_{bb} = 55,5995 \text{ kW}$$

#### c. Daya Output Generator (P<sub>out</sub>)

$$P_{3\phi} = 18,1646 \text{ kW}$$

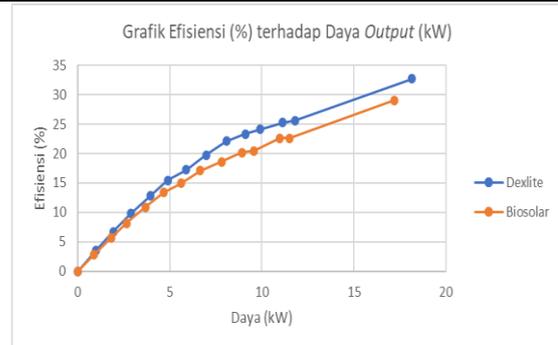
#### d. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption* / SFC)

$$SFC = 0,2911 \text{ L/kWh}$$

#### e. Efisiensi (%)

$$\eta = 32,6704 \%$$

#### 4.2. Analisis Efisiensi terhadap Daya Output

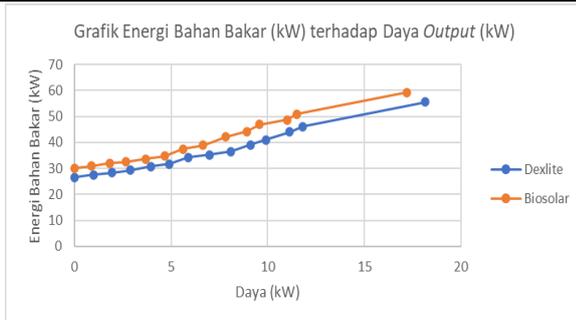


Gambar 2 Grafik Efisiensi terhadap Daya Output

Grafik diatas memiliki karakteristik eksponensial karena bentuknya yang cenderung melengkung ke atas sehingga dapat dikatakan grafik eksponensial sebanding dimana semakin besar P<sub>out</sub>, maka efisiensi sistem juga akan semakin besar. Hal ini telah sesuai dengan perumusan dimana daya listrik sebanding dengan efisiensi. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah diperoleh, nilai efisiensi maksimal yang dapat dicapai dengan beban maksimal (18 kW) pada bahan bakar *Dexlite* adalah sebesar 32,6704% disusul dengan bahan bakar Biosolar yang memiliki efisiensi sebesar 29,0359%. Ini menunjukkan bahwa nilai efisiensi yang dimiliki oleh bahan bakar *Dexlite* cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan efisiensi Biosolar dengan perbedaan efisiensi rata-rata keduanya mencapai 3,6%.

Performansi mesin diesel juga dipengaruhi oleh adanya perbedaan konsumsi bahan bakar yang dapat dilihat pada data pengujian dari tiap bahan bakar. Bahan bakar Biosolar mampu menghabiskan 20 mL bahan bakar dalam waktu 23,79 s pada beban 1 dan pada beban maksimal dapat menghabiskan 20 mL bahan bakar dalam waktu 12,44 s. Berbeda hal nya dengan bahan bakar *Dexlite* yang mampu menghabiskan 20 mL bahan bakar dalam waktu 27,46 s pada beban 1 dan pada beban maksimal dapat menghabiskan 20 mL bahan bakar dalam waktu 13,62 s. Ini menunjukkan bahwa bahan bakar *Dexlite* ternyata lebih irit jika dibandingkan dengan bahan bakar Biosolar. Selain itu, Biosolar juga memiliki viskositas yang lebih tinggi yaitu sebesar 5,0 mm<sup>2</sup>/s. Berbeda hal nya dengan *Dexlite* yang hanya memiliki viskositas sebesar 4,5 mm<sup>2</sup>/s. Tinggi rendahnya nilai viskositas dari suatu bahan bakar tentunya sangat berpengaruh terhadap pembakaran pada ruang bakar.

#### 4.3. Analisis Energi Kimia Bahan Bakar terhadap Daya Output

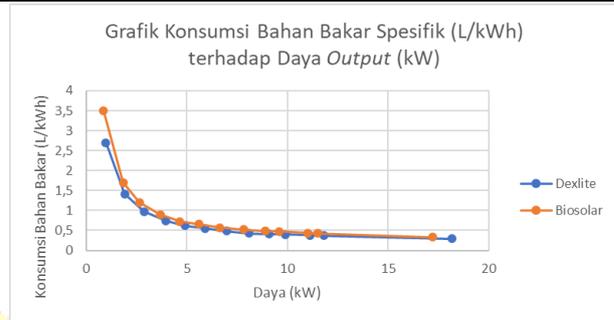


Gambar 3 Grafik Energi Kimia Bahan Bakar terhadap Daya Output

Grafik di atas memiliki karakteristik linear karena bentuknya yang cenderung lurus ke atas sehingga dapat dikatakan grafik linear sebanding dimana semakin besar energi bahan bakar, maka akan semakin besar juga daya output yang dihasilkan. Energi bahan bakar yang dihasilkan oleh beban terendah adalah pada bahan bakar *Dextlite* yaitu sebesar 26,6268 kW. Sedangkan untuk bahan bakar Biosolar membutuhkan nilai energi bahan bakar yang lebih besar yaitu 30,1899 kW. Nilai energi bahan bakar mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya beban yang diberikan. Pada pemberian beban maksimum (sekitar 18 kW), energi bahan bakar yang paling rendah adalah *Dextlite* dan yang paling besar adalah Biosolar. Konsumsi energi bahan bakar *Dextlite* pada beban maksimum adalah sebesar 55,5995 kW dan Biosolar 59,2634 kW.

Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa pada pengujian dengan menggunakan beban yang terkecil hingga yang terbesar, energi bahan bakar yang dihasilkan oleh bahan bakar *Dextlite* cenderung lebih rendah dengan rata-rata energi bahan bakarnya adalah sebesar 36,1732 kW jika dibandingkan dengan energi bahan bakar Biosolar yang memiliki rata-rata energi bahan bakar sebesar 40,1838 kW sehingga selisih keduanya menunjukkan perbedaan sebesar  $\pm 4$  kW. Pernyataan ini sesuai dengan perumusan dimana energi bahan bakar (Ebb) nilainya sebanding dengan besarnya laju alir bahan bakar ( $\dot{m}_{bb}$ ) dan besarnya nilai kalor yang terkandung dalam bahan bakar tersebut.

#### 4.4. Analisis Konsumsi Bahan Bakar Spesifik terhadap Daya Output

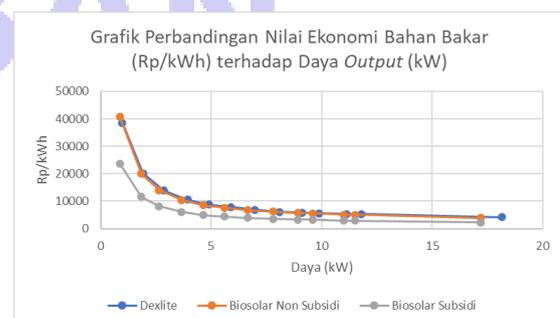


Gambar 4 Grafik Konsumsi Bahan Bakar Spesifik terhadap Daya Output

Konsumsi bahan bakar spesifik atau *Specific Fuel Consumption* (SFC) menjelaskan pemakaian bahan bakar untuk menghasilkan daya dari mesin diesel. Hal ini bertujuan untuk menentukan sejauh manakah tingkat efisien mesin diesel yang digunakan untuk menyuplai bahan bakar terhadap kerja yang dihasilkan. Grafik di atas memiliki karakteristik eksponensial karena bentuknya yang cenderung melengkung ke bawah sehingga dapat dikatakan grafik eksponensial tak sebanding dimana semakin besar  $P_{out}$ , maka nilai SFC akan semakin kecil. Namun, ketika  $P_{out}$  sudah bernilai di atas 10 kW, maka nilai SFC akan relatif konstan pada nilai 0,3 L/kWh hingga 0,4 L/kWh untuk bahan bakar Biosolar dan 0,3 L/kWh hingga 0,2 L/kWh untuk bahan bakar *Dextlite*.

Konsumsi bahan bakar spesifik bergantung pada besarnya nilai energi listrik yang digunakan dimana nilai energi listrik tersebut merupakan pembebanan. Hal ini sesuai dengan perumusan dimana semakin besar energi listrik yang digunakan, maka konsumsi bahan bakar spesifik akan semakin kecil. Semakin kecil nilai konsumsi bahan bakar spesifik, maka akan semakin efisien sistem penggunaan bahan bakar tersebut karena akan lebih sedikit bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan tenaga yang sama.

#### 4.5. Kajian Ekonomi Bahan Bakar (Rp/kWh)



Gambar 5 Grafik Perbandingan Nilai Ekonomi Bahan Bakar terhadap Daya Output

Grafik di atas memiliki karakteristik eksponensial karena bentuknya yang cenderung melengkung ke bawah sehingga dapat dikatakan grafik eksponensial tak sebanding dimana semakin besar nilai  $P_{out}$ , maka nilai Rp/kWh akan semakin kecil atau semakin hemat. Semakin tinggi beban, berarti semakin dekat mesin dengan beban penuh yang didesain untuk dioperasikan. Khususnya pada beban rendah, sebagian bahan bakar diperlukan bukan untuk membangkitkan daya, tetapi untuk menggerakkan *engine*. Ketika diberikan beban yang lebih tinggi, mesin genset cenderung beroperasi dengan efisiensi yang lebih tinggi. Efisiensi yang lebih tinggi menunjukkan bahwa suatu mesin menghasilkan lebih banyak *output* listrik dengan jumlah bahan bakar yang sama atau bahkan lebih sedikit sehingga dapat mengurangi nilai Rp/kWh.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui harga per kWh yang bervariasi. Beban maksimum yang dapat diberikan saat pengujian yaitu 18 kW atau setara dengan 38% *load factor* dari kapasitas mesin. Efisiensi terbesar pada bahan bakar *Dexlite* berada di kisaran 32,6704% dengan harga Rp/kWh sebesar Rp4.147,1/kWh. Sedangkan bahan bakar *Biosolar* memiliki efisiensi maksimum sebesar 29,0359%. *Biosolar* Subsidi dan *Biosolar* Non Subsidi memiliki efisiensi yang sama, tetapi berbeda pada nilai Rp/kWh. Hal ini dikarenakan harga per liter keduanya yang tentunya berbeda. Namun, jika ditinjau dengan harga listrik PLN, tentunya mengalami perbedaan baik secara subsidi maupun non subsidi. Pengujian ini hanya menggunakan 38% *load factor* dari beban maksimum yang dapat diberikan. Inilah yang menyebabkan harga Rp/kWh yang dihasilkan tentunya menjadi lebih tinggi dari harga yang dikeluarkan oleh PLN.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisis yang telah dilakukan terhadap performansi Generator Set Tipe Cummins 60 kVA dapat diketahui bahwa:

Nilai efisiensi yang dimiliki oleh bahan bakar *Dexlite* cenderung lebih tinggi dibandingkan *Biosolar* dan memiliki perbedaan mencapai 3,6%.

Energi bahan bakar yang dihasilkan oleh bahan bakar *Dexlite* cenderung lebih rendah dengan rata-rata energi bahan bakarnya adalah sebesar 36,1732 kW jika dibandingkan dengan energi bahan bakar *Biosolar* yang memiliki rata-rata energi bahan bakar sebesar 40,1838 kW.

Nilai konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) *Dexlite* cenderung lebih kecil yaitu 0,291 L/kWh jika dibandingkan dengan *Biosolar* yaitu 0,3363 L/kWh pada beban maksimum.

*Biosolar* Non Subsidi dan *Dexlite* memiliki nilai Rp/kWh yang hampir sebanding yaitu sebesar Rp3.935,28/kWh untuk *Biosolar* Non Subsidi dan Rp4.147,1/kWh untuk *Dexlite*. Sedangkan *Biosolar* Subsidi memiliki Rp/kWh yang lebih rendah yaitu sebesar Rp2.287,17/kWh pada beban maksimum.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al Malna, Muhamad Rasyiid. *Karakterisasi Unjuk Kerja Mesin Diesel Generator Set Sistem Dual Fuel Solar dan Syngas Biomass Serbuk Kayu*. Tugas Akhir (2015): Institut Teknologi Sepuluh November
- [2] Cappenberg, Audri D. *Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Solar, Biosolar, dan Pertamina Dex terhadap Prestasi Motor Diesel Silinder Tunggal*, Volume II Nomor 1 (2017): 70-74.
- [3] Elfiano, Eddy dkk. *Analisa Penggunaan Bahan Bakar Pertamina Dex, Dexlite, dan Campuran Pertamina Dex dengan Dexlite terhadap Performance Mesin Diesel 4 Silinder*. Seminar Nasional Mitigasi dan Strategi Adaptasi Dampak Perubahan Iklim di Indonesia: Universitas Islam Riau.
- [4] Kuwana, Wowo Sunaryo. *Motor Diesel 1 [Mekanisme Mesin Diesel]*. Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Konsentrasi Keahlian Otomotif: Universitas Pendidikan Indonesia.
- [5] Suyanto, Wardan dkk. *Karakterisasi Bahan Bakar pada Motor Diesel*, Volume 20 Nomor 1 (2015): 29-44.