

# PENGARUH LAJU ALIRAN BIOGAS TERHADAP PERFORMANSI MESIN GENSET DIESEL SATU SILINDER DENGAN MENGGUNAKAN *DUAL FUEL*

Shandy Marpaung<sup>1</sup>, Himsar Ambarita<sup>2</sup>, Tulus B. Sitorus<sup>3</sup>, Andianto P.<sup>4</sup>, Farel H. Napitupulu<sup>5</sup>  
<sup>1,2,3,4,5</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara  
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155  
E-mail : [Shandy.Marpaung@gmail.com](mailto:Shandy.Marpaung@gmail.com)

## ABSTRAK

Biogas dari kotoran sapi, dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif bagi mesin diesel. Pada penelitian ini, biogas digunakan sebagai bahan bakar pada mesin genset diesel satu silinder, yang telah dimodifikasi agar dapat bekerja pada kondisi bahan bakar ganda (*dual fuel*) untuk menghasilkan listrik. Laju aliran bahan bakar biogas divariasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performansi mesin tersebut. Performansi yang dihitung adalah daya, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), efisiensi thermal, dan Rasio perbandingan udara bahan bakar (AFR) yang didapat dari hasil pengujian mesin dengan menggunakan beban statis 400 dan 800 Watt, dan juga putaran mesin yang dinaikkan perlahan dari 900 hingga 1400 RPM. Hasil pengujian performansi yang didapat kemudian dibandingkan dengan mesin genset diesel yang sama yang menggunakan bahan bakar solar murni, sehingga dapat diketahui pengaruh dari bahan bakar biogas terhadap performansi mesin diesel tersebut. Pengujian emisi gas buang juga dilakukan untuk mengetahui kelayakan gas buang dari mesin yang menggunakan bahan bakar solar dan biogas. Perbandingan nilai ekonomis juga dihitung untuk mengetahui efisiensi nilai ekonomis dari perubahan bahan bakar. Dari pengujian didapatkan bahwa daya dan torsi mesin cenderung menurun untuk beberapa laju aliran aliran biogas, efisiensi thermal dan AFR juga menurun untuk seluruh laju aliran biogas sedangkan SFC meningkat untuk seluruh laju aliran biogas. Dengan memakai biogas, biaya ekonomis yang dikeluarkan juga menurun. Sedangkan hasil pembakaran yang terbaik didapat saat mesin menggunakan bahan bakar solar murni.

*Kata kunci : Mesin Diesel, Bahan bakar fosil, Bahan Bakar solar, Biogas, Kotoran Sapi, Performansi, uji emisi.*

## 1. PENDAHULUAN

Laju konsumsi BBM di Indonesia lebih tinggi daripada laju produksi minyak bumi. Pada tahun 2011, produksi minyak bumi dalam negeri tercatat sebesar 902 bopd [1].

Dari seluruh produksi minyak bumi tersebut, hanya 75 % yang diubah menjadi produk turunan BBM seperti bensin, solar dan avtur. Sementara, rata – rata konsumsi BBM dalam negeri sebesar 1,2 juta bopd. Solar menempati peringkat kedua dalam konsumsi BBM Indonesia dengan rata – rata konsumsi sebesar 10 juta kilo liter per hari atau setara dengan 25 % dari total konsumsi nasional [1].

Penelitian ini dimaksudkan untuk mendukung program diversifikasi energi oleh pemerintah yang salah satunya dilakukan oleh Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) dengan program Integrasi Sawit, Sapi dan Energi (ISSE)

Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh penggunaan biogas yang diproduksi oleh PPKS terhadap performansi mesin genset diesel satu silinder.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi tanpa oksigen (anaerob). Komponen biogas terdiri dari ± 60 % CH<sub>4</sub> (metana), ± 38 % CO<sub>2</sub> (karbondioksida), ± 2 % N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>S. Biogas dapat dibakar seperti

elptji, dalam jumlah yang lebih besar biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik, sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan [2].

**Proses Produksi Biogas**

Secaragarisbesar proses pembentukan biogas dibagimenjaditigatahapan, yaitu:

1. Tahap Hidrolisis  
 Pada tahap ini, bakteri memutuskan rantai panjang karbohidrat kompleks; protein dan lipid menjadi senyawa rantai pendek [2].
2. Tahap Asidifikasi  
 Pada tahap ini, bakteri anaerob menghasilkan asam untuk mengubah senyawa rantai pendek hasil proses hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen, dan karbon dioksida [2].
3. Tahap Pembentukan Gas Metana (*Methanogenesis*)  
 Pada tahap ini, bakteri *Methanobacterium omelianski* mengubah senyawa hasil proses asidifikasi menjadi metana dan CO2 dalam kondisi *anaerob*. Proses pembentukan gas metana ini termasuk reaksi eksotermis [2].

**Mesin Diesel**

Motor diesel disebut juga motor bakar atau mesin pembakaran dalam karena perubahan tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanik dilaksanakan di dalam mesin itu sendiri. Di dalam motor diesel terdapat torak yang mempergunakan beberapa silinder yang di dalamnya terdapat torak yang bergerak bolak-balik (translasi). Di dalam silinder itu terjadi pembakaran antara bahan bakar solar dengan oksigen yang berasal dari udara [3].

Konsep pembakaran pada motor diesel adalah melalui proses penyalaan kompresi udara pada tekanan tinggi. Pembakaran ini dapat terjadi karena udara dikompresi pada ruangan dengan perbandingan kompresi jauh lebih besar daripada motor bensin, yaitu antara 14-22. Akibatnya, udara akan mempunyai tekanan dan temperatur melebihi suhu dan tekanan penyalaan bahan bakar [3].

**Performansi Motor Bakar**

**Daya Poros**

Semakin tinggi frekuensi putar motor makin tinggi daya yang diberikan hal ini disebabkan oleh semakin besarnya frekuensi semakin banyak langkah kerja yang dialami pada waktu yang sama. Dengan demikian besar daya poros itu adalah :

$$P_B = \frac{2\pi \cdot (n \cdot T)}{60} \dots \dots [4]$$

Dimana :

$P_B$  = daya ( W )

T = torsi ( Nm )

n = putaran mesin (Rpm)

**Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)**

Parameter ini biasa dipakai sebagai ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar yang terpakai per jam untuk setiap daya kuda yang dihasilkan.

$$SFC = \frac{\dot{m}_f \times 10^3}{P_B} \dots \dots [4]$$

$$m_f = \frac{\rho_f \cdot V_f \cdot 10^{-6}}{t_f} \times 3600 \dots \dots [4]$$

Dimana :

SFC = konsumsi bahan bakar spesifik(kg/kw.h)

$P_B$  = daya (W)

$\dot{m}_f$  = konsumsi bahan bakar

Sgf = spesifik grafity

T = waktu (jam)

### Emisi Gas Buang

Untuk mesin Diesel emisi gas buang yang dilihat adalah opasitas. Opasitas sendiri adalah tingkat ketebalan asap / gas buang dari mesin.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### Metode pengumpulan data

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini meliputi :

- Data primer, merupakan data yang diperoleh langsung dari pengukuran dan pembacaan pada unit instrumentasi serta alat ukur pada masing-masing pengujian.
- Data sekunder, merupakan data yang diperoleh dari hasil penelitian bahan bakar solar dan biogas yang diperoleh dari Pertamina dan Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS).

### Metode Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari data primer dan data sekunder diolah data dari perhitungan disajikan dalam bentuk tabulasi dan grafik

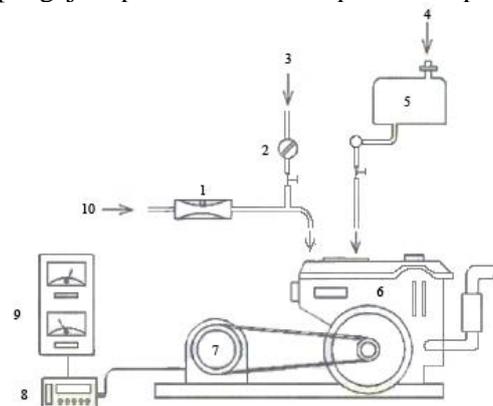
### Pengamatan dan Tahap Pengujian

Parameter yang akan ditinjau dalam pengujian ini adalah :

- Daya ( P )
- Konsumsi bahan bakar spesifik ( sfc )
- Efisiensi thermal ( $\eta_b$ )
- Emisi gas buang

### Skema pengujian performansi

Adapun skema pada pengujian performansi ini dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 3.1 Skema pengujian performansi

Keterangan gambar :

- Saringan Udara ( *Air Filter* )
- Flow Meter*
- Biogas
- Solar
- Tangki Bahan bakar
- Mesin
- Generator
- Instrumen Listrik
- Multimeter
- Udara

### Prosedur Pengujian performansi

Pengujian dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Pengujian dengan bahan bakar solar.

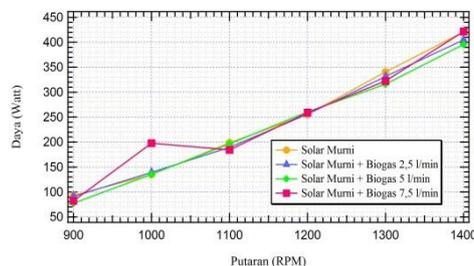
1. Mengoperasikan mesin dengan cara memutar engkol dan memanaskan mesin selama 10 – 15 menit. Mengatur kecepatan dengan menggeser tuas kecepatan hingga tachometer digital menunjukkan putaran  $900 \text{ min}^{-1}$
  2. Mengisi buret dengan bahan bakar solar
  3. Menyalakan *stopwatch* dan menghitung waktu pengujian sampai 5 menit.
  4. Mengukur tegangan dan kuat arus menggunakan *multi meter*.
  5. Mematikan mesin dengan cara memutar stop kontak dan menggeser tuas kecepatan ke titik 0
  6. Mencatat bahan bakar yang habis selama pengujian.
  7. Mengulang pengujian untuk variasi putaran berikutnya.
- b. Pengujian dengan bahan bakar diesel + biogas
1. Menghubungkan selang biogas ke intake manifold yang telah dimodifikasi
  2. Menghubungkan ujung selang yang lain ke *flow meter* dan ke kompresor yang telah berisi biogas.
  3. Mengatur kecepatan dengan menggeser tuas kecepatan hingga tachometer digital menunjukkan putaran  $900 \text{ min}^{-1}$
  4. Mengatur laju aliran biogas dengan membuka keran secara perlahan-lahan, sehingga flow meter menunjukkan titik 2,5 l/min udara.
  5. Mengisi bahan bakar solar ke dalam buret
  6. Menyalakan stopwatch dan menghitung waktu pengujian sampai 5 menit.
  7. Mengukur tegangan dan kuat arus menggunakan *multi meter*
  8. Mengukur konsumsi solar setelah 5 menit pengujian
  9. Mengulangi pengujian untuk putaran berikutnya
  10. Mengulangi pengujian untuk aliran biogas berikutnya.

### Prosedur Pengujian emisi gas buang

1. Tekan tombol power yang ada di belakang alat
2. Tunggu alat selesai melaksanakan proses pemanasan (*warming up*)
3. Tekan tombol display sampai lampu LED muncul di “%”
4. Tekan Tombol “ Hold” untuk merubah alat menjadi status “Peak Hold”
5. Pasang probe tester ke ujung knalpot mesin dan naikan putaran mesin secara cepat pada putaran yang telah dibatasi
6. Mengulang pengujian dengan beban dan bahan bakar berbeda

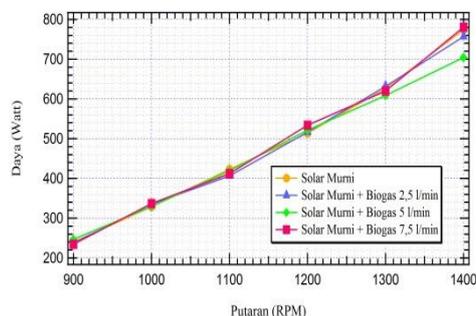
## 4. ANALISA & PEMBAHASAN

### Daya



Gambar 2 Grafik daya vs putaran pada beban 400 Watt

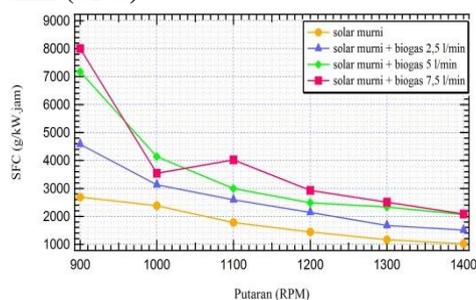
Berdasarkan gambar 2 diatas, dibandingkan pada saat menggunakan bahan bakar solar murni, daya mesin cenderung menurun pada saat menggunakan bahan bakar solar murni + biogas 2,5 l/min dan 5 l/min, dengan rata – rata presentase penurunan sebesar 3,24 %. Sedangkan pada saat menggunakan bahan bakar solar murni + biogas 7,5 l/min, daya mesin cenderung meningkat sebesar 1,59%.



Gambar 3 Grafik daya vs putaran pada beban 800 Watt

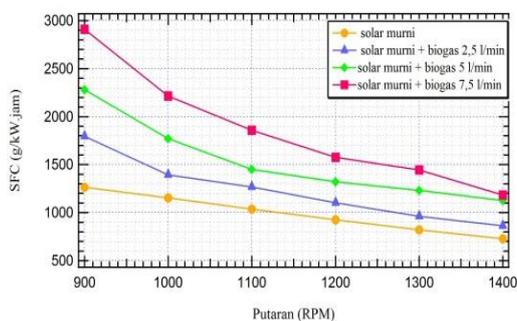
Berdasarkan gambar 3 di atas, dibandingkan pada saat menggunakan bahan bakar solar murni, daya mesin cenderung menurun pada saat menggunakan bahan bakar solar murni + biogas 2,5 l/min dan 5 l/min, dengan rata – rata presentase penurunan sebesar 1,72 %. Sedangkan pada saat menggunakan bahan bakar solar murni + biogas 7,5 l/min, daya mesin cenderung meningkat sebesar 0,32 %.

**Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)**



Gambar 4 Grafik SFC vs putaran pada beban 400 Watt

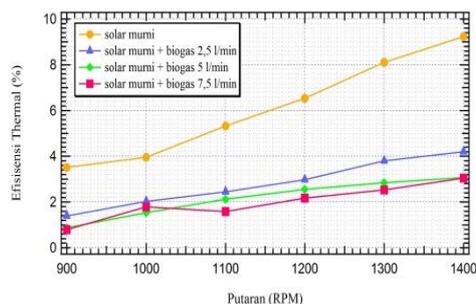
Berdasarkan gambar 4 di atas, SFC meningkat untuk seluruh campuran bahan bakar solar + biogas dibandingkan saat menggunakan bahan bakar solar murni. Rata – rata kenaikan peningkatan SFC yang terjadi sebesar 31,91 %. konsumsi bahan bakar tertinggi dihasilkan pada saat mesin menggunakan bahan bakar solar murni + Biogas 7,5 l/min pada beban 400 Watt yaitu sebesar 8006,62 g/kW.jam.



Gambar 5 Grafik SFC vs putaran pada beban 800 Watt

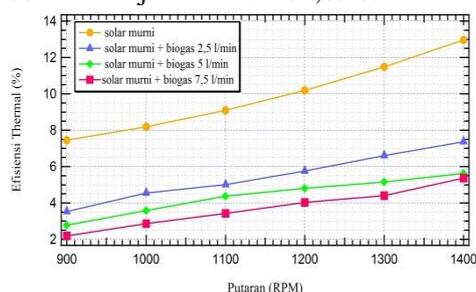
Berdasarkan gambar 5 di atas, SFC meningkat untuk seluruh campuran bahan bakar solar + biogas dibandingkan saat menggunakan bahan bakar solar murni. Rata – rata kenaikan peningkatan SFC yang terjadi sebesar 32,97 %. Konsumsi bahan bakar terendah dihasilkan pada saat mesin menggunakan bakar solar murni pada beban 800 Watt, yaitu sebesar 727,36 g/kW.jam

**Efisiensi Thermal ( $\eta_b$ )**



Gambar 6 Grafik Efisiensi thermal vs putaran pada beban 400 Watt

Berdasarkan gambar 6 diatas, efisiensi thermal cenderung menurun untuk seluruh bahan bakar campuran solar murni + biogas dibandingkan saat menggunakan bahan bakar solar murni. Penurunan efisiensi thermal pada beban 400 Watt terjadi sebesar 62,05 %.



Gambar 7 Grafik efisiensi thermal vs putaran pada beban 800 Watt

Berdasarkan gambar 7 diatas, efisiensi thermal cenderung menurun untuk seluruh bahan bakar campuran solar murni + biogas dibandingkan saat menggunakan bahan bakar solar murni. Penurunan efisiensi thermal pada beban 800 Watt terjadi sebesar 54,27 %.

**Opacity gas buang**

Tabel 1 Hasil uji emisi gas buang pada beban 400 Watt

Bahan Bakar	Mean Opacity
Solar Murni	22
Solar Murni + Biogas 2,5 l/min	29,56
Solar Murni + Biogas 5 l/min	33,7
Solar Murni + Biogas 7,5 l/min	35,8

Berdasarkan hasil pengujian dengan pembebanan konstan (400 Watt) pada tabel 1 diatas, nilai opacity tertinggi terjadi melalui pengujian dengan menggunakan bahan bakar solar murni + biogas 7,5 l/min sebesar 35,8 %. Sementara untuk nilai opacity terendah terjadi melalui pengujian dengan menggunakan bahan bakar solar murni sebesar 22 %.

Tabel 2 Hasil uji emisi gas buang pada beban 800 Watt

Bahan Bakar	Mean Opacity
Solar Murni	20
Solar Murni + Biogas 2,5 l/min	33,1
Solar Murni + Biogas 5 l/min	33,06
Solar Murni + Biogas 7,5 l/min	35,63

Berdasarkan hasil pengujian dengan pembebanan konstan (800 Watt) pada tabel 2 diatas, nilai opacity tertinggi terjadi melalui pengujian dengan menggunakan bahan bakar solar murni + biogas 7,5

l/min sebesar 35,63 %. Sementara untuk nilai opacity terendah terjadi melalui pengujian dengan menggunakan bahan bakar solar murni sebesar 20 %.

Penurunan nilai dari opacity tersebut disebabkan oleh penurunan kadar hidrokarbon dalam bahan bakar yang menandakan bahwa pembakaran yang terjadi semakin baik.

## 5. KESIMPULAN

1. Rata – rata daya mesin cenderung menurun sebesar 3,24 % pada beban 400 Watt dan 1,72 % pada beban 800 Watt saat menggunakan bahan bakar solar + biogas 2,5 l/min dan solar + biogas 5 l/min dibandingkan saat menggunakan bahan bakar solar murni, sedangkan pada saat menggunakan bahan bakar solar murni + biogas 7,5 l/min daya mesin cenderung meningkat sebesar 1,59 % pada beban 400 Watt dan 0,32 % pada beban 800 Watt dibandingkan saat menggunakan bahan bakar solar murni
2. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) meningkat untuk seluruh campuran bahan bakar solar + biogas dibandingkan saat menggunakan bahan bakar solar murni. Rata – rata kenaikan peningkatan SFC yang terjadi sebesar 31,91 % pada beban 400 Watt dan 32,97 % pada beban 800 Watt. Konsumsi bahan bakar terendah dihasilkan pada saat mesin menggunakan bakar solar murni pada beban 800 Watt, yaitu sebesar 727,36 g/kW.jam. Sedangkan konsumsi bahan bakar tertinggi dihasilkan pada saat mesin menggunakan bahan bakar solar murni + Biogas 7,5 l/min pada beban 400 Watt yaitu sebesar 8006,62 g/kW.jam.
3. Efisiensi thermal cenderung menurun untuk seluruh bahan bakar campuran solar murni + biogas dibandingkan saat menggunakan bahan bakar solar murni. Penurunan efisiensi thermal pada beban 400 Watt terjadi sebesar 62,05 % sedangkan pada beban 800 Watt sebesar 54,27 %.
4. Kepekatan gas buang (*Opacity*) terendah didapat saat mesin menggunakan bahan bakar solar murni, baik pada beban 400 maupun pada beban 800 Watt, yaitu sebesar 22 % pada beban 400 Watt dan 20 % pada beban 800 Watt. Sedangkan yang opacity tertinggi didapat saat mesin menggunakan bahan bakar solar murni + biogas 7,5 l/min yaitu sebesar 35,8 % pada beban 400 Watt dan 35,63 % pada beban 800 Watt.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementrian ESDM. 2011. *Handbook of Energy and economy Statistic Indonesia*, Jakarta : Indonesia
- [2] Meynell, P.J. 1976. *Methane : Planning a Digester*. Prism Press. Great Britain
- [3] Arismunandar, Wiranto. 1988. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Penerbit : ITB Bandung
- [4] Pulkrabek, Willard W.1997. *Engineering Fundamentals Of The Internal Combustion Engine*. Prentice Hall, New Jersey