

## ANALISIS KINERJA GENSET BERBAHAN BAKAR BIOGAS DAN BIOMETAN PADA UNIT CLPDTR

### ANALYSIS OF GENERATOR PERFORMANCE FUELED WITH BIOGAS AND BIOMETHANE ON CLPDTR UNIT

Agem Gunardi<sup>1</sup>, Muhammad Satria Wibowo<sup>2</sup>, Veberia Panjaitan<sup>3</sup>, Lety Trisnaliani<sup>4</sup>, Sutini Pujiastuti Lestari<sup>5</sup>, Tahdid<sup>6</sup>, Zurohania<sup>7</sup>

<sup>1234567</sup>Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139, Telp +62711353414/fax+62711355918  
Email: veberiap@gmail.com.<sup>3</sup>

#### ABSTRACT

*Biogas is the main products from anaerobic processing of cattle dung in Continuous Longitudinal Plate Digester Tank Reactor. With CO<sub>2</sub> absorber, biogas is improved to be biomethane using NaOH. Biogas and biomethane proven can be used on engine motor by adding converter and simple regulator. With composition of methane 50%-65%, biogas and biomethane can produce electricity with capacity 1kW/h. Generator set testing with load electricity addition (200, 400, 600, 800, dan 1000) watt and ratio variety of LPG addition ( 0:5, 1:4, 2:3, 3:2, 4:1, and 5:0). Optimum mixing of the ratio is 2:3 on 800 watt. It is proven by looking at the power generated, torque dan Specific Fuel Consumption. For biogas, it is obtained 0.888kW, 2,871 Nm and 1.007 kg/HP.h, while biomethane is obtained 0.862kW, 2,772 Nm and 0.986 kg/HP.h.*

*Keywords: biogas, biomethane, generator set.*

#### 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi khususnya energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan. Berdasarkan Kementerian ESDM, konsumsi listrik di Indonesia pada tahun 2017 mencapai 1.012 kwh/kapita, naik sebesar 5,9 persen dari tahun sebelumnya.

Indonesia saat ini memiliki rasio elektrifikasi sebesar 93,08% dan telah sukses melakukan pembangunan listrik sesuai dengan kebijakan 35.000 MW oleh pemerintah. Akan tetapi, listrik yang dihasilkan saat ini *oversupply* karena tidak sesuai dengan prediksi pertumbuhan ekonomi Indonesia. Kondisi *oversupply* tidak akan bertahan lama karena *excess energy* listrik yang dihasilkan akan menarik minat *investor* yang dapat mendukung pengembangan perekonomian di Indonesia (PLN, 2019)

Upaya yang dilakukan untuk mengembangkan energi baru dan terbarukan adalah dengan menggunakan konversi biomassa. Salah satu contoh teknologi konversi biomassa adalah biogas. Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik. Teknologi biogas untuk pembangkit ini sudah banyak dikembangkan oleh penelitian-penelitian sebelumnya, misalnya pada penelitian

Anggito dan Tri (2014) yang menggunakan limbah kotoran sapi sebagai bahan baku dalam produksi biogas yang akan dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Hasil penelitiannya menunjukkan kandungan gas metana 1,2m<sup>3</sup> untuk menghasilkan listrik 5,64kWh. Pada penelitian yang telah dilakukan perlu dilakukan pengembangan dalam segi modifikasi disain *digester* serta pemanfaatannya sebagai energi listrik.

Masih terdapatnya kekurangan pada penelitian terkait tentang pencampuran biogas dan biometan dengan LPG melatarbelakangi diangkatnya masalah ini. Konsumsi energi fosil yang digunakan secara masif mengharuskan terobosan untuk memanfaatkan energi bio secara langsung ataupun *blending* agar penggunaan energi tak terbarukan mampu dikontrol untuk masa depan. Maka yang menjadi permasalahan penelitian ini adalah:

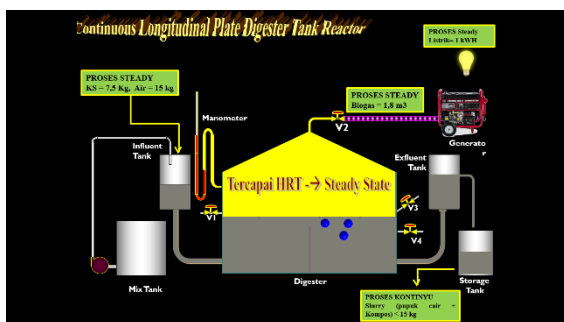
Mengetahui bagaimana kinerja *genset* GX-160 dengan konverter gas dengan menggunakan variasi campuran bahan bakar gas hasil dari proses unit prototype *Continious Longitudinal Plate Digester Tank Reaktor* (CLPDTR) dengan LPG. Adapun variasi campuran bahan bakar yang digunakan terdiri dari rasio produk biogas dan biometan / LPG (0:5, 1:4, 2:3, 3:2, 4:1, dan 5:0) serta pengaruh beban listrik (200, 400, 600, 800, dan 1000 watt).

#### 2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, variabel yang akan diambil terdiri dari variabel tetap dan tidak tetap.

Penelitian ini dilakukan dengan data yang didapatkan dari hasil pengukuran disusun dalam bentuk tabel untuk dijadikan bahan kajian menentukan Uji Kinerja Generator Set Menggunakan Bahan Bakar Biogas Hasil Konversi Kotoran Sapi pada Unit *Continuous Longitudinal Plate Digester Tank Reaktor (CLPDTR)* Kapasitas 1KWh.

Biogas merupakan hasil konversi langsung dari unit CLPDTR yang kemudian akan di tampung pada tabung penyimpanan. Biometan didapatkan dengan melalu proses absorpsi yang kemudian akan mengurangi kandungan CO<sub>2</sub> untuk meningkatkan volume gas metan. Kedua sample ini di uji secara terpisah dengan metode yang sama.



Gambar 1. Skema aliran proses CLPDTR

Sistem kerja pada percobaan ini menggunakan rasio pencampuran yang diharapkan mendapatkan nilai pencampuran terbaik antara biogas dan biometan terhadap LPG. Biogas dan biometan yang telah ditampung akan alirkan melalui *converter kit* dan menutup *valve* aliran bensin. Sistem kerja *converter* adalah sebagai berikut: Bahan bakar biogas yang berada dalam tabung bertekanan (1) dikeluarkan dengan menggunakan regulator biogas (2) Gas yang sudah diturunkan tekanannya dialirkan melalui selang gas (3) Kevakuman yang terjadi di ruang bakar yang diakibatkan oleh langkah isap piston dari TMA ke TMB (4) untuk kemudian dialirkan ke dalam pencampur (mixer) (5). Udara yang masuk karena kevakuman dalam ruang bakar akan bercampur dengan biogas dan kemudian masuk ke dalam ruang bakar mesin satu silinder empat langkah (6). Spesifikasi generator set tipe Gx-160 adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi generator set tipe Gx-160

Parameter	Nilai
Rated Voltage	230 V
Rated Frequency	50 Hz
Rated Output	1000 Watt
Maximum Output	1200 Watt
Power Submultiple	1.0

Untuk data yang diambil meliputi Arus listrik (ampere), Voltase (volt), Putaran poros (RPM), dan

jumlah gas yang terpakai. Untuk rasio sendiri menggunakan total massa 0.3 kg pada setiap kali percobaan berjalan dengan beban yang berbeda. Dari data tersebut dapat dihitung nilai Daya (kw), Torsi (Nm) dan SFC (Kg/HP.h) yang kemudian akan dibandingkan melalui visualisasi grafik.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Biogas dan biometan yang dihasilkan dianalisa dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Laboratorium Biogas

Komponen	% (mol)	GHV (btu/cuft)	NHV (btu/cuft)	Rel Density
CH <sub>4</sub>	58,5			
CO <sub>2</sub>	27,6			
O <sub>2</sub>	0,2	592	533	0,875
N <sub>2</sub>	13,4			
H <sub>2</sub>	0,3			

(PT. Pertamina RU III, 2019)

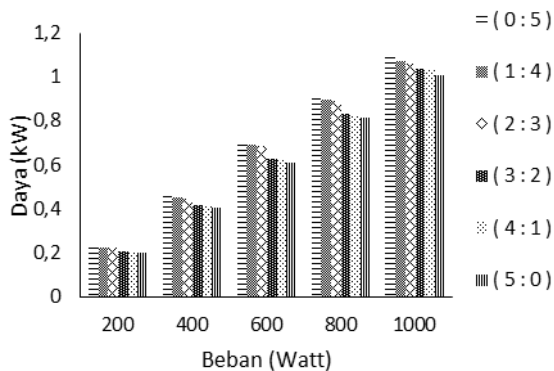
Pembentukan gas metana terjadi pada tahap metanogenesis. Bakteri yang berperan dalam proses ini antara lain *Methanococcus*, *Methanobacillus*, *Methanobacterium*. Gas metana terbentuk karena adanya reaksi dekarboksilasi asetat dan reduksi CO<sub>2</sub>. Pada tahap ini, bakteri metana membentuk gas metana secara perlahan dalam kondisi anaerob. Proses ini berlangsung selama 14 hari dengan suhu 25°C di dalam digester. Pada proses ini dihasilkan 70% CH<sub>4</sub>, 30 % CO<sub>2</sub>, sedikit H<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S (Price dan Cheremisinoff, 1981).

Dari hasil analisa biogas yang diperoleh memenuhi komposisi standar biogas sesuai teori, selain itu dari hasil analisa GHV juga diketahui bahwa nilai kalor dari 1m<sup>3</sup> biogas setara dengan nilai kalor dari 0,49 m<sup>3</sup> Fuel Oil dan 0,48 m<sup>3</sup> Natural Gas. Sedangkan berdasarkan literatur, nilai kalor dari 1m<sup>3</sup> biogas setara dengan 0,52 liter Fuel Oil dan 0,46 kg Elpiji (Effendy dkk, 2018).

Tabel 3. Hasil Uji Laboratorium Biometan

Komponen	% (mol)	GHV (btu/cuft)	NHV (btu/cuft)	Rel Density
CH <sub>4</sub>	66,1			
CO <sub>2</sub>	18,0			
O <sub>2</sub>	0,1	612	584	0,898
N <sub>2</sub>	15,1			
H <sub>2</sub>	0,3			

Dari data diatas maka divisualisasikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:

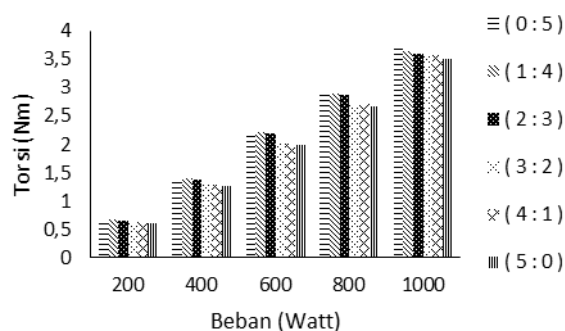


Gambar 2. Grafik Hubungan Beban Listrik vs Daya Terhadap Rasio Biogas:LPG

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa daya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perubahan beban listrik. Berdasarkan grafik diatas dinyatakan bahwa semakin besar beban listrik maka daya yang dihasilkan pada *genset* akan meningkat. Daya yang dihasilkan untuk memenuhi beban yang diberikan pada *genset* antara biogas dan LPG tidak jauh berbeda. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kualitas antara biogas dan LPG masih cukup baik.

Rasio optimum biogas:LPG yang mampu digunakan pada uji coba pada kali ini adalah 2:3. Pada beban 200 Watt, mesin *genset* berbahan bakar biogas menghasilkan daya sebesar 0,2444 kW atau setara dengan 244 Watt.

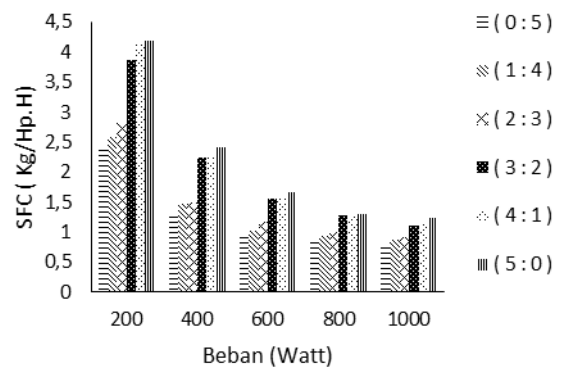
Perbedaan ini menunjukkan bahwa penggunaan biogas sebagai bahan bakar *genset* memberikan daya berlebih sebesar 44 Watt. Berdasarkan pernyataan Artayana dkk (2014) pada penelitian yang sama dengan menggunakan jenis digester yang berbeda, pada beban 200 Watt terlihat bahwa daya *genset* yang dihasilkan sebesar 222 Watt. Perbandingan ini tidak terlalu jauh dengan daya *genset* yang dihasilkan pada penelitian kali ini.



Gambar 3. Grafik Hubungan Beban Listrik vs Torsi Terhadap Rasio Biogas:LPG

Torsi ini dipengaruhi oleh putaran poros (rpm) dan daya mesin yang dihasilkan oleh *genset*. Pada putaran poros (rpm) yang semakin besar, nilai torsi pun ikut meningkat. Nilai torsi yang dihasilkan oleh *genset* sangat optimal dengan penggunaan rasio biogas:LPG 2:3 pada beban 800 Watt dengan putaran sebesar 3000 RPM. Ketika diberikan beban 1000 Watt, *genset* mulai memberikan peningkatan yang begitu jauh. Ini mengartikan bahwa kemampuan mesin untuk menghasilkan kerja sudah tidak begitu baik lagi. Hal tersebut ditandai dengan suara *genset* yang mulai kasar ketika dilakukan percobaan.

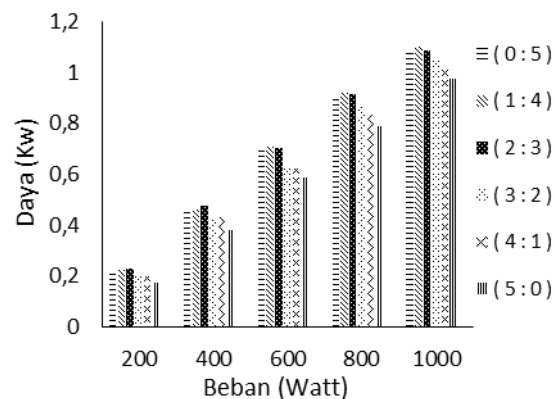
Khudhori dkk (2013) juga menyatakan hal yang sama dalam penelitiannya bahwa penggunaan rasio LPG akan menghasilkan putaran mesin yang lebih baik. Pada penelitiannya, dengan menggunakan bensin sebagai pencampuran biogas dihasilkan torsi sebesar 3110 RPM pada beban 800 Watt.



Gambar 4. Grafik Hubungan Beban Listrik vs SFC Terhadap Rasio Biogas:LPG

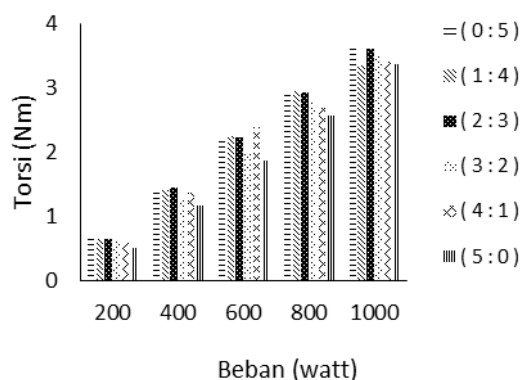
LPG murni sebagai bahan bakar *genset* lebih baik dibandingkan dengan biogas hasil konversi kotoran sapi disebabkan konsumsi bahan bakar yang lebih sedikit. Konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar yang secara komposisi dan nilai kalor dimenangkan oleh LPG.

Pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa *SFC* berbanding terbalik dengan beban. Semakin tinggi beban listrik maka semakin kecil nilai *SFC*. Komposisi terbaik terdapat pada biogas:LPG (2:3). Pada penelitian Artayana dkk (2014) juga menyatakan semakin besar pembebanan listrik yang diberikan maka besarnya pemakaian bahan bakar spesifik semakin kecil. Semakin kecil *SFC* maka semakin efisien bahan bakar yang dikonsumsi. *SFC* bahan bakar premium untuk masing-masing beban adalah lebih besar dibandingkan dengan *SFC* bahan bakar biogas.



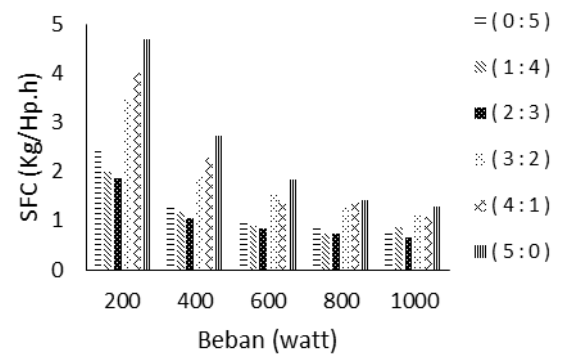
Gambar 5. Grafik Hubungan Beban Listrik vs Daya Terhadap Rasio Biometan:LPG

Pada percobaan ini didapat kondisi optimal pencampuran pada rasio biometan:LPG = 3:2 yang disebabkan peningkatan nilai metan yang membuat komposisi LPG bisa di kurangi. Semakin besar beban yang diberikan, maka semakin besar pula daya yang dihasilkan. Hal ini didukung oleh penelitian Artayana dkk (2014) dan dapat dilihat bahwa rasio antara Biogas:LPG juga menunjukkan hasil yang sama yaitu 3:2.



Gambar 6. Grafik Hubungan Beban Listrik vs Torsi Terhadap Rasio Biometan:LPG

Torsi yang dihasilkan pada beban 800 watt sebesar 2772 Nm pada rasio pencampuran 3:2 berada dalam puncak titik optimal pencampuran. Berdasarkan penelitian Khudhori dkk (2013), pada rasio tersebut juga dihasilkan torsi sebesar 3110 RPM dengan beban yang sama. Torsi adalah parameter yang mengukur kemampuan mesin untuk menghasilkan kerja. Melalui hasil torsi yang dihasilkan dapat ditentukan bahwa beban optimal untuk menggunakan biometan sebagai bahan bakar genset adalah 800 Watt.



Gambar 7. Grafik Hubungan Beban Listrik vs SFC Terhadap Rasio Biometan:LPG

LPG murni sebagai bahan bakar genset lebih baik dibandingkan dengan biometan hasil konversi kotoran sapi disebabkan konsumsi bahan bakar yang lebih sedikit. Konsumsi bahan bakar dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar yang secara komposisi dan nilai kalor dimenangkan oleh LPG. Didapat nilai sfc terbaik untuk pencampuran adalah 0.986 kg/HP.h pada rasio 3:2 di beban 800 watt. Hal ini juga didukung oleh penelitian Artayana dkk (2014) yang juga menghasilkan nilai SFC yang tidak terlalu jauh yaitu 0,750 kg/kWh pada beban yang sama.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian rasio optimal pada percobaan ini ditentukan dengan 3 parameter yaitu daya, torsi dan SFC. Rasio ini dapat dijadikan acuan untuk pemanfaatan energi *blending ecofriendly* antara biogas dan LPG untuk mengurangi konsumsi energi konvensional. Pencampuran optimum biogas:LPG adalah 2:3 pada beban 800 watt dengan besar daya 0.888 kW, torsi pada beban 800 kW memiliki nilai 2871 dan nilai SFC sebesar 1,007 pada (kg/HP.h). Sedangkan rasio pencampuran optimum biometan:LPG adalah 3:2 pada beban 800 watt dengan besar daya yang dihasilkan 0.862 kW, torsi bernilai 2772 Nm dan nilai SFC sebesar 0.986 pada (kg/HP.h).

#### 5. SARAN

Pada pembuatan unit *Continuous Longitudinal Plate Digeseter Tank Reactor* terdapat beberapa kelemahan diantaranya sulitnya dalam mengetahui temperatur dan laju alir di dalam *digester*, sehingga perlu dimodifikasi dengan penambahan indikator berupa *flowmeter* dan *temperature control*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anggito., dan Tri. (2014). *Studi Pembangkitan Energi Listrik Berbasis Biogas*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Artayana, Ketut C.B., Kusuma, I Gusti B.W., dan Adnyana, I W.B. (2014). *Pengaruh Variasi*

- Konverter Biogas Terhadap Unjuk Kerja Pada Mesin Genset Berkapasitas 1200 Watt, Denpasar: Universitas Udayana.*
- Effendy. S., Syarif, A., dan Trisnaliani, L. (2018). *Biogas Hasil Konversi Limbah Kotoran Sapi Sebagai Bahan Bakar Genset untuk Menghasilkan Energi Listrik Kapasitas 0.3 kWatt.* Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2019). Direktorat Jendral Ketenagalistrikan
- Khudhori, Muhrom., Setiabudi., dan Dedet M. (2013). *Optimalisasi Unjuk Kerja Genset Berbahan Bakar Hybrid (Biogas-Bensin) Untuk Mendukung Pilot Plant DME (Desa Mandiri Energi) di Berbah.* Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi.
- Laboratorium Pertamina RU II. (2019). Pengujian Sampel Biogas dan Biometan. Palembang: PERTAMINA RU III.
- PLN State Owned Electricity Company. (2019). National elctrification ratio [www.PLN.co.id](http://www.PLN.co.id). (dikunjungi pada 18 juni 2019).
- Price, Elizabeth C., dan Cheremisinoff Paul N. (1981). *Biogas Production and Utilization (Energy Technology Series).* Arbor Science Publishers.