

# PEMANFAATAN BIOGAS/LANDFILLGAS SEBAGAI BAHAN BAKAR MESIN BENSIN 1 SILINDER 4 LANGKAH

ACHMAD FAUZAN HERY, ZAMZAMI SEPTIROPA, SELLY RIANSYAH, DAN FAIZAL ROMADHI  
Universitas Muhammadiyah Malang

E-mail: fauzanhsmt@yahoo.com; fauzanmt@umm.ac.id

## ABSTRAK

Motor bensin terbukti dapat dihidupkan menggunakan biogas sebagai bahan bakar, dengan penambahan regulator sederhana untuk biogas, dan mixer udara - biogas. Namun tanpa perubahan waktu pengapian sekalipun kinerja maksimal belum dapat diperoleh. Mesin dapat dihidupkan menggunakan biogas dengan kandungan Metana 56–60%. Mesin atau motor bakar berbahan bakar biogas yang dipergunakan dalam percobaan dapat menghasilkan listrik untuk menghidupkan lampu hingga 300 Watt, seperempat dari kapasitas normalnya jika menggunakan bahan bakar premium/bensin. Beban optimal terjadi pada 150 Watt. Artinya pada pembebanan listrik 150 watt, terjadi konversi energi biogas menjadi daya tertinggi yaitu 230 Watt/m<sup>3</sup> biogas. Pada pembebanan 150 watt konsumsi bahan bakar adalah 0.000097333 liter/watt.

**Kata kunci:** metana, biogas, mesin 4 langkah, generator listrik

## ABSTRACT

Gasoline motor proven that can be turned on by using biogas. This is done through the addition of a simple regulator to biogas, and air mixer - biogas. In practice, without doing any charging in ignition time, maximum performance, can not be obtained. Machine can be ran on using biogas with 56–60% content of methane. The Engine which feled with biogas that is used in the experiment can generate electricity lights up to 300 watts. A quarter of its normal capacity when using premium/gasoline fuel. Optimal load occurs at 150 watts means the power load 150 watts, the conversion of biogas energy to be the highest power of 230 watt/m<sup>3</sup> biogas. At 150 watts of loading the fuel consumption is 0.000097333 liters/watt.

**Key words:** methane, biogas, 4 stroke engine, electricity generator

## PENDAHULUAN

Di negara negara Eropa misalnya swedia biogas dipakai sebagai biofuel. Biogas di Swedia menyumbang 2% bahan bakar pada akhir tahun 2005, kemudian menjadi 5,75% pada akhir 2010. Swedia menggunakan pemurnian biogas dengan teknik *Water scrubber technology*, *PSA (Pressure Swing Adsorption) technology*, dan *membrane technologies* (Persson, 2007). Hal serupa dilakukan juga di Amerika serikat dan Perancis (Huanga and Crookes, 1998). Di Indonesia pemakaian biogas terbatas pada kompor. Biogas belum umum digunakan untuk bahan bakar motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Hal ini terjadi karena adanya kendala pada alat dan teknik modifikasi motor bakar berbahan bakar bensin atau diesel menjadi berbahan bakar biogas. Sangat jarang atau bahkan tidak ada dijual di pasaran Indonesia motor bakar berbahan bakar gas metana atau biogas. Naskah ini membahas suatu teknik modifikasi motor bensin menjadi berbahan bakar biogas dan karakteristik *engine* untuk modifikasi tersebut.

Motor bensin termasuk sebagai motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) dan disebut sebagai motor otto atau pun *Spark Ignition engine*. Motor ini menggunakan bantuan bunga api dari busi (*spark plug*) untuk menyalakan atau membakar campuran bahan bakar-udara. Busi akan menyala pada waktu tertentu sesuai pengatur waktu pengapiannya sebelum torak mencapai titik mati atas. Pengaturan waktu pengapian disesuaikan dengan kecepatan pembakaran bahan bakar. Selama langkah isap, torak bergerak dari TMA menuju TMB, katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. Gerakan torak memperbesar volume ruang bakar dan menciptakan ruang hampa (*vacuum*) dalam ruang bakar. Akibatnya, campuran udara dan bahan bakar terisap masuk ke dalam ruang bakar melalui katup masuk. Langkah isap berakhir ketika torak telah mencapai TMB. Langkah ini merupakan kesempatan campuran udara-biogas masuk ke dalam ruang bakar. Campuran udara bahan bakar tergantung *stoichiometri* dari bahan bakarnya. Oleh sebab itu, pemasukan bahan bakar dan udara harus

diatur komposisinya. Waktu pemasukan bahan bakar bersifat *intermitten* (terputus-putus). Oleh sebab itu gas harus diatur agar membuka dan menutup pada saat yang tepat. Perbedaan nilai kalor bahan bakar (bensin dengan biogas), dan properti lainnya menyebabkan energi yang dihasilkan tiap bahan bakar juga berbeda.

Berdasarkan uraian di atas percobaan yang dilakukan meliputi: pengujian menggunakan komponen komponen dan penyesuaian komponen untuk biogas, mengetahui kinerja mesin bila menggunakan biogas, mendapatkan rekomendasi perubahan alat atau modifikasi mesin, Mixer ini terdiri dari katup manual dan asupan gas pengendalian dan pipa-T.

## METODE PENELITIAN

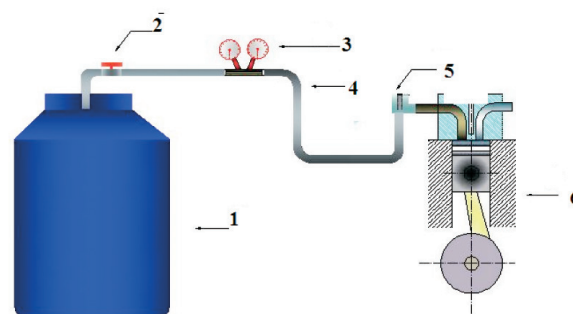
### Peralatan dan Alat Ukur yang Digunakan

Pengukuran dan pengujian ini memerlukan beberapa peralatan dan alat ukur, antara lain: (1) Mesin genset dengan spesifikasi sebagai berikut: motor bakar merk 1500 DX, sistem pengapian T.C.I, type busi BP6S (NGK), volume silinder 80,7 cc, daya motor: 2.4 HP/4000 rpm, tegangan: 110 V. (2) Gas Methane Analyser tipe iBRID MX6 untuk mengetahui persentase volume kandungan gas metana pada suatu fluida. Anemometer digital jenis baling-baling, dengan keakurasian ukur hingga 0.01 m/s. (3) Anemometer ini dilengkapi dengan thermometer untuk mengukur suhu udara pada satuan Celsius (°C) dan Fahrenheit (°F). angka hasil pengukuran ditampilkan pada sebuah layar dengan angka digital. (4) Manometer Pipa U, yang berfungsi untuk mengukur tekanan pada sebuah ruang dengan membandingkannya dengan tekanan atmosfer. Terbuat dari selang kecil berbentuk U yang berisi air dua buah mistar untuk mengetahui beda tinggi (H) antara air di dalam pipa yang disebabkan oleh perbedaan tekanan. Ujung selang manometer disambungkan ke dalam pipa pvc yang dialiri biogas, sedang ujung selang yang lain terhubung bebas dengan atmosfer.

(5) *Blower*, yang berfungsi untuk menghisap biogas dari dalam tabung reaktor untuk kemudian dialirkan ke dalam mesin. Blower yang digunakan adalah blower jenis keong dengan daya 250 watt. (6) *Voltage regulator*, yang berfungsi untuk mengatur tagangan listrik yang masuk ke dalam blower sehingga kita bisa mengatur kecepatan putaran blower untuk mengatur aliran gas. Voltage regulator ini dilengkapi dengan sakalar yang dapat diputar untuk mengatur tegangan listrik yang keluar mulai 0 volt hingga 250 volt. (7) Pipa PVC, yang berfungsi sebagai jalur untuk mengalirkan biogas dimana didalam pipa PVC tersebut terdapat baling-baling

anemometer untuk mengukur laju alirannya. Luar penampang pipa PVC adalah 2 ½ inch, sehingga kapasitas biogas dapat diketahui melalui perkalian kecepatan aliran dan luas penampang pipa PVC. Sedangkan selang berfungsi untuk menghubungkan reaktor dan mesin melalui blower dan anemometer. Selang yang digunakan jenis selang serabut yang tidak mudah menekuk, dan juga selang untuk gas LPG saat penggunaan bahan bakar LPG saat percobaan. (8) Tachometer Lutron DT-2234, digunakan untuk mengukur putaran Engine (RPM) pada generator ketika dilakukannya pengujian pembebanan dan konsumsi bahan bakar.

### Skema umum Instalasi



**Gambar 1.** Skema Instalasi  
Keterangan Gambar: 1) Tabung biogas. 2) Kran tabung biogas. 3) Regulator pengatur tekanan/pressure gauge. 4) Selang biogas 5) Pencampur (Mixer). 6) Mesin satu silinder empat langkah

Sistem kerja kit konversi 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).

Pada prinsipnya dilakukan coba-coba (*trial and error*) dengan berbagai cara pemasukan gas dan pengaturan variabel lain. Cara ini dilakukan untuk mengakomodasi perkembangan ide selama masa percobaan. Langkah awal adalah a) Persiapan biogas. Beberapa cara yang dicoba dalam hal ini adalah i) menggunakan dua bahan bakar yaitu LPG dan biogas. Keduanya melalui saluran yang berbeda dan diatur menggunakan kran. ii) Menggunakan *mixer* sederhana yang dibuat dari bahan PVC.

Ide pembuatan ini diambil dari *mixer* mesin CNG berkapasitas 10 KW. iii) Suplai bahan bakar biogas dari tabung disalurkan lewat selang aliran biogas langsung menuju mixer pipa T untuk disesuaikan campuran dengan udara sebelum melewati *intake manifold*. Pipa mixer berukuran 2 inch dengan tujuan untuk memperlancar aliran bahan bakar biogas.

b) Mendesain sebuah metode suplai bahan bakar-udara dengan membuat mixer ukuran tertentu untuk mencampur bahan bakar-udara dan mendapatkan suplai bahan bakar serta udara yang sesuai dengan kebutuhan mesin.

Dari berbagai uji coba (*trial and error*) seperti disebutkan di atas, dipilih uji coba yang memberikan *runing* mesin yang paling lancar. Beberapa percobaan atau uji coba mesin tidak bisa hidup, ada yang hidup tapi tersendat dan ada pula yang lancar. Dilakukan pengujian sekali lagi dengan pencatatann beberapa variabel untuk perhitungan kurva karakteristik (Budi Wirawan, 2010).

## HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

### Persiapan Biogas

Modifikasi motor bensin menjadi berbahan bakar biogas dalam hal ini dipersiapkan untuk diaplikasikan di tempat pembuangan akhir sampah (TPA). Biogas yang dihasilkan dari TPA memiliki karakteristik utama serupa dengan yang dihasilkan digester kotoran ternak. Kandungan gas metana pada biogas TPA berkisar 40 hingga 60%. Hal ini terjadi apabila badan TPA dalam keadaan basah (sehabis hujan) kemudian cuaca sedang panas. Dalam hal terlalu banyak air setelah hujan, pipa ekstraksi akan tergenang air sehingga menyumbat lubang masuk biogas, maka produksi biogas akan turun dan konsentrasi metana akan rendah. Biogas dari digester lebih terkendali sehingga konsentrasi metana dalam biogas dapat lebih stabil. Konsentrasi metana dalam biogas pada digester selama percobaan berlangsung berkisar antara 50–60%.

Pada prinsipnya proses terbentuknya gas metana melalui proses hidrolisis, acetogenesis, methanogenesis. Pada proses methanogenesis rantai panjang hidrokarbon diurai menjadi CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> (metana) dengan komposisi 50%: 50%. Sifat CO<sub>2</sub> mudah larut dalam air sehingga sebagian CO<sub>2</sub> diserap oleh air sehingga komposisi berubah. Kandungan CH<sub>4</sub> menjadi naik antara 50 hingga 60%.

Sebagai perbandingan data biogas hasil digester di India, menurut Kapdi dkk (2006), biogas tersusun atas gas metana (55–65%), karbon dioksida (35–40), hydrogen sulfida kurang dari 1% dan oksigen (0–1%). Hal yang harus diwaspadai adalah

kandungan oksigen yang berlebihan dalam digester atau dalam saluran. Hal ini dapat memicu terjadinya kebakaran atau ledakan. Menurut Person (2003), pada kandungan biogas 55% hingga 60 berat molnya (G mol wt) adalah 30 hingga 27, persen beratnya 26.7% hingga 35.4%, kerapatannya 0.0838-0.0760 (Lbs d.q/ft<sup>3</sup>), dan nilai kalor 482–578 Btu/ft<sup>3</sup>.

Produksi biogas menggunakan digester biasanya menghasilkan biogas dengan kandungan belerang rendah (kurang dari 1%). Pada konsentrasi ini tidak perlu dilakukan pembersihan belerang. Pembersihan belerang harus dilakukan jika kadarnya melampaui 1% (Denys, dkk, 1999). Komponen utama biogas adalah gas metana (54–57%) dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yakni sebesar 27–45% yang merupakan hidrokarbon paling sederhana berbentuk gas. Gas metana dapat timbul dari proses fermentasi anaerobik (tanpa udara) dari bahan organik seperti limbah kotoran. Pembakaran satu molekul metana dengan oksigen akan melepaskan satu molekul CO<sub>2</sub> (Karbondioksida) dan dua molekul H<sub>2</sub>O (air).



Dibandingkan dengan bahan bakar hidrokarbon lain, pembakaran metana menghasilkan sedikit karbon dioksida untuk setiap unit panas dilepaskan. Panas pembakaran metana sekitar 891 kJ/mol, lebih rendah daripada hidrokarbon lainnya. Rasio panas pembakaran (891 kJ/mol) dengan massa molekul (16,0 g/mol) menunjukkan bahwa metana menjadi hidrokarbon paling sederhana, menghasilkan panas lebih banyak per unit massa (55,7 kJ/g) dari hidrokarbon kompleks lainnya. Pengujian menunjukkan, HHV = 23.890 Btu/lb atau 994,7 Btu/ft<sup>3</sup> \* LHV = 21518 Btu/lb atau 896,0 Btu/ft<sup>3</sup> pada 68 ° F dan 14,7 psia (Marks, 1999).

Gas metana memiliki berat jenis kurang dari bensin dan LPG yaitu 0,55. Hal ini menyebabkan gas metana cepat terbang ke udara sehingga lebih aman dari LPG. Rasio udara – biogas agar terjadi pembakaran sempurna berdasarkan kesetimbangan kimia adalah 9,5:1 hingga 10:1. Pada pelaksanaan percobaan ini digunakan kran untuk mengatur pencampuran udara biogas agar mesin berjalan dengan lancar. Biogas memiliki kecepatan pembakaran yang sangat lambat dibandingkan LPG maupun bensin. Kecepatan pembakarannya adalah 290 m/s. Kemampu-bakarannya adalah 4% hingga 14%. Dua hal ini menjadikan biogas dapat memiliki efisiensi pembakaran yang tinggi.

Biogas memiliki angka oktan yang tinggi yaitu 130. Sebagai perbandingan bensin memiliki angka oktan 90 hingga 94, sementara alkohol terbaik hanya 105 saja. Hal ini berarti biogas dapat digunakan pada



mesin dengan perbandingan kompresi tinggi dan juga menghindarkan mesin dari terjadi knocking atau ketukan. Titik didih biogas adalah 300 derajat Celsius (Kapdi dkk, 2006).

### Menggunakan dua bahan bakar yaitu LPG dan biogas

Mesin - motor bakar dapat hidup menggunakan LPG murni tanpa campuran biogas dan bensin. Caranya adalah dengan memasukkan LPG melalui lubang jarum karburator. Mesin dapat hidup hingga *throttle* maksimal.

Langkah berikutnya adalah menggunakan campuran LPG dan Biogas. Keduanya dilewatkan melalui saluran yang berbeda dan diatur menggunakan kran. LPG digunakan sebagai bahan bakar awal kemudian biogas digunakan dengan karburator mesin LPG. Untuk mengatur suplai bahan bakar ke dalam mesin, pipa T ditambahkan untuk mengatur buka tutup bahan bakar biogas dan LPG.



Gambar 2. Pipa T dan Kran dan LPG

Mesin dapat hidup dengan baik dan normal saat bahan bakar biogas dicampur dengan gas LPG, tetapi mesin belum dapat hidup dalam waktu yang lama saat suplai LPG dimatikan dan menggunakan biogas murni. Metode ini sekaligus menunjukkan bahwa LPG dapat langsung digunakan memanfaatkan saluran bensin pada karburator. Pada bukaan LPG besar mesin terdengar stabil, sedang saat bukaan kran biogas makin diperbesar dan LPG diperkecil mesin menjadi tersendat hingga mati.

### Pengujian menggunakan biogas (Metana 55–60%)

Pengujian ini tidak menggunakan pencampuran bensin atau minyak diesel ataupun LPG. Suplai bahan bakar biogas dari tabung disalurkan lewat selang aliran biogas langsung menuju mixer pipa T berukuran 2 inch dengan tujuan untuk memperlancar aliran bahan bakar biogas. Pipa T dengan kran digunakan untuk mengatur campuran biogas - udara sebelum melewati *intake manifold*. Diperlukan alat tambahan untuk mengendalikan agar gas hanya mengalir pada saat langkah injeksi dari motor bakar. Alat tersebut adalah regulator sederhana yang dibuat dari PVC.



Gambar 3. Pipa T dan Kran



Gambar 4. Regulator gas sederhana

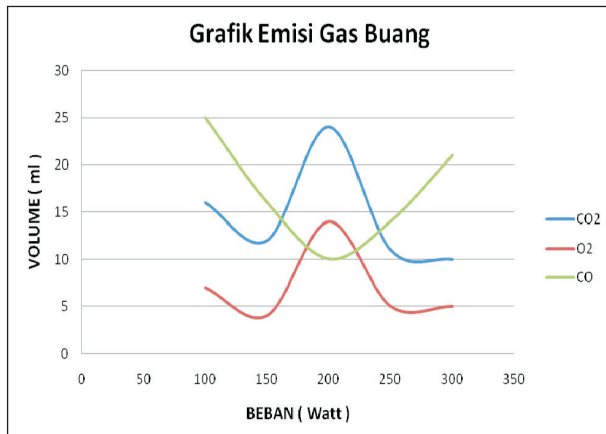
Pengujian ini dilakukan dengan menghidukan mesin dan mengatur kran campuran udara - biogas hingga mesin stabil. Kemudian beban lampu dihidupkan dari lampu 100 Watt, 150 Watt, 200 Watt, 250 Watt, hingga 300 Watt.

Adapun data hasil pengujian metode ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian 1

Beban (Watt)	VCO <sub>2</sub> (ml)	VO <sub>2</sub> (ml)	VCO (ml)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
100	16	7	25	205	100
150	12	4	16	195	150
200	24	14	10	160	200
250	11	5	14	150	250
300	10	5	21	130	300

Dari hasil pengukuran didapatkan bahwa mesin dapat tetap menyala membakar biogas pada kecepatan aliran minimum 0.01 m/s. Berat jenis biogas dihitung menggunakan  $\rho_m = (\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2 + \dots + \rho_n v_n) / (v_1 + v_2 + \dots + v_n)$ , diperoleh  $\rho_m = 1.234 \text{ kg/m}^3$ . Konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) dihitung menggunakan  $\text{SFC} = 3600/1000 \times F_b \times \rho (\text{kg/jam})$  diperoleh = 0.717 kg/m<sup>3</sup> (Biogas), (pada kondisi standart: 273 K, 1013 mbar = 0.1013 Mpa).



Gambar 5. Emisi gas buang pada pengujian

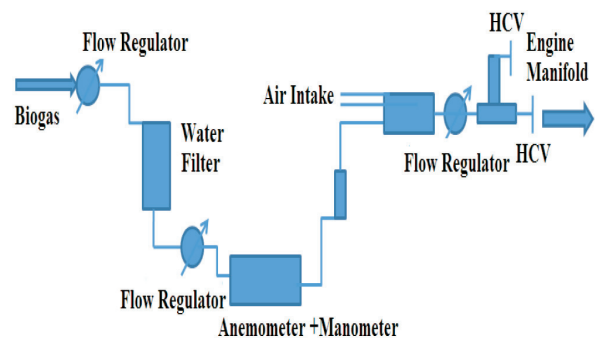
Dari grafik di atas terlihat bahwa pada beban 150–250 Watt mesin memiliki emisi gas buang CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> yang tinggi dan CO yang rendah. Jika lampu ditambah, CO berkurang, paling rendah pada penyalaan lampu 150 hingga 250 watt. Pada konsentrasi CO paling rendah, kandungan O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> paling tinggi. Pada situasi ini pembakaran terjadi paling baik atau efisiensi pembakaran paling tinggi. Pada beban lebih tinggi, CO bertambah sedang CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>. Penurunan CO<sub>2</sub> dan penurunan O<sub>2</sub> bisa bermakna rendahnya efisiensi pembakaran, juga kemungkinan berkurangnya udara yang masuk ke mesin yang disebabkan turunnya putaran mesin. Turunnya putaran mesin ini disebabkan mesin tidak bisa mengimbangi beban lampu. Pada beban lebih tinggi mesin mati.

Pada penelitian ini, dimana perbandingan kompresi digunakan normal, tanpa perubahan, sedang kadar biogas berkisar 50–60 selama masa

percobaan, mesin tidak dapat hidup maksimal. Mesin tidak dapat dipacu pada *throttle* tinggi.

Mesin dapat dihidupkan dengan kondisi putaran menengah pada start awal dan dapat beroperasi dengan baik dan normal serta dapat dinaikkan pada putaran tinggi dengan menambah suplai bahan bakar dan menyesuaikan suplai udara sehingga *mixer* dianggap telah dapat digunakan untuk memanfaatkan biogas sebagai bahan bakar untuk mesin. Tetapi metode ini memiliki kelemahan bahwa suplai bahan bakar ini dilakukan secara manual sehingga mesin tidak secara otomatis menyesuaikan kebutuhan udara saat suplai bahan bakar ditambah.

Metode ini dapat digambarkan dengan skema sebagai berikut:



Gambar 6. Skema pengujian yang dipakai

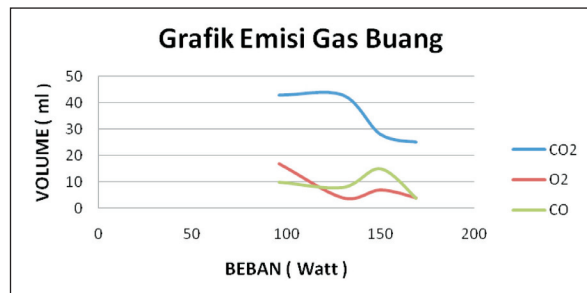
Pengujian berikutnya masih menggunakan skema yang sama namun prosedurnya berubah. Pengujian ini menggunakan pengukuran tegangan listrik (Volt atau V), Arus listrik (Amper), kadar Co, CO<sub>2</sub>, SFC. Pengujian dilakukan pada daya listrik 96, 130, 150, 169 Watt.

Konsumsi Bahan bakar spesifik biogas pada pengujian ini  $\text{SFC} = 3600/1000 \times F_b \times \rho (\text{kg/jam}) = 5.06 (\text{kg/jam})$ . Pada pembebanan 100–150 VA terjadi volume gas buang CO<sub>2</sub> tertinggi yaitu pada 43 ml, dan O<sub>2</sub> yang turun serta menghasilkan pembakaran yang paling baik di antara variasi pembebanan yang lain dikarenakan volume campuran bahan bakar-udara yang sesuai dengan kebutuhan saat pembebanan dan putaran motor. Pada pembebanan pada 150 Watt terjadi penurunan CO<sub>2</sub> dan terjadi kenaikan dari O<sub>2</sub>

Tabel 2. Data Hasil Pengujian

Beban (VA)	$\Delta h$ (meter)	t (detik)	VCO <sub>2</sub> (ml)	VO <sub>2</sub> (ml)	VCO (ml)	SFC (kg/jam)	Watt/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	Liter biogas/Watt
96	0,02	180	43	17	10	0,65	147.7	0.000152083
130	0,02	180	43	4	8	0,65	200.0	0.000118462
150	0,02	180	28	5	15	0,65	230.8	0.000097333
169	0.028	180	25	4	4	0,91	185.7	0.000121302

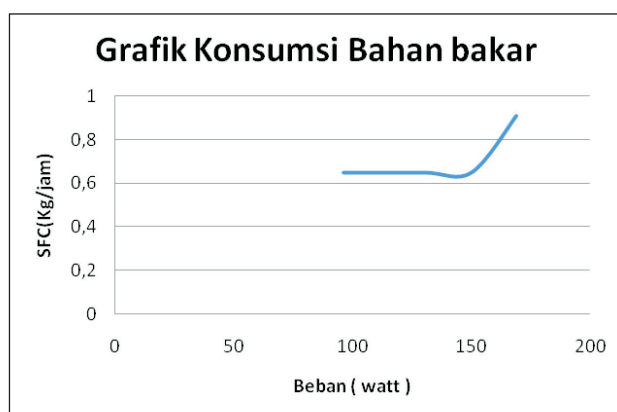
karena suplai udara yang berlebih dan bahan bakar yang kurang sehingga menghasilkan gas buang  $O_2$  yang lebih tinggi dan hasil pembakaran  $CO_2$  yang turun mengindikasikan kualitas pembakaran yang menurun. Penurunan volume semua komponen bermakna mesin akan mati karena putaran turun.



Gambar 7. Grafik pengujian emisi gas buang

Pada Grafik 7 di atas dapat diketahui pada awal pembebanan sampai sebelum pembebanan 150 Watt terjadi konsumsi bahan bakar yang konstan. Pada pembebanan di atas 150 Watt, konsumsi bahan bakar naik mengindikasikan campuran bahan bakar dan udara yang menyesuaikan pada kenaikan beban. Pada pembebanan pada mesin generator yang bervariasi emisi gas buang kemungkinan terjadi penurunan volume dikarenakan pembakaran yang kurang optimal sehingga ada beberapa volume bahan bakar  $CH_4$  yang tidak terbakar dan masih dalam bentuk  $CH_4$ .

Beban optimal terjadi pada 150 Watt artinya pada pembebanan listrik 150 Watt, terjadi konversi energi biogas menjadi daya tertinggi yaitu 230 Watt/ $m^3$  biogas. Pada pembebanan 150 Watt konsumsi bahan bakar adalah 0.000097333 liter/Watt.



Gambar 8. Grafik pengujian konsumsi bahan bakar

Biogas memiliki kecepatan pembakaran yang lambat (290 m/s) dibandingkan dengan bensin atau LPG. Sebagai konsekuensinya penyalannya harus lebih awal dari sudut penyalan bensin. Hal ini perlu

dilakukan agar ledakan atau ekspansi gas terjadi pada saat piston telah mencapai titik mati atas setelah langkah kompresi. Jika waktu penyalan disamakan dengan waktu penyalan bahan bakar bensin, maka ledakan yang terjadi akan terlambat. Hal ini berdampak pada ketidakmaksimalan daya yang dihasilkan. Bahkan jika terlalu terlambat, maka ledakan bisa terjadi pada saat piston justru menuju titik mati atas sehingga mesin dapat mati karena ini. Sedikit modifikasi pada *timing* penyalan dilakukan untuk penyesuaian saat penyalan. Perubahan sedikit dari waktu pengapian ternyata dapat menstabilkan mesin. Namun hal tersebut tidak dibahas dalam naskah ini.

Perbandingan kompresi mesin untuk penggunaan LPG, Natural Gas, Biogas yang direkomendasikan adalah CR = 10–12, khususnya apabila menggunakan biogas termurnikan (methane 95%). Dibutuhkan 25 kg kotoran ternak untuk menghasilkan 1  $m^3$  gas metana. Konsumsi biogas pada mesin diesel dapat mencapai 0,8–1,0  $m^3/kWhr$ . Pada mesin konversi diesel atau bensin menjadi bahan bakar biogas akan menghasilkan derau yang berdampak pada power yang dihasilkan, yaitu 50–55% dibandingkan ketika mesin menggunakan minyak diesel atau premium (Govil and Jagatiya, 2003; Huang and Crookesh, 1998).

## KESIMPULAN

Motor bakar berbahan bakar bensin terbukti dapat dihidupkan menggunakan bahan bakar LPG tanpa perubahan berarti dari mesin. LPG cukup diinjeksikan melalui saluran bahan bakar pada karburator. Mesin dapat dihidupkan secara maksimal. Motor bakar bensin juga dapat dihidupkan dengan menggunakan bahan bakar campuran LPG dan biogas. Namun pada konsentrasi LPG rendah, mesin tersendat dan mati. Motor berbahan bakar bensin terbukti dapat dihidupkan menggunakan biogas sebagai bahan bakar, dengan penambahan regulator sederhana untuk biogas, dan *mixer* udara-biogas, sekalipun kineja maksimal belum dapat diperoleh. Mesin dapat dihidupkan menggunakan biogas dengan kandungan metana 56–60%. Hal ini sekaligus membuktikan bahwa digester yang dipergunakan dapat menghasilkan biogas yang layak untuk motor bakar. Mesin atau motor bakar berbahan bakar biogas yang dipergunakan dalam percobaan dapat menghasilkan listrik untuk menghidupkan lampu hingga 250 Watt. Seperempat dari kapasitas normalnya jika menggunakan bahan bakar premium/bensin. Kemungkinan penyebabnya adalah waktu pengapian yang kurang pas mengingat kecepatan pembakaran biogas yang lambat (290 m/s). Beban optimal terjadi pada 150 Watt artinya pada

pembebanan listrik 150 Watt, terjadi konversi energi biogas menjadi daya tertinggi yaitu 230 Watt/m<sup>3</sup> biogas. Pada pembebanan 150 watt konsumsi bahan bakar adalah 0.000097333 liter/Watt.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Percobaan dan penelitian yg dilakukan merupakan bagian dari penelitian yang didanai melalui DP2M DIKTI. Artikel ini merupakan salah satu publikasi dari penelitian utama. Tim penulis mengucapkan terimakasih terutama kepada DP2M DIKTI atas terlaksananya percobaan dan penelitian tersebut.

### DAFTAR PUSTAKA

Denys, M.J. and Couturier, M.C. 1999. Biogas - Biofuel. Lille France. Métropole - Communauté Urbaine Solagro.

Govil, G.P. and Jagatiya, V., 2003. "Small Biogas Engine Conversion Kit Rural Application (No Petrol, No Diesel)".

Huanga, J. and Crookes, R.J., 1998. "Assessment of Simulated Biogas as a Fuel for the Spark Ignition Engine", Fuel Vol. 77, No. 15, pp. 1793-1801, Great Britain. Elsevier Science Ltd.

Kapdi, S.S., Vijay, V.K., Rajesh, S.K., and Prasad, R., 2006. Asian Journal on Energy and Environment, ISSN 1513-4121.

Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers, Eighth edition. 1999.

Persson, J.M., 2003. "Biogas as Transportation Fuel", FVS Fachtagung, Journal of Swedish Gas Centre. Swedish.

Persson, J.M., 2007. Biogas - "A Renewable Fuel for the Transport Sector of the Present and the Future", Journal of Swedish Gas Center. Swedish.

Wirawan B., 2010. "Karakteristik Kerja dan Proses Pembuatan Perangkat Pembakar Gas Metana (*Flare*) untuk Tempat Pembuangan Sampah Akhir". UMM.